

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



## Sammendrag

Det ble utført et forsøk med byggbasert fôr til slaktekyllinger. Fôret ble tildelt i to dietter der den ene var tilsatt enzym ( $\beta$ -glukanase og xylanase) og den andre var uten tilsetning. Det er kjent at slaktekylling ikke kan utnytte fiberholdige fôrmidler i særlig grad. Det er også kjent at bygg inneholdt løselig kostfiber som fører til anti-nutritiv effekt i fordøyelseskanalen hos slaktekylling. Det var derfor forventet dårligere resultat på en byggbasert diett uten tilsetning av enzymer. Tidligere forsøk har vist at ved tilsetning av fiberspaltende enzymer, blir produksjonsresultatene akseptable og på nivå med dietter med lite kostfiber. Det kunne ikke påvises signifikant høyere fôropptak, tilvekst eller fôrutnytting for dietten tilsatt enzym i dette forsøket, men produksjonsresultatene viste akseptable resultater for begge diettene. Resultat fra måling av viskositet i prøver fra tynntarm viste lave verdier, mellom 1-3 centipois (cp). Omsettelig energi var signifikant høyere for kyllingene som fikk dietten tilsatt enzym. Årsaken til resultatene i dette forsøket kan skyldes at bygg som ble benyttet ikke inneholdt mye løselig kostfiber, men kornet var ikke analysert for dette.

I denne avhandlingen blir også resultatene fra et tidligere forsøk med erteskillfiber som kilde til uløselig kostfiber til haner presentert. Resultatene viser signifikant redusert energiverdi målt ved omsettelig energi ved tilsetning av erteskillfiber, og denne ble redusert proporsjonalt med økende tilsetning.

## **Abstract**

An experiment was conducted on barley-based diets. Two diets were fed to broiler chickens, one with and the other without enzyme ( $\beta$ -glucanase and xylanase) supplementation. It is known that chickens cannot utilize fibrous feed very well, and that the barley contains soluble dietary fiber which poses anti-nutritive effect in the digestive tract of chickens. Poor performance was expected as a result of feeding barley-based diet without enzyme supplementation. It has been shown in several previous experiments that performance of chickens fed high-fiber diet supplemented with enzymes could be similar to that in birds fed low-fiber diets. Performance of chickens in this study was high and enzyme addition had no significant effect on feed intake, body weight gain or feed utilization. Viscosity of samples from the small intestine was very low in the range of 1-3 centipois. AME was significantly higher for the chickens that received enzyme supplemented diets. It is assumed that high performance in this experiment could be due to low concentration of soluble dietary fiber in the barley, but the grain was not analyzed for this.

In this thesis, the results from previous experiments with bread containing different levels of fiber from pea hulls as a source of insoluble dietary fiber is presented. Bread was fed to adult cockerels. The results show significant reduction in energy value measured as AME by increased level of pea hull fiber.

## **Forord**

Jeg er veldig fornøyd med at jeg nå har utdannelsen min i Husdyrvitenskap innen ernæring fra Universitetet for miljø- og biovitenskap!

Jeg har lært utrolig mye gjennom disse årene. Mange ganger har jeg gått fra forelesninger med ny kunnskap som har engasjert og overbevist meg om at jeg har valgt riktig studium.

Jeg er veldig takknemlig og glad for studietiden her på Ås. Studietiden har vært akkurat så spennende og innholdsrik som ryktene tilsa...

Nå er jeg spent på arbeidslivet. Jeg håper å få brukt og utnyttet det jeg har lært så langt, og samtidig tilegne meg enda mer ny kunnskap.

Jeg vil med dette takke alle som har vært med å bidra til at forsøket med kyllingene og denne masteroppgaven kunne gjennomføres.

Jeg vil spesielt takke Birger Svihus som har vært veileder og gitt meg konstruktive tilbakemeldinger underveis i arbeidet og skrivningen. Det er viktig å tenke!

Ås, 14.mai 2012

Ragnhild Sandnes

## Innhold

Sammendrag .....	i
Abstract .....	ii
Forord.....	iii
1. Innledning .....	1
2. Litteratur .....	3
2.1 Fiber .....	3
2.2 Uløselig kostfiber.....	6
2.3 Løselig kostfiber .....	8
2.4 Innhold i bygg.....	10
2.5 Effekt av kostfiber.....	12
2.6 Enzymer .....	14
2.7 Energivurdering av fôret.....	17
3. Materiale og metoder .....	19
3.1 Diettsammensetning og produksjon av fôret til slaktekyllinger .....	19
3.2 Utføring av forsøket.....	22
3.3 Oppsamling av ekskrementer.....	23
3.4 Flytting og merking.....	24
3.5 Disseksjon.....	24
3.6 Behandling av prøvene .....	25
3.6.1 Kjemisk analyse.....	25
3.6.2 Bruttoenergi i ekskrementer og fôr .....	26
3.6.3 Viskositet og pH .....	26
3.6.4 Kalkulering .....	27
3.6.5 Statistikk .....	27
3.7 Erteskallfiber i brød til haner .....	28
3.7.1 Fôret.....	28
3.7.2 Utføring av forsøket.....	29
3.7.3 Kjemiske analyser.....	29
3.7.4 Brutto energi i ekskrementer.....	30
3.7.5 Statistikk .....	30
4. Resultater .....	31
4.1 Kylling, produksjonsresultater .....	31
4.2 Haner, erteskallfiber.....	33
5. Diskusjon .....	35
5.1 Bygg som fôr til slaktekylling.....	35
5.2 Effekt av erteskallfiber på energiverdi for voksne haner.....	41
6. Konklusjon.....	43
Referanser .....	44
Vedlegg 1 .....	50

## 1. Innledning

I følge Aktuelle tall 2011 (Norsk Landbrukssamvirke 2011) spiser nordmenn 17 kg fjørfekjøtt i året (2010). Denne produksjonen er basert på kraftfôr av korn, og på verdensbasis er hvete og mais de mest betydningsfulle. Bygg er det kornet det dyrkes mest av i Norge (2010), og arealet brukt til å dyrke bygg økte fra 2010 til 2011 (Statistisk Sentralbyrå 2012). Til tross for at det dyrkes mest bygg, og at fjørfekjøtt er populært er ikke denne kornsorten regnet som velegnet i fôr til slaktekylling. Årsaken til dette er innholdet av fiber, både løselig og uløselig, og det er spesielt den løselige andelen som skaper problemer i fordøyelseskanalen til kyllingen. Fiber er komplekse karbohydrater som ikke kan brytes ned av kyllingens fordøyelsesenzymer. Den såkalte anti-nutritive effekten som de løselige fibrene medfører skyldes økt viskositet i magetarmkanalen, noe som fører til dårligere produksjonsresultater som redusert tilvekst, fôrutnytting og lavere fordøyelighet i tillegg til fuktig gjødsel (Choct & Annison 1992; Choct *et al.* 1996; Yu *et al.* 1998). En løsning på utfordringen med løselig fiber i fôret er å tilsette fiberspaltende enzymer som  $\beta$ -glukanase og arabinoxylanase. Enzymene kan forbedre negative produksjonsresultater i form av tilvekst, fôrutnytting og fôrforbruk (Choct *et al.* 1996).

I tillegg til løselig fiber er bygg en kilde til uløselig fiber. Havre er også en vanlig kornsort i Norge som er rik på uløselig fiber (Svihus & Gullord 2002), mens ertes er en vanlig belgvekst som dyrkes her til lands. Det er i hovedsak erteskallet som er rik på uløselig fiber (Ralet *et al.* 1993). På samme måte som løselig fiber vil ikke uløselig fiber fordøyes i tynntarmen, men det vil heller ikke påvirke forholdene i tynntarmen i form av viskositet. I stedet kan uløselig fiber utsettes for fermentering i bakre tarmavsnitt. Hos fjørfe er det vist mikrobiell aktivitet i blindtarmene og dannelse av fermenteringsprodukter (Jòzefiak *et al.* 2004).

Når det gjelder erteskill foredles og produseres dette av AgriMarin Nutrition (AgriMarin 2012) som er et selskap under Felleskjøpet Rogaland Agder.

Med bakgrunn i at det dyrkes fiberrike fôrmidler i Norge, og utfordringene knyttet til disse i produksjon av kyllingkjøtt er det utført to forsøk for å teste to følgende hypoteser:

1. Produksjonsresultatene er høyere når det tilsettes enzym som inneholder  $\beta$ -glukanase til et byggbasert kraftfôr, sammenlignet med det samme fôret uten tilsatt enzym.
2. Tilsetning av «fyllstoff», her i form av erteskillfiber, vil redusere energiverdien i fôret proporsjonalt med tilsetningen.

For å teste den første hypotesen ble det gjennomført et forsøk med slaktekyllinger. Formålet med dette forsøket var å se på effekten av et byggbasert kraftfôr med- og uten tilsatt fiberspaltende enzymer på slaktekyllinger. I samme forsøket ble effekten av måltidsfôring sammenlignet med *ad libitum* fôring. I denne avhandlingen blir effekten av fiberrike ingredienser i fôr til slaktekylling vurdert basert på dette forsøket og tilgjengelig litteratur.

I forbindelse med en tidligere utført masteroppgave (Tokvam Aas 2011) ble det gjennomført et forsøk med økende innhold av erteskillfiber i brød gitt til mennesker og haner. Data fra hanene i dette forsøket er her analysert og resultatene presentert og diskutert.

Forsøket med slaktekyllingene ble utført av tre masterstudenter i samarbeid med ansatte ved Senter for Husdyrforsøk. Denne oppgaven går ikke nærmere inn på effekten av måltidsfôring, her blir bare materiale, metoder og resultatene fra den delen av forsøket presentert.

Forsøket ble finansiert av Animalia som er «et av Norges ledende fag- og utviklingsmiljøer innen kjøtt- og eggproduksjon.» (Animalia 2012)

## 2. Litteratur

### 2.1 Fiber

Bygg er den kornsorten det dyrkes mest av i Norge, og det er bygg og hvete som dominerer avlingene her i landet (Norsk Landbrukssamvirke 2011). Det er politisk enighet om at kornet som dyrkes innenlands skal utnyttes i matproduksjon og til fôr. Utfordringen med kornsortene som dyrkes her i landet (bygg, havre, hvete og rug) er det rike innholdet av fiber (Bach Knudsen, 1997; Svihus & Gullord 2002). I denne avhandlingen er det fokusert hovedsakelig på bygg som fiberrik ingrediens i fôr til slaktekylling fordi det dyrkes mest av denne kornsorten. Erteskallet er en annen kilde til fiber som her blir presentert i sammenheng med energiverdien i fôret.

Fiber utgjør en sammensatt gruppe av karbohydrater som er utbredt i fôrmidler til enmagede dyr, der de inngår som den strukturelle delen av planten og dermed dominerer i celleveggene (Bach Knudsen 1997; Bach Knudsen 2001). Korn er en viktig kilde til karbohydrater, og et viktig fôrmiddel i kraftfôrblandinger. Karbohydrater består av karbon, oksygen og hydrogen, men det er bindingene mellom molekylene og de eventuelle sidegruppene som har betydning for egenskapene til denne komplekse gruppen energigivende næringsstoff. Karbohydrater er satt sammen av monosakkarider ( $C_nH_{2n}O_n$ ) og flere monosakkarider utgjør oligosakkarider eller polysakkarider. Fiber er polysakkarider, og kjennetegnes av at de er tungt eller ufordøyelig gjennom fordøyelseskanalen til enmagede dyr. Det kommer av  $\beta$ -bindingene mellom molekylene som ikke kan brytes av endogene enzymer (Montagne *et al.* 2003) Kombinasjonen av at fiber er utbredt i korn og utfordringene knyttet til å utnytte disse i fôret gjør at de er aktuelle å studere nærmere.

Allerede i 1953 ble uttrykket «kostfiber» (*dietary fiber*) tatt i bruk og begrepet inkluderte da cellulose, hemicellulose og lignin (Champ *et al.* 2003). Uttrykket kostfiber har vært diskutert og definert flere ganger gjennom årene. Grunnen for det er den kompleksiteten og omfanget av det som potensielt kan inngå i kostfiber. Det har også vært diskutert hva som er den riktige analysemetoden for komponenter som skal defineres som kostfiber (Champ *et al.* 2003). Kostfiber kan for eksempel defineres både kjemisk og fysiologisk (Bach Knudsen 2001). I denne sammenhengen inngår NSP og lignin i forståelsen av kostfiber (Bach Knudsen 1997).



*Ikke stivelses polysakkarider* (NSP) består hovedsakelig av cellulose, pektiner,  $\beta$ -glukaner, og arabinoxylaner (pentosaner), og kan være enten løselig eller uløselig (Montagne *et al.* 2003). Pektiner utgjør en ubetydelig andel av celleveggen i hvete og bygg (Bacic & Stone 1981).

*«I plantene finnes det både løselige og uløselig NSP og variasjonene skyldes at mengde og forhold mellom disse avhenger av planten og morfologisk utviklingstrinn av denne»* (Montagne *et al.* 2003).

Den uløselige andelen NSP brytes ikke ned av fordøyelsesenzymer og kan dermed heller ikke absorberes fra tynntarm, derimot transporteres det videre og kan bli utsatt for fermentering i bakre tarmavsnitt. Løselig NSP blir utsatt for væske i første del av fordøyelseskanalen noe som kan endre fysiokjemiske egenskaper. Videre kan også løselig NSP utsettes for fermentering i bakre tarmavsnitt (Bach Knudsen 2001).

Kostfiber omfatter en variert gruppe kjemiske komponenter som kan bestå av bare karbohydrater eller karbohydrater koplet med andre komponenter. Navnet beskriver hva kostfiber er og hvor det inngår, men effekt og virkning i tilknytning til kostfiber henger i stor grad sammen med fysiokjemiske egenskaper i fordøyelseskanalen (Bach Knudsen 2001). Kostfiber inngår som nevnt i celleveggene til plantene, både i aleuronlaget og i endospermet. Fordelingen av komponentene som inngår i kostfiber varierer mellom disse, noe som vil bli nærmere beskrevet her.

Polysakkaridene som NSP i kostfiber består av kan klassifiseres som enten homoglykaner eller heteroglykaner. Arabiner, xylaner og glukaner kan klassifiseres under homoglykaner. De består av én type monosakkarider, henholdsvis arabinose, xylose og glukose. De to førstnevnte er pentoser og sistnevnte er en heksose, og dersom de koples til en av de to andre som er nevnt her eller andre sukker klassifiseres de som heteroglykaner (McDonald *et al.* 2002). Glykaner tiltrekkes av vann, og suktermolekylene kan danne hydrogenbindinger med vannmolekyler (Whistler & BeMiller 1997).

Arabinose, xylose og glukose utgjør hovedsakelig polysakkaridene arabinoxylaner og  $\beta$ -(1-3);(1-4)-glukaner i aleuronlaget i bygg. Der er xylose det mest dominerende monosakkaridet, etterfulgt av glukose og arabinose (Bacic & Stone 1981).

Arabinoxylaner dominerer først og fremst i aleuronlaget i bygg, men utgjør også en del av endospermet (Izydorczyk & Biliaderis 1995). Arabinoxylaner er rekker av xylaner som er bundet sammen av  $\beta$ -(1-4)-bindinger, med sidekjeder av arabinose via  $\alpha$ -(1-3) og/eller  $\alpha$ -(1-2)-bindinger. Det kan være variasjon i hyppighet av de forskjellige bindingene og sidegrenene, i tillegg kan forholdet mellom arabinose og xylose variere. Dette fører til ujevne og svært varierte molekyler. Arabinoxylaner fra ulike kornsorter og plantevev kan dermed være ulikt sammensatt (Izydorczyk & Biliaderis 1995). Pentosaner som for eksempel arabinoxylaner har en god vannbindingsevne, og viskøs effekt som vist ved tilsetning i brøddeig (Izydorczyk & Biliaderis 1995).

Det er vist at 17 % av aleuronlaget i bygg er løselig i vann, og 99 % av glukosen som ble funnet ved analyser var i form av  $\beta$ -(1-3);(1-4)-glukaner (Bacic & Stone 1981).  $\beta$ -glukaner utgjør likevel en mindre andel av aleuronlaget, og en dominerende andel av endospermet (Hesselman & Åman 1986; Izydorczyk & Dexter 2008).  $\beta$ -glukaner er kjeder av glukosemolekyler og kan derfor klassifiseres som homoglykaner. Bindingene mellom molekylene kan som nevnt være både  $\beta$  1-3 og  $\beta$  1-4, noe som fører til «knekker» og ujevne kjeder. Vanligvis er det 2-3 bindinger av typen  $\beta$  1-4 og så en  $\beta$  1-3-binding, og størrelsen på molekylet kan variere (Izydorczyk & Dexter 2008). Deler av kjedene kan bestå av lengre rekker med bare  $\beta$ -1-4-bindinger, noe som gjør at kjeden kan pakkes tettere sammen på grunn av sterkere bindinger og videre føre til at  $\beta$ -glukaner blir mindre løselig (Izydorczyk *et al.* 1998).

Når det gjelder arabinoxylaner og  $\beta$ -glukaner består begge av kjeder, men årsaken til variasjon i løselighet er forskjellig. I  $\beta$ -glukaner skyldes løseligheten de ulike bindingene mellom molekylene (Holtekjølen *et al.* 2006), men innen arabinoxylaner er det sidekjedene som fører til ujevne molekyler som fremmer løselighet. Økende grad av forgrening og knekk på kjeden fører til lettere løselighet i vann (Whistler & BeMiller 1997). Grad av løselighet er altså varierende og skyldes oppbyggingen av polysakkaridene eller hvilke kostfiber det gjelder. Årsaken til at cellulose er uløselig i vann er de lange rekkene med glukosemolekyler som er koplet sammen med like bindinger av typen  $\beta$ -1-4, uten noen forgreininger. Dette medfører at de kan pakkes tett sammen og bidrar til uløselighet.

Celleveggene i korn består hovedsakelig av cellulose, arabinoxylaner, og  $\beta$ -glukaner (Bach Knudsen 2001). Uløselig kostfiber utgjør en dominerende del av skallet (Bach Knudsen 1997). I celleveggene i endospermet og aleuronlaget er det den løselige andelen som dominerer (Bacic & Stone 1981).

Stivelse har stor betydning i ernæringssammenheng og er det eneste polysakkaridet som ikke kalles fiber. Korn inneholder mye stivelse lokalisert i endospermet og er et viktig karbohydrat i ernæringen for enmagede dyr, deriblant kyllinger (Jòzefiak *et al.* 2004). Det kommer av at stivelse er rikt på energi og molekylene er bundet sammen med  $\alpha$ -bindinger slik at de kan fordøyes ved hjelp av endogene enzymer som skilles ut i fordøyelseskanalen (Englyst 1989). Polysakkaridene som utgjør stivelse og er plantens opplagsnæring, kan altså fordøyes og utnyttes i tynntarmen hos kyllinger (Englyst 1989). Stivelse består av polysakkaridene amylose og amylopektin. Førstnevnte har en lineær struktur, mens amylopektin er forgrenet i varierende grad og begge har  $\alpha$  1-4 og  $\alpha$  1-6 glykosidbindinger.

## 2.2 Uløselig kostfiber

Kostfiber som er uløselig i væske vil ikke brytes ned av fordøyelsesenzymer og dermed ikke absorberes gjennom tynntarmen. Denne andelen vil ikke påvirke miljøet i tynntarmen slik som løselig kostfiber, men uløselig kostfiber kan senke passasjehastighet gjennom fordøyelseskanalen (Montagne *et al.* 2003).

Uløselig kostfiber kan dermed bare utnyttes som energikilde for enmagede dyr ved mikrobiell fermentering, men det krever lengre oppholdstid sammenlignet med løselig kostfiber (Montagne *et al.* 2003). Kyllingene tilpasser seg til et fiberrikt kosthold som vist ved at blindtarmene øker i vekt med økende innhold av erteskill i dietten (Jimenez-Moreno *et al.* 2011). Dette forklarer forfatterne med at fordøyelseskanalen utvides som respons på tungt fordøyelig materiale i dietten. Det bekreftes også av andre forfattere at kostfiber kan føre til større fordøyelsesorganer hos kyllinger, og andre enmagede dyr (Montagne *et al.* 2003). Det er vist at kråsen vokser som respons på uløselig kostfiber i dietten og dermed kan bidra til bedre fordøyelse og økt energiutnytting (Svihus 2011). En sterk krås kan være positiv for god og effektiv blanding av innhold i fordøyelseskanalen med fordøyelsesenzymer (Jimenez-Moreno *et al.* 2011; Svihus 2011).

Når dietten inneholder tungt fordøyelig materiale og mikrobene i fordøyelseskanalen fermenterer dette vil det dannes kortkjedede fettsyrer som eddiksyre, propionsyre og smørsyre, og gassene karbondioksid, hydrogen og metan (Jozefiak *et al.* 2004).

Uløselig kostfiber vil på tross av eventuell fermentering ikke bidra med mye energi til fjørfe. Tre forskjellige nivå av ertefiber (kontroll uten ertefiber, 187 g/kg, 375 g/kg) ble tilsatt dietten til kyllinger, og resulterte i synkende fordøyelighet av organisk stoff ved økt tilsetning (Jørgensen *et al.* 1996). Omsettelig energi (OE) sank da fra ca. 14 MJ/kg TS til ca. 11 MJ/kg TS med henholdsvis 187 g/kg og 375 g/kg ertefiber tilsatt dietten. Analyse av ekskrementer viste at det foregikk mikrobiell fermentering. Når kyllingen fikk dietten med 375 g ertefiber/kg utgjorde kortkjedede fettsyrer i ekskrementer 2 % av daglig omsettelig energi (Jørgensen *et al.* 1996). I et tidligere forsøk med haner viste resultatene at fordøyelighet av ertes skall var mellom 4 - 6 % (registrert som «forsvunnet fra fordøyelseskanalen») (Longstaff & McNab 1989).

Erter er først og fremst ansett som et proteinfôrmiddel (McDonald *et al.* 2002), men det kan også inngå i fôret som en kilde til uløselig kostfiber. Det er rundt 20 % kostfiber i hele erter (Bach Knudsen 1997), der skallet utgjør 7-14 % (Castell *et al.* 1996; Jiménez-Moreno *et al.* 2011). En analyse har vist at ertes skall inneholder 54,7 % kostfiber på fôrbasis, og det er denne andelen som er spesielt rikt på uløselig kostfiber der innholdet ble funnet til å være 49,6 % (Jiménez-Moreno *et al.* 2011). Til sammenligning var innholdet av løselig kostfiber 5,1 % fra den samme analysen. Andre har funnet at på tørrstoffbasis er innholdet av kostfiber i ertes skall >85 % og denne analysen bekrefter at av dette utgjør uløselige kostfiber den største andelen (Ralet *et al.* 1993; Canibe & Knudsen 2002).

Erteskallet som er benyttet i dette forsøket er produsert av AgriMarin Nutrition. Kjemisk analyse av erteskallet viser at det på tørrstoffbasis inneholder 92,3 % kostfiber som vist i vedlegg 1.

Erteskall tilsatt i fôret til slaktekylling i mengder 25-50 g/kg er vist å medføre positiv effekt på produksjonsparameterne tilvekst og fôrutnytting (Jiménez-Moreno *et al.* 2011). Andre forsøk tyder også på at slaktekyllinger har et behov for uløselig kostfiber i fôret, og tilskudd av dette kan være positivt (Svihus 2011).

## 2.3 Løselig kostfiber

Løselig kostfiber vil i kontakt med væske i første del av fordøyelseskanalen danne et viskøst miljø (Jozefiak *et al.* 2004). Den viskøse effekten kalles anti-nutritiv fordi det i utallige forsøk er vist negative effekter på produksjonen av slaktekyllinger (Vranješ *et al.* 1994; Yu *et al.* 1998; Svihus & Gullord 2002; Montagne *et al.* 2003). Det er vist signifikant positiv korrelasjon mellom innhold av løselig kostfiber i bygg og målt viskositet (Svihus *et al.* 2000). Det er også vist at viskøst tarminnhold medfører flere negative konsekvenser som til sammen kan forklare dårlige produksjonsresultater. Basert på resultater fra både gris og fjørfe blir det generelt oppsummert at løselig kostfiber *«øker passasjehastighet gjennom tarm, forsinker tømmingshastighet fra magesekk, forsinker glukoseabsorpsjon, øker utskillelse fra bukspyttkjertel og forsinker absorpsjon»* (Montagne *et al.* 2003). Førstnevnte effekt er ikke gjeldende for slaktekyllinger basert på forsøket til Almirall *et al.*(1995).

Først og fremst er det i ernæringsmessig sammenheng at utfordringene med viskositet ligger, men det er også registrert våtere avføring som kan føre til fuktig underlaget i kyllinghuset (Choct *et al.* 1996). Det kan igjen føre til sviskader på bryst og tråputer, noe som er negativt både for kyllingen og produksjonen.

Stivelse og protein i kornet er kapslet inn av celleveggene i endospermet. Celleveggene består blant annet av  $\beta$ -glukaner og arabinoxylaner og dermed kan stivelse og protein være utilgjengelig ved enzymatisk fordøyelse (Bedford & Schulze 1998). I forsøkene til Hesselman & Åman (1986) og Almirall *et al.* (1995) ble  $\beta$ -glukanase tilsatt før som inneholdt henholdsvis 65 % og 60 % bygg. Resultatene viste bedre ileal stivelsesfordøyelighet da fibernedbrytende enzym ble tilsatt. Dette støtter teorien om at stivelsen i kornet er kapslet inn i fiber og dermed kan være utilgjengelig for kyllingene. Dette faktum i tillegg til viskøst tarminnhold er ansett som årsaker til den anti-nutritive effekten (Cowieson *et al.* 2006).

De negative effektene i tynntarmen i form av økt viskositet på grunn av løselig kostfiber er godt dokumentert (Jozefiak *et al.* 2004). Det medfører uheldige virkninger som er oppsummer av Bedford & Schulze (1998) i form av *«reduert passasjehastighet, redusert diffusjon av fordøyelsesenzym, substrater og produkter samt økt utskillelse av fordøyelsesenzym og stimulerer oppblomstring av bakterier spesielt i tynntarmen»*.

Dette kan føre til dårligere produksjonsresultater som følge av dårlig fôrutnytting (Svihus & Gullord 2002) og dårligere fordøyelighet av energigivende næringsstoffer slik som fett (Vranješ *et al.* 1994; Almirall *et al.* 1995).

Et klassisk eksempel på den anti-nutritive effekten av løselig kostfiber er forsøket der pentosaner konsentrert fra hvete ble tilsatt dietten til slaktekyllinger. Det resulterte i signifikant negativ effekt på produksjonsparameterne tilvekst og fôrutnytting samt energiverdien av dietten gitt som omsettelig energi (Choct & Annison 1992). Tarminnholdet fra kyllinger som fikk dietten tilsatt pentosaner var signifikant mer viskøst enn tarminnhold fra dietten uten tilsetning. Det tilsvarende ble vist i et senere forsøk der løselig NSP fra hvete ble tilsatt i fôret til slaktekyllinger (Choct *et al.* 1996). Resultatene viste også her økt viskositet i fordøyelseskanalen, redusert tilvekst, fôrutnytting og redusert omsettelig energi. Årsaken til den reduserte energiverdien av fôret ilegger forfatterne kyllingens begrensede evne til å fordøye energigivende næringsstoffer når tarminnhold ble viskøst (Choct *et al.* 1996). Det er gjort flere forsøk som antyder at opptaket av næringsstoffer fra tynntarmen hemmes fordi det viskøse tarminnholdet begrenser kontakten mellom næringsstoffer og fordøyelsesenzymene, og mellom næringsstoffer og tarmveggen (Almirall *et al.* 1995; Jozefiak *et al.* 2004). Passasjetiden gjennom fordøyelseskanalen er kort og det er et relativt tørt miljø (Bedford & Schulze 1998; Svihus 2010). Kombinasjonen av denne korte oppholdstiden og ugunstige forhold i tarmen for at endogent utskilte enzymer kan utøve sin nødvendige virkning kan gi negative konsekvenser for produksjonsresultatene. Fordøyelsessystemet kan sies å være kyllingens begrensende faktor for å dekke behovet for den ekstreme veksten de er avlet for.

De negative effektene kan variere i sammenheng med mengden løselig fiber og grad av viskositet. En delvis økning i viskositet medførte ikke negativ effekt for produksjonen (Choct & Annison 1992). Det er i tråd med hva Bedford & Schulze (1998) har funnet i sin gjennomgang, der kyllingene til en viss grad kan kompensere for den økte viskositeten.

Bedford & Schulze (1998) mener at sammenlignet med OE og fôrutnytting som er registrert over tid, så kan viskositet i tarmen vurderes som et dårlig mål for å sammenligne produksjonsresultater. Grunnen til dette er at viskositet sier noen om forholdene i tarmen akkurat da kyllingen ble slaktet (Bedford & Schulze 1998).

I tillegg er det flere forhold enn bare innhold av løselig fiber som kan påvirke grad av viskositet. Dette kan illustreres med forsøket til Langhout *et al.* (2000) som viste at mikrofloraen i tarmen er med å påvirke graden av anti-nutritiv effekt ved at «bakterie-frie» kyllinger fôret med pektiner ikke viste like dårlige produksjonsresultater som de konvensjonelle kyllingene (Langhout *et al.* 2000). Dette støttes av andre også når det gjelder virkning av enzymer (Bedford & Cowieson 2012). Mikrofloraen i fordøyelseskanalen «konkurrerer» om de samme næringsstoffene som vertsdyret. En økt oppholdstid i kombinasjon med begrenset fordøyelighet og dermed økt næring tilgjengelig for mikroorganismer, vil kunne føre til oppblomstring av disse (Bedford & Schulze 1998; Bedford & Cowieson 2012).

## 2.4 Innhold i bygg

Det er gjort flere undersøkelser for å kartlegge innholdet i ulike sorter bygg. Noen forfattere har oppgitt enten løselige eller uløselige fraksjoner, og analysene varierer mellom kostfiber og NSP. Resultatene er sammenlignet basert på at kostfiber inkluderer litt mer (lignin) enn NSP. Kjemisk analysemetodene som er brukt er ikke vurdert ved sammenligningen av innholdet. Den andelen (løselig/uløselig) som ikke er oppgitt i litteraturen kan beregnes basert på differanse. Verdier for kostfiber og NSP er rundet opp eller ned og dermed ikke oppgitt med desimal.

Svihus & Gullord (2002) har gjort en omfattende undersøkelse av blant annet fem sorter bygg dyrket to steder i Norge over to år. Innhold av kostfiber varierte mellom ca. 17-24 % noe som samsvarer med tidligere funn (Svihus *et al.* 1997a; Svihus *et al.* 1997b; Svihus *et al.* 2000). Slike replikasjoner kan vise variasjonen i kjemisk innhold, siden det er kjent at klima og lokale forhold kan påvirke innholdet av  $\beta$ -glukaner i kornet (Holtekjølen *et al.* 2006; Izydorczyk & Dexter 2008).

I den omfattende kartleggingen til Bach Knudsen (1997) ble det gjennomsnittlige innholdet av kostfiber i hele byggkorn funnet til å variere mellom 22 % og 13 % henholdsvis for sorter med og uten skall. Total NSP ble analysert til 19 % og 12 % henholdsvis for sorter med og uten skall (Bach Knudsen 1997). Det var høyere innhold av lignin i bygg med skall, enn uten skall og forklarer dermed den større differansen mellom kostfiber og NSP for bygg med skall (Bach Knudsen 1997).

Holtekjølen *et al.* (2006) har presentert en sammenligning av analyser fra 36 sorter bygg der total NSP ble funnet til å være høyere og mer varierende, nemlig mellom 23-41 %.

McDonald *et al.* (2002) oppgir at bygg inneholder 16 % NSP der glukose utgjør 7,5 % og xylose og arabinose utgjør henholdsvis 5,0 og 2,5 %. Dette samsvarer med analysen av ubehandlet bygg med 15 % NSP (Garcia *et al.* 2008).

NSP kan deles inn i den uløselige og den løselige fraksjonen, der innholdet varierte mellom henholdsvis 10,6-27,3 % og 4,5-26,9 % av tørrstoff (TS) i byggkorn (Holtekjølen *et al.* 2006). De norske variantene hadde ifølge Holtekjølen *et al.* (2006) et høyt innhold på over 20 % uløselig NSP. Dette er høye verdier, sammenlignet med funn av Svihus & Gullord (2002) som har kommet fram til maks verdi på 18 % uløselig kostfiber som da inkluderer lignin (beregnet ved differanse). Tidligere er uløselig kostfiber funnet til å variere mellom 14-18 % (Svihus *et al.* 1997a).

Variasjonen i innhold av løselig NSP som nevnt over, er også høyere og mer varierende enn analysen til Svihus & Gullord (2002) der innholdet av løselig kostfiber varierte mellom 2,4-6,2 % av TS. En tidligere undersøkelse av Svihus *et al.* (1997a) fant også en snevrere variasjon av løselig kostfiber mellom 4,3-4,9 % av TS.

$\beta$ -glukaner inngår som en relativt stor andel av løselig NSP og det er funnet positiv korrelasjon mellom disse (Holtekjølen *et al.* 2006).

Bygg både med og uten skall ble analysert til 4,2 %  $\beta$ -glukaner (Back Knudsen 1997). Tørkede prøver av bygg ble analysert for totale  $\beta$ -glukaner som varierte mellom 5,3-6,0 % (Svihus *et al.* 1997b). Andre har funnet noe lavere innhold tilsvarende 3,51 %  $\beta$ -glukaner i ubehandlet bygg (Garcia *et al.* 2008). Almirall *et al.* (1995) har oppgitt «høy- og lav viskositets bygg» til å variere i innhold av totale  $\beta$ -glukaner mellom henholdsvis 3,87-3,23 %. Disse tallene er basert på hele byggkornet. Dersom celleveggen analyseres individuelt er det funnet at  $\beta$ -glukaner utgjør ca. 70 % i endospermet og ca. 30 % i aleuronlaget. Arabinoxylaner dominerer i aleuronlaget, og utgjør rundt 10 % i endospermet (Izydorczyk & Dexter 2008).

En gjennomgang av nyere tall utført av Gajdošová *et al.* (2007) viste at innholdet av løselig  $\beta$ -glukaner varierte mellom 2,41 – 8,25 %.



Denne variasjonen skyldes analysene til Holtekjølen *et al.* (2006) som var inkludert. Andre har funnet at innhold av løselige  $\beta$ -glukaner samsvarer i det laveste sjiktet mellom 1,57-2,82 % av TS (Svihus *et al.* 1997a; Svihus *et al.* 1997b). Gajdošová *et al.* (2007) egne tall fra analyser av 10 sorter bygg viser variasjon i innhold av løselig  $\beta$ -glukaner mellom 3,7-7,9 %.

Variasjonen i innhold av  $\beta$ -glukaner kan ha sammenheng med innhold av stivelse. Izydorczyk & Dexter (2008) har delt inn sorter av bygg etter stivelse, og etter sorter med eller uten skall. «Normalt» innhold av stivelse består da av ca. 23-27 % amylose og ca. 73-77 % amylopektin (Jeroch & Dänicke 1995; Ravindran *et al.* 2007). Sortene både med og uten skall som har normalt innhold av stivelse har et innhold av  $\beta$ -glukaner på rundt 4-5 %. For sortene som karakteriseres med stivelse som er enten voksaktig eller inneholder mye amylose ligger innholdet på rundt 8 %  $\beta$ -glukaner (Izydorczyk & Dexter 2008), noe som også samsvarer med konklusjonen til Holtekjølen *et al.* (2006). Voksaktig stivelse består hovedsakelig av amylopektin (Jeroch & Dänicke 1995).

Når det gjelder arabinoxylaner fant Holtekjølen *et al.* (2006) et relativt høyt innhold i bygg; variasjonen lå mellom 7,4-15,7 %. De viser til andre publikasjoner som har funnet lavere innhold. Izydorczyk & Dexter (2008) har vist at innholdet kan variere rundt 4-5 %. Det er funnet en negativ korrelasjon mellom arabinoxylaner og  $\beta$ -glukaner, samt mellom stivelse og  $\beta$ -glukaner (Holtekjølen *et al.* 2006).

## 2.5 Effekt av kostfiber

Det er flere effekter av kostfiber i fôr, men denne avhandlingen vil først og fremst fokusere på effekten av kostfiber på energiverdien i fôret.

Hos drøvtyggere og baktarmsfermentere vil mikrofloraen bidra til å bryte ned karbohydratholdig materiale som endogent utskilte enzymer ikke kan fordøye. Denne fermenteringen er så omfattende og produserer så mye energi at dyrene kan utnytte ellers ufordøyelig materiale. Dette foregår også hos fjørfe, men i langt mindre skala og det er mindre kunnskap angående fermentering hos slaktekyllinger (Jozefiak *et al.* 2004). Slaktekylling er ikke kjent for å fermentere kostfiber i særlig utstrekning, sammenlignet med andre arter av fjørfe der de som naturlig har et fiberrikt kosthold kan være bedre tilpasset dette. Når det gjelder fjørfe er det i hovedsak i blindtarmene fermenteringen foregår, og her er det mest mikrober og mikrobiell aktivitet (Jozefiak *et al.* 2004).

Det skjer en rask oppblomstring av bakterier i fordøyelseskanalen etter klekking (Van der Wielen *et al.* 2000; Moran 2006) og denne holder seg stabil som vist i produksjon av flyktige fettsyrer (Annison *et al.* 1968).

Montagne *et al.* (2003) har oppsummert en generell forskjell når det gjelder fiber, der løselig fiber «*lettere, raskere og mer komplett*» fermenteres, sammenlignet med uløselig fiber som krever lengre oppholdstid. Det er flere faktorer som er funnet å påvirke hvor mye kostfiber fermenteres, slik som «*kilden til kostfiber, løselighet, grad av lignifisering, prosessering, mengde tilsatt i fôret, passasjehastighet gjennom tarmen, dyrets alder og vekt samt den mikrobielle kolonien i tarmkanalen*» (Montagne *et al.* 2003).

Uløselig kostfiber i fôr til kyllinger kan stimulere til en større og sterkere krås, som følge av behovet for å male opp partikler (Svihus 2011). Kråsen bidrar som kjent til å male opp store partikler i fôret og er tett forbundet til kjertelmagen der det foregår en toveis bevegelse mellom disse. Kråsen kan stimuleres til og bli så effektiv til å male grove og fiberholdige partikler at utnytting av næringsstoffer ikke reduseres ved tilsetning av skall eller hele korn rik på uløselig kostfiber (Svihus 2011). Gjennomgangen av litteraturen viste at tilsetninger av kråsstimulerende kostfiber i mengder mellom 3-39 % økte omsettelig energi og/eller økte fordøyelighet av stivelse, protein og fett, med andre ord en forbedret utnytting av næringsstoffer (Svihus 2011). Dette gjelder i hovedsak uløselig kostfiber, da løselig kostfiber har vist motsatt effekt (Jozefiak *et al.* 2004). Ulempen med innblanding av uløselig kostfiber eller grovt materiale i fôret ligger i kråsens begrensede kapasitet til å male dette før det sendes videre i systemet (Svihus 2011).

Utfordringen med tilsetning av bygg i fôret er det høye innholdet av kostfiber og da spesielt løselig kostfiber i form av  $\beta$ -glukaner. De raskt voksende slaktekyllingene lever et kort og intenst liv, og er fortsatt fysiologisk umoden når de slaktes. Det er likevel funnet forskjell i hvor godt den kan tåle viskositet i tarmen på grunn av fôret fra de første par leveukene, til de siste (Cowieson *et al.* 2006; Jeroch & Dänicke 1995). Det påvirker både hvor godt de kan utnytte næringsstoffene i fôret, hvilket fôrmidler som kan benyttes og nødvendigheten av å tilsette enzymer ved produksjon av fôret.

## 2.6 Enzymer

Enzymer er proteiner som fungerer som katalysator i kjemiske prosesser. De kan ulike virkning, avhengig av hvilke enzymer det er. Endogene enzymer skilles ut i fordøyelseskanaalen og er nødvendig for fordøyelse og videre absorpsjon av fôret. Eksogene enzymer kan tilsettes fôret under produksjonen for å bedre fordøyelighet og dermed øke tilgjengelighet i fordøyelseskanaalen av næringsstoffer fra fôret (Bedford 2000; Svihus 2010).

Da slaktekyllinger ble fôret på dietter basert på- eller tilsatt korn som inneholder løselig kostfiber er det vist bedre produksjonsresultater på dietter tilsatt enzymer sammenlignet uten enzymer (Bedford 2000). Det er årsaken til at bruk av enzymer i fôrindustrien nå er utbredt (Bedford 2000; Svihus 2010; Bedford & Cowieson 2012). Spesielt enzymer som bryter ned tungt fordøyelige karbohydrater slik som NSP, er svært utbredt i fôr til fjørfe. Da benyttes  $\beta$ -glukanase og xylanase eller en blanding av disse.

Proteaser og fytaser benyttes for å gjøre tilgjengelig henholdsvis protein og fosfor i fôrmidler slik at de blir tilgjengelig og kan utnyttes av dyret (Barletta 2010). Slike enzymer skilles som nevnt ikke ut i fordøyelseskanaalen (Bedford & Schulze 1998). I denne avhandlingen er det fokusert på fibernedbrytende enzymer (NSPaser), heretter kalt enzym.

Det er usikkerhet knyttet til nøyaktig hvor enzymene virker og hvor godt de virker, spesielt med hensyn til den relativt korte tiden å virke på gjennom slaktekyllingens fordøyelseskanaal (Svihus 2010).

Det er godt dokumentert og akseptert at tilsetning av enzym i fôret reduserer den anti-nutritive effekten ved å redusere viskositet og bedre forholdene for fordøyelse og absorpsjon av næringsstoffer. Dermed bedrer de forholdene i fordøyelseskanaalen. Forholdene i kyllinghuset kan også forbedres ved å unngå problemet med vått strø når enzym tilsettes i dietten (Bedford 2000).

En medvirkende årsak til enzymenes effekt kan også forklares med at de bryter den fysiske barrieren som celleveggen utgjør mellom de energigivende næringsstoffene og fordøyelsvæsken, og dermed øker fordøyelighet (Cowieson *et al.* 2006; Bedford & Cowieson 2012). Spesielt i de første ukene av kyllingens liv er det essensielt med eksogene enzymer til for eksempel en byggbasert diett. Senere vil ikke effekten av enzymer være like avgjørende (Almirall *et al.* 1995; Jeroch & Dänicke 1995).

Bedford & Schulze (1998) referer til funn der fordøyelighet av fett økte ved tilsetning av fibernedbrytende enzymer. Forfatterne påpeker at fett i kornet ikke er i plantecellene og effekten dermed ikke skyldes nedbrutte cellevegger. Viskøst tarminnhold kan hemme lipaseaktivitet og dermed reduseres fordøyelighet av fett (Almirall *et al.* 1995). Det kan forklare hvorfor fordøyelighet av fett er bedre ved tilsetning av enzymer (Vranješ *et al.* 1994), og støtter forklaringsteorien om at enzymene utøver sin virkning ved å redusere viskositet.

Det er vist høyere konsentrasjon av flyktige fettsyrer i blindtarmene ved tilsatt enzym i dietten, noe som tyder på økt fermentering (Choct *et al.* 1996, Choct *et al.* 1999). Det kan forklares med at reduserte kjeder av polysakkarider kan frigjøre materiale som lettere fermenteres. Enzym som først og fremst er tilsatt for å redusere viskositet kan dermed ha en tilleggseffekt som bidrar til fermentering i blindtarmene. Andre resultater har ikke vist denne effekten ved tilsatt enzym (Jözefiak *et al.* 2007)

Bedford & Schulze (1998) henviser til resultater som viste større effekt av enzymer på grovmalte partikler, enn finmalte partikler der sistnevnte ikke er kjent for å stimulere kråsen i særlig grad. Det er også vist større effekt av enzym når dietten er tilsatt hele korn (Amerah *et al.* 2011). Dette mener de støtter teorien om at næringsstoffene er «fanget» av den ufordøyelige celleveggen. Det pekes på kråsens malende og blandende effekt som kan være positivt for virkning av enzymene, noe som er i tråd med hypotesen Bedford & Schulze (1998) presenterer angående enzymenes samspill med kråsen. En sterkere krås som følge av grovere partikler vil være bedre til å blande tarminnhold og enzymer som allerede nevnt (Svihus 2011).

Enzymer, på lik linje med andre proteiner, kan denatureres når de blir utsatt for høy varme. Dette kan ødelegge deres virkning (Amerah *et al.* 2011). Når fôret produseres er det flere prosesser der enzymene blir utsatt for høy varme, og potensielt kan ødelegges (Cowieson *et al.* 2006; Amerah *et al.* 2011). Eksempler på slike prosesser er kondisjonering, ekstrudering og pelletering. Studier har likevel vist at enzymene kan utøve virkning og redusere viskositet, selv med redusert effekt (Amerah *et al.* 2011). De samme forfatterne henvises også til studier som har vist positiv effekt av kondisjonering som følge av at celleveggen brytes og enzymene kan trenge inn og utøve sin virkning. Det er kjent at varmebehandling av korn har den fordelen at stivelsen forklistrer og dermed blir mer fordøyelig.

Denne effekten kan også være negativ, samtidig som løselighet av kostfiber kan øke ved varmebehandlingen (Amerah *et al.* 2011).

Flytende enzymer som sprayes på etter pelletering kan benyttes for å unngå varmebehandling og dermed eventuell ødeleggelse eller nedsatt effekt av disse under prosessering. Dette framstilles ikke som en god løsning av Amerah *et al.* (2011) da resultatet kan variere på grunn av behovet for spesialutstyr som må utvikles av den enkelte fôrprodusent. Cowieson *et al.* (2006) framstiller derimot tilsetning av enzymer etter varmekrevende prosesser som en mulig god løsning.

Det er to sider av utfordringene knyttet til bruk av enzymer. Det gjelder praktisk og samtidig best mulig effekt ved tilsetning under prosessering av fôret, og deretter enzymenes effekt gjennom fordøyelseskanalen. Faktorer som virker inn på enzymenes effektivitet kan oppsummeres hver for seg.

En gjennomgang av litteraturen viser at optimal pH for at enzymer skal utøve sin virkning i fordøyelseskanalen er mellom 4-5 og optimal temperatur er mellom 45-65 °C (Svihus 2010). Denne gjennomgangen viser også at det er begrenset antall studier på hvor fuktig miljøet må være for at enzymene skal fungere optimalt, og det er heller ikke gjort mange studier på tiden enzymene trenger for å fungere optimalt. Svihus (2010) konkluderer dermed med at det er først i tynntarmen at forholdene ligger til rette for enzymenes virkning, selv om pH er for høy, blant annet fordi oppholdstiden i første del av fordøyelseskanalen er for kort.

Riktig bruk og sammensetning av enzymer kan føre til lavere fôrkostnader og en mer effektiv produksjon fordi fôrmidler som ellers ikke kunne vært brukt kan utnyttes (Bedford & Schulze 1998; Cowieson *et al.* 2006). Fôret må være riktig tilpasset kyllingens behov, og være lett fordøyelig med tanke på å dekke behovet til den intensive veksten og tilsetning av enzymer har vist seg å være en god måte og oppnå dette på.

## 2.7 Energivurdering av fôret

Fjørfe spiser først og fremst for å dekke sitt primære behov for energi. Hele det ernæringsmessige behovet må dekkes på en optimal måte gjennom fôret, men det er altså behovet for energi som kvantitativt er viktigst.

Behovet for energi og energiverdien i fôr må oppgis i samme enhet, og det er omsettelig energi (OE) som benyttes i fjørfeernæringen. OE beregnes ved å trekke bruttoenergien i fôret som er spist fra bruttoenergien funnet igjen i ekskrementer og dele dette på fôropptaket. Andelen som er forsvunnet antas omsatt av dyret som vist i figur 1, og kan dermed potensielt utnyttes. Differansen mellom OE og det mer nøyaktige nettoenergi (NE) antas ikke å variere i like høy grad hos fjørfe som hos for eksempel drøvtyggere. Fjørfe har et ensartet kosthold, basert på relativt lett fordøyelige fôrmidler, men det er likevel forskjeller i hvor mye som bidrar til omsettelig energi (McDonald *et al.* 2002). Slaktekyllinger lever et kort liv med intensiv vekst, der en mindre andel av energien går til vedlikehold sammenlignet med andre arter.

### **Brutto energi**

↓→ Energi i faeces

### **Fordøyelig energi**

↓→Energi i urin og metan

### **Omsettelig energi**

↓→Varmetap

**Netto energi** → til vedlikehold og produksjon

Figur 1: Oversikt over energitap gjennom fordøyelseskanaalen.

Omsettelig energi (OE) er beregnet energiverdi av fôr etter foringsforsøk gjennom dyret (*in vivo*). Oppsamlede ekskrementer blir brent i et bombekalorimeter, noe som gir brutto energi og brukes til å kalkulere OE. Det sier noe om den «tilsynelatende» energiverdien, og det er feilkilder knyttet til denne. Fjørfe skiller ut faeces og urinsyre samlet og det er dermed lett og samle opp for å beregne omsettelig energi.

OE<sub>n</sub> står for omsettelig energi korrigert for null nitrogenretensjon i kroppen. Forskjellen mellom OE og OE<sub>n</sub> hos voksne haner er ubetydelig fordi de ikke vokser og dermed ikke avleirer nevneverdig protein i kroppen. OE<sub>n</sub> er lavere for kyllinger sammenlignet med haner (Carrè *et al.* 1995).

Haner som modelldyr for å bestemme OE er en effektiv og vanlig metode der fôret kan gis over en kort periode, og ekskrementer samles inn over et døgn for deretter å bestemme energiverdien (Farrell 1978). Resultatet fra denne metoden var sammenlignbar med haner som ble fôret og gjødsel innsamlet over lengre tid. Metoden benyttet av Farrell (1978) gikk ut på å fôre hanen én gang i døgnet, der de fikk tilgang til 110 g pellets i en time.

Kontrollgruppen med haner fikk *ad libitum* tilgang på samme mengde fôr. Det ble også benyttet kyllinger som fikk fri tilgang til fôr, der gjødsel ble samlet inn over fem dager. OE resultater fra kyllingene var sammenlignbar med hanene som også fikk fri tilgang til fôr. Svihus & Gullord (2002) viste derimot i sitt forsøk at data fra haner og slaktekyllinger ikke er direkte sammenlignbar, fordi verdiene for OE ble høyere for hanene. De forklarer dette med hanenes bedre evne til å fordøye fett og stivelse, noe som henger sammen med at de er voksne dyr mens slaktekyllinger er umodne og blant annet har begrenset evne til fordøyelse av fett. Dette bekreftes i tidligere forsøk av Carrè *et al.* (1995) der hanene viste høyere fordøyelighet av både lipider og stivelse. De viste også bedre evne til å fermentere uløselig kostfiber og absorbere fettsyrer (Carrè *et al.* 1995).

Kostnaden til fôr utgjør rundt 70 % i kyllingproduksjonen (Barletta 2010). Det er derfor viktig å produsere et fôr som er riktig sammensatt med de energigivende næringsstoffene. Husdyrnæringen er opptatt av, og dyktig til å lage et riktig sammensatt fôr som fokuserer på å dekke dyrets behov uten å sløse. Det er viktig at energien og næringsstoffene som kyllingen fôres med blir fordøyd og utnyttet uten for store tap og er dermed noe av bakgrunnen for at forsøk av den typen blir utført.

### 3. Materiale og metoder

#### 3.1 Diettsammensetning og produksjon av fôret til slaktekyllinger

Fôret ble produsert ved Senteret for Fôrteknologi (FôrTek), ved Universitet for miljø- og biovitenskap (UMB) i Ås, Norge.

Dietten var basert på norsk bygg som var høstet i 2010. Sesongen 2011 var preget av uvanlig mye regn. Derfor ble ikke denne avlingen brukt.

Tabell 1 viser sammensetningen av diettene. Det ble laget to dietter der ”diett 1” ikke var tilsatt enzym, og ”diett 2” var tilsatt enzymet Axtra XB 201 L som inneholdt 12200 U/g endo-1,4-beta xylanase og 1520 U/g endo-1,3-beta glukonase. Enzymet var produsert og levert av Danisco A/S, Danmark.

Diettene var sammensatt slik at de skulle dekke kyllingenes ernæringsmessige behov etter anvisning for *Broiler Ross 308 Nutrition Specification* (Aviagen Group 2007).

Begge diettene var tilsatt titan som markør, men på grunn av en feil ble det tilsatt alt for lav konsentrasjon av markør i begge diettene som vist i tabell 1.

Diett 2 ble ved en feil tilsatt 2,5 ganger mer enzym enn maksimalt anbefalt nivå på 200 gram/tonn (g/t) fôr som vist i tabell 1.



Tabell 1: Fôrsammensetning, diett 1 og diett 2

Ingredienser	<b>diett 1, diett 2,</b>	
	g/kg	g/kg
Bygg	660	660
Fiskemel	90	90
soyamel	184	184
Soyaolje	30	30
Kalkstein	10	10
Dikalsiumfosfat (MCP)	10	10
DL-Meteonin	2	2
L-Treonin	1	1
Salt	2,5	2,5
Mineral premix FKØV	1,5	1,5
Vitamin A FKØV	0,5	0,5
Vitamin ADKB FKØV	1	1
Vitamin D3 FKØV	0,8	0,8
Vitamin E FKØV	0,5	0,5
Kolin klorid	1,2	1,2
Titandioksid	0,5	0,5
Enzym Aextra XB 201 L	-	0,5

Tabell 2: Beregnet sammensetning av fôret til kyllingene

<i>OE*</i> , MJ/kg	13
Råprotein, g/kg	206,4
Kalsium g/kg	10,4
Tilgjengelig fosfor, g/kg	5,8

\*Omsettelig energi

Bygg og soyamel ble malt hver for seg over 3 mm sold på en hammerkvern (Model: E-22115 TF, Münch-Wuppertal, Germany, under Bliss-USA, 18.5 kW and 2870 rpm).

Det ble laget 3 batcher der hver veide 250 kg. Prosessen foregikk kontinuerlig men hver batch ble laget individuelt av hensyn til maks kapasitet.

Bygg, soyamel og fiskemel ble veid ut automatisk etter oppskrift fra fôrsammensetningen (Tabell 1). Mikroingrediensene ble veid ut- og tilsatt manuelt til blandingen i en mikser kondisjonør (Twin Shaft Paddle, Tatham of England, Forberg, Norway, 400 lt, 4kW) og deretter ble alt blandet i 2 minutter (første batch) før soyaolje ble tilsatt manuelt med en «spray-presse» mens blandeprosessen vedvarte. Tanken på «spray-pressen» var laget hos FôrTek. Soyaoljen ble fylt i tanken og deretter ble det pumpet inn luft for å skape et trykk på 4 bar. Dysen hadde en kapasitet størrelse på 6506 med en kapasitet på 2,4 l/minutt (basert på vannviskositet) der sprayvinkelen var 65 ° og størrelsen 05 (Unijet, Spraying Systems Co, Wheaton, Illinois, USA). Spraytiden var 4 minutt og 45 sekunder. Etter soyaoljen var tilsatt ble det hele blandet i 2 minutter til. Total blandetid var 8 minutt og 45 sekunder.

Blandingen ble sendt videre til beholder der det ble tatt ut prøver fra hver batch. Når første batch var fylt i beholderen begynte oppveining av neste batch automatisk, og så den tredje.

Det ble tatt ut prøve i en beholder (1 liter) etter blandingsprosessen. Koppen med blandingen ble veid og tettheten var 608 g/liter. Produksjonen begynte etter 2.batch var samlet i beholder.

Blandingen ble sendt gjennom to trinns kondisjonør (Twin Pass, Muench, fra Tyskland, 2 tonn/time maks. kapasitet, 2 x 2 m x 40 cm) der det ble tilsatt ca. 4 % fuktighet ved 75 °C i 20-30 sekunder før det ble sendt gjennom pelletspressen (Muench, fra Tyskland, 1.2 tonn/time maks. kapasitet, 2 x 45 kw) med 3 mm matrise. Pelleten ble deretter kontrollert, og de første 50 kg produsert ble kastet på grunn av utilstrekkelig temperatur.

Temperaturen ble målt ved at pelleten ble samlet i en isoporboks og et termometer ble lest av. Pelleten ble deretter avkjølt i en motstrøms kjøler (Miltenz, New Zealand, kapasitet på 2000 kg/time) som benytter romtemperatur til å kjøle ned pelleten i ca. 30 minutter. Da produksjonen av pellets begynte ble prosesserings parametere registrert en gang som vist i tabell 3.

Tabell 3: Prosesserings parametere

Temperatur i kondisjonør	75 °C
Produksjonskapasitet	600 kg/t
Dysediameter	3,0 mm
Dysediameter	42,0 mm
Belastning på motor	31 %
Motor 1, amper	16 amp.
Motor 2, amper	15,0 amp.
Gjennomsnittlig motor amper	15,50 amp.
Energiforbruk	9,53 kW
Spesifikt energiforbruk	0,0159 kWh/kg
Temperatur i isoporboks, målt rett etter passasje fra pelletpressen	86,8 °C

Avkjølt pellets ble deretter pakket i 26 sekker à 25 kg. Sekkene ble tilfeldig fordelt i 2 batcher. De første 13 sekkene ble tømt i mikser mens denne gikk, og deretter tilsatt 1,16 kg vann i 45 sekunder ved hjelp av håndholdt spraytank (OPÜR F50 1”20”. Kapasitet 2500 l/time, 0-80 °C, max 10 bar, Modell 2006, Teknisk vannservice AS, Postadresse Pb 5, Stovner, 0913 Oslo).

De neste 13 sekkene ble blandet i mikser, på samme måte som de første, og tilsatt 160 gram flytende Axtra XB 201L enzym som på forhånd var blandet med en liter vann ved hjelp av spraytanken, i 45 sekunder. Spraytankens dyse hadde en kapasitet størrelse på 6503.

De første 13 sekkene ble blandet i en stor sekk og utgjorde diett 1, og de neste 13 sekkene som var tilsatt enzym ble blandet i en annen stor sekk og utgjorde diett 2. Det ble tatt prøver av begge dietten da de ble fylt i store sekker, der hver sekk inneholdt 325 kg.

### 3.2 Utføring av forsøket

Forsøket ble utført på Kyllinghuset ved Senter for husdyrforsøk, UMB i perioden 17/11-22/12 2011.

200 daggamle hanekyllinger av rasen Ross 308 ble plassert i gruppebur med nettinggulv der de fikk fri tilgang på kommersielt startfôr til slaktekylling i 7 dager. De hadde i denne perioden kontinuerlig lys og temperaturen var 33 °C. Da kyllingene var 7 dager ble temperaturen redusert til 29 °C og til 26 °C ved 16 dagers alder.

Da kyllingene var 7 dager ble de veid og de som ikke var mellom 160-210 gram ble fjernet. Det var omtrent 30-35 kyllinger. De resterende veide gjennomsnittlig 182 gram og ble flyttet over og tilfeldig fordelt i 48 bur med nettinggulv (50 cm x 35 cm x 20 cm), i grupper på 3 kyllinger.

De 48 burene utgjorde to rekker av mobile stativ (à 24 bur) som var plassert parallelt mot hverandre der kyllingene som ble fôret *ad libitum* var vent mot veggene (bur 1-12 og bur 37-48), og de som ble måltidsfôret var vent mot hverandre (bur 13-36). De måltidsfôrede kyllingene hadde i perioden fra 7-12 dager tilgang på fôret kl 03.00-04.00, 08.00-09.00, 12.00-13.00, 16.30-17.30 og 21.00 til lyset ble slått av kl 23.00. I perioden fra 12-34 dager hadde de måltidsfôrede kyllingene tilgang på fôret kl 03.00-04.00, kl 08.00-09.00, kl 13.00-14.00, kl 17.30-18.30, kl 22.00 til lyset ble slått av 23.00. Fôret ble fjernet fra burene i tiden utenom måltider, bortsett fra kl 23.00-03.00 og kl 04.00-08.00 da fôrtilgangen ble styrt av lysregimet. Lyset ble automatisk styrt av et tids-ur.

Diett 1(uten enzym) ble gitt til kyllinger i bur med primtall og diett 2 ble gitt til kyllinger i bur med partall.

Til hvert bur var det en tilhørende bønne (merket med nummer på buret) med ca. 5-6 kg fôr. Bruttovekten til denne ble registrert ved begynnelsen av forsøket. På dagtid ble fôret tømt tilbake i bønna som hørte til buret når måltidet var over.

Kyllingene hadde fri tilgang på vann som ble etterfylt daglig. Når en kylling døde ble den veid sammen med de resterende, og fôrbønne ble veid. Temperaturen i rommet ble kontrollert og registrert daglig.

### **3.3 Oppsamling av ekskrementer**

Totaloppsamling av ekskrementer og fôropptak ble registrert i perioden 18-21 dager, for videre beregning av omsettelig energi. Ekskrementer forstås her som faeces og urinsyre fra kyllingenes kloakk.

Kl 12 på dag 18 ble kyllingene og fôret veid og gjødselbrettene under hvert av burene, samt bunnen av burene ble rengjort. De tre påfølgende dagene ble ekskrementer samlet i plastbøtter etter at fjær og rester av fôr var fjernet. Oppsamling fra burene ble gjort i samme rekkefølge hver gang. Ekskrementene ble oppbevart i fryseren mellom og etter avsluttet oppsamling.

### **3.4 Flytting og merking**

Da kyllingene var 21 dager ble de veid i grupper av 3 kyllinger fra samme bur, og tilhørende bøtte med fôr ble veid. To tilfeldig valgte kyllinger fra hvert bur ble flyttet til et annet rom fordelt i 12 bingebur etter hvilket fôringsregime de tilhørte med 8 kyllinger per bingebur. De to kyllinger fra hvert av de 48 burene i det første rommet ble merket med farget strips rundt beinet (grønn, blå, gul og ingen strips) for å vite hvilket bur de kom fra. Kyllinger fra 4 forskjellige bur med samme fôringsregime og diett ble samlet og blandet i hvert av bingeburene; bingebur 1-6 måltidsfôret og bingebur 7-12 *ad libitum*. De 6 bingeburene med måltidsfôring var plassert nærmest døra. I dette rommet kunne ikke kyllingene med forskjellig behandling se hverandre. Kyllingene gikk på strø av høvelflis. Temperaturen i rommet var 22 °C.

### **3.5 Disseksjon**

Da kyllingene var 22 dager ble den ene kyllingen som var igjen i hvert av burene i det første rommet avlivet ved nakketrekk. Umiddelbart etter avlivingen ble det satt en strips rundt halsen for å hindre at innhold fra kro skulle komme opp igjen. Fordøyelseskanaalen ble tatt ut og innholdet i kro, krås + kjertelmagen, duodenum + jejunum og ileum ble kvantitativt oppsamlet i 4 plastbeger og lagt direkte i flytende nitrogen og deretter i fryseboksen.

De måltidsfôrede kyllingene skulle denne dagen dissekeres 3 timer etter de hadde fått tilgang på fôr, men feilaktig ble de avlivet etter 1 time. Prøvene fra denne disseksjonen ble derfor ikke brukt.

Da kyllingene var 34 dager ble fôret fjernet fra de måltidsfôrede kyllingene før lyset ble slått på kl 06.00. I perioden 7.30-8.00 ble de måltidsfôrede kyllingene og fôrbøtten deres veid. Dette ble også gjort med kyllingene som hadde fri tilgang til fôr kl 8.00-8.30.

Kyllingene i bingebur 1,2,3,4,5 og 6 ble tildelt fôr henholdsvis kl 8.00-8.30, 8.20-8.50, 8.40-9.10, 9.00-9.30, 9.20-9.50 og 9.40-10.10.

Fra kl 9.00 ble 4 kyllinger med forskjellige farge rundt beinet avlivet fra henholdsvis bingebur 7-12 (*ad libitum*), 24 kyllinger totalt.

Kl. 11.30 ble 4 kyllinger tilfeldig valgt fra bingebur 1 etter hvilken farge de hadde på beinet og avlivet som beskrevet over. Hvert 20.minutt ble 4 kyllinger avlivet fra henholdsvis bingebur 2,3,4,5 og 6 nøyaktig 3 timer etter de hadde tilgang på fôr. Disseksjonene ble utført som beskrevet over med kvantitativ oppsamling fra fordøyelseskanalen. Kjemisk analyse av prøvene og resultatene fra denne disseksjonen er ikke presentert her.

De måltidsfôrede kyllingene som var igjen i bingeburene fikk tilgang på fôret kl 16-17 og 20.00-21.00. Da lyset ble slått av kl 21 ble fôret til de måltidsfôrede kyllingene veid, for å registrere hvor mye de spiste i perioden de hadde tilgang på fôr om natten.

Lyset var på kl 01.00-02.00, og etter 5 timers mørke ble fôret fjernet fra de måltidsfôrede kyllingene kl 07.00 før det igjen ble veid. Resultatet fra denne registreringen presenteres ikke her. Kyllingene fikk tilgang til fôret kl 08.00-8.40. De måltidsfôrede kyllingene ble deretter tilfeldig valgt, avlivet og dissekert på samme måte som beskrevet over. Avlivingen foregikk etter denne rekkefølgen:

Kl 8.40: 1 fra bingebur 1 og 2 fra bingebur 2

Kl 9.20: 2 fra bingebur 3 og 1 fra bingebur 4

Kl 10.00: 2 fra bingebur 5 og 2 fra bingebur 6

Kl 10.40: 2 fra bingebur 1 og 2 fra bingebur 2

Kl 11.20: 2 fra bingebur 3 og 2 fra bingebur 4

Kl 12.00: 2 fra bingebur 5 og 2 fra bingebur 6

## **3.6 Behandling av prøvene**

### **3.6.1 Kjemisk analyse**

Prøvene fra kro, krås med kjertelmage, duodenum + jejunum og ileum ble frysetørket i en frysetørker (Beta 1-6, LMC-2, Christ, Osterode, Germany) ved -56 °C og 25 mbars i 92 timer for å finne innhold av tørrstoff uten at prøvene ble utsatt for biokjemiske forandringer.

Prøvene samlet på dag 35 fra de måltidsfôrede kyllingene ble analysert for protein, stivelse og titandioksid. Etter frysetørking ble prøvene finmalt i morter. Prøvene fra kro og krås med kjertelmage inneholdt store partikler og ble dermed malt på 0,5 mm sold i en mølle (Retsch sentrifuge mølle, modell ZM 100, Retsch Technology GmbH, Haan, Germany).

Begge diettene ble også analysert for stivelse, protein og markør. Hver av fôrprøvene som ble samlet under forsøket ble delt i to porsjoner, og deretter ble hver porsjon delt i to som hver ble regnet som representativ prøve og malt på overnevnte mølle på 0,5 mm sold før kjemisk analyse. Prøvene ble sendt til laboratoriet ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA), UMB, og analysert for stivelse etter AACC metoden 76-11, metoden for Kjeldahl-N for å anslå proteininnhold og titandioksid etter metoden til Short *et al.* (1996). Konsentrasjonen av titandioksid var så lav at det ikke var mulig å bruke denne som markør, det er derfor ikke presentert data fra dette. Analyse av stivelse og protein i kro og krås med kjertelmage ble brukt for å bestemme passasjetid fra kro. Data fra dette er ikke presentert her.

### **3.6.2 Bruttoenergi i ekskrementer og fôr**

Bøttene med innhold fra dag 18-21 ble tint i romtemperatur over natten. Bruttovekt av bøtten ble registrert før innholdet ble blandet til en homogen masse ved hjelp av en håndholdt mikser. Vekten av tom og ren liten digel ble registrert. Det ble tatt ut en representativ prøve fra bøtten over i digelen som ble veid umiddelbart. Prøvene ble tørket over natten i ovn ved 104 °C (ca. 16 timer). Etter avkjøling i eksikator ble prøven veid før de ble brent i bombekalorimeter (bombekalorimeter PARR 1281, Moline, Illinois, USA). Resultatene ble registrert for å beregne OE. Prøver fra begge diettene ble også brent i det samme bombekalorimeteret på tilsvarende måte.

### **3.6.3 Viskositet og pH**

Fra disseksjonen av de måltidsfôrede kyllingene på dag 35 ble prøvene fra kro og duodenum + jejunum benyttet. Det ble tatt ut 0,4 gram fra prøvene med frysetørket materiale som ble plassert i en sentrifugeringsbeholder (kapasitet på 2 ml). Prøven ble fuktet ved hjelp av 1,5 ml destillert vann som holdt 40 °C ved hjelp av et bevegelig vannbad (Julabo, modell SW22, Labortechnik GmbH Seelbach, Germany). Prøven ble sentrifugert i 5 minutter, og viskositeten til supernatanten ble bestemt ved hjelp av et viskometer som holdt 60 rpm (Brookfield, DV – II, Brookfield Engineering Laboratories, Massachusetts, USA).

Måling av pH ble registrert på prøvene fra kro (Hamilton, Tiptrode electrode, Bonaduz, GR, Switzerland). Sensoren på pH-meteret kunne ikke kalibreres til pH 7, men det ble kalibrert til pH 4. Resultat fra måling av pH er ikke presentert her.

### 3.6.4 Kalkulering

Omsettelig energi i dietten ble beregnet etter denne formelen:

$$OE \text{ (MJ/kg)} = \frac{(\text{fôropptak} \times \text{bruttoenergi}_{\text{dietten}}) - (\text{ekskremitter} \times \text{bruttoenergi}_{\text{ekskremitter}})}{\text{fôropptak}}$$

### 3.6.5 Statistikk

Datamaterialet ble behandlet ved bruk av programmet *Statistical Analysis Software* (SAS). Toveis variasjonsanalyse ble utført etter et 2 fôringsregimer x 2 enzymnivå faktorielt design ved hjelp av *General Linear Models* (GLM) prosedyrer for å finne effekter etter modellen:

$$Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$$

Y er responsvariabelen,  $\mu$  er gjennomsnittet for registreringene,  $\alpha_i$  er effekt av enzym ( $i:0,1$ ),  $\beta_j$  er effekt av fôringsregimet ( $j:1,2$ ),  $\alpha\beta_{ij}$  er samspillseffekt mellom enzym og fôringsregimet. Feilledet er  $e_{ijk}$  der k er gjentak/hver observasjon innen blokk.

Tilfeldig variasjon ble målt som kvadratrot av gjennomsnitts kvadratfeil (*root mean square error*).

Individuelle forskjeller mellom grupper ble funnet ved bruk av *Ryan-Einot-Gabriel-Welsch Multiple range* parvise F-test. P-verdi mindre eller lik 0,05 ble ansett som signifikant, og mellom 0,1-0,5 ble ansett som tendens.



### 3.7 Erteskallfiber i brød til haner

Dette forsøket var tidligere utført, men her følger beskrivelse av hva som ble gjort. Analyse for brutto energi ble utført i forbindelse med kyllingforsøket, på ekskrementer fra hanene som var lagret og oppbevart frosset.

#### 3.7.1 Fôret

Metoden er beskrevet av Tokvam Aas (2011):

Brødet ble laget hos Idun industri og sammensetningen av de 4 brødene er vist i tabell 4. Brød 1 inneholdt ikke erteskallfiber. Brød 2, 3 og 4 var tilsatt henholdsvis 7,5 gram, 15 gram og 22,5 gram erteskallfiber. Iduns baketekniske laboratorium bakte brødene ved hjelp av eltemaskin Diosna sp 30 (Dierks & Söhne GmbH, Osnabrück, Tyskland). Deigen ble hevet i raskeskap Rack Oven C-series (Sveba Dahlen, Fristad, Sverige). For å oppnå jevnt oppslag av deigen ble det brukt oppslagsanlegget Paria SN1512 (Werner Pfleiderer Panningen, Nederland) (Tokvam Aas, 2011).

Tabell 4: Kjemisk sammensetning av brødet per 100 gram tørrstoff (TS)

	<b>Brød 1</b>	<b>Brød 2</b>	<b>Brød 3</b>	<b>Brød 4</b>
Analysert tørrstoffinnhold %	58,8	58,5	58,0	55,4
Analysert stivelse %	53,8	47,6	44,2	39,8
Analysert protein %	22,0	21,1	18,6	17,8
Analysert aske	4,0	4,4	4,5	4,5
Analysert fett/ 100 g TS	3,1	2,9	2,6	2,6
Analysert kostfiber/100g TS	9,8	17,1	24,4	29,8
Total vekt tørre ingredienser	2020	2020	2020	2020
Titan	10	10	10	10
Hvetemel	211			
Sammalt hvete	1270			
Hvetegluten	210			
Solsikkefrø/linfrø/bokhvete	123			
Baketekniske hjelpemidler	196			
Grovhetsgrad %	75,1	75,1	75,1	75,1

### 3.7.2 Utføring av forsøket

Tolv haner ble føret med brød som var tilsatt fire ulike nivåer av erteskillfiber. Forsøket ble utført og gjentatt over perioden mandag-fredag, med tilvenningsperiode fredag-mandag. Hanene stod oppstallet i individuelle bur, der de hadde tilgang til førtro hvor brødet ble tildelt og fri tilgang på vann.

Den første perioden, fra 6.januar til 10.januar, ble hanene tilvent brød nummer 2. Brødet ble skåret i 12 tykke skiver, etter at de tynne skalkene var fjernet, og lagt i hver av de 12 førtroene. I tilvenningsperioden ble ikke loddet lagt over brødsnivåene.

Utveiling av fôr begynte mandag 10.januar kl 08.00, samtidig som oppsamlingsbrett for gjødsel ble plassert under hvert bur. 6 brød i plastposer ble tatt ut av fryser og lagt i kjøleskap på søndager. Ved utveiling ble de tynne skalkene skåret bort, og brødene skåret i to like deler før hver halvdel ble veid. Alle hanene fikk hver sin halvdel fordelt og tildelt i 1 like stor skive dagen, i 5 dager med et lodd bundet til skiva. Brødrester, inkludert smuler, ble samlet opp tirsdag, onsdag, torsdag og fredag morgen og holdt fryst i en plastpose tilhørende hver hane. Dette ble senere tørket ved 104 °C for å bestemme mengde tørrstoff som ikke ble spist.

Mandag morgen ble gjødselbrettet skrapet grundig. Det ble foretatt kvantitativ oppsamling av gjødsel tirsdag, onsdag, torsdag og fredag til samme tid. Ekskrementene ble fryst i plastbokser mellom hver oppsamling, og etter avsluttet oppsamling. Brødrester som ble funnet på gjødselbrettet ble lagt i posen med brødrester fra førtro.

Proseduren med utveiling og tildeling av brød, utveiling av rester og oppsamling av gjødsel ble gjentatt for de tre resterende brødtypene, henholdsvis brød nummer 4, brød nummer 1 og brød nummer 3. Forsøket ble avsluttet fredag 4. februar 2011.

### 3.7.3 Kjemiske analyser

Brødet til hanene ble produsert i sammenheng med produksjon av tilsvarende brød gitt til mennesker. Dermed ble brødet skåret opp hos Idun på en standard brødskjæremaskin av typen Duro MGL 450/12 (JAC, Liege, Belgia). Skalkene og endeskivene ble fjernet slik at de 16 skivene som ble gitt til mennesker hadde lik vekt. Den midterste skiven ble brukt til analyse. Det ble tilfeldig valgt ut 4 skiver fra hver av de 4 brødene med ulikt nivå av erteskillfiber. Brødsnivåene ble så veid og tørket i varmeskap ved 104 ° i et døgn. Retsch Sentrifugal mølle ZM100, F. Kurt Retsch GmbH & co (Haan, Tyskland) ble brukt til å

homogenisere brødene til 0,5 mm. Hver prøve ble analysert for titan. 4 prøver fra samme brød ble slått sammen til 4 representative prøver for hvert brød. De 4 prøvene ble analysert i duplikat for aske, Kjeldahl-N, stivelse, fett og kostfiber etter følgende metoder:

- **Aske:** Malkomesius, P. E. & Nehring, K. (1951). Chemische Untersuchung von Futtermitteln. I: Herrmann, R.(red.) *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch)*. Berlin,Tyskland: Neumann Verlag
- **Kjeldahl-N:** (råprotein beregnet som nitrogen x 6,25) Helrich, K. (1990). Official Method of Analysis. I: *Association of Official Analytical Chemists Inc.* Virginia USA.
- **Stivelse:** McCleary, B. Solah, V. & Gibson, T. (1994). Quantitative measurements of total starch in cereal flours and products. *Journal of Cereal Science*, 20: 51-58.
- **Fett:** Internal method (ISO/EC 17025:2005 SWEDAC 1977 – Eurofins Food & Agro Lidköping
- **Kostfiber:** AOAC 985.29 (ISO/EC 17025:2005 SWEDAC 1977 – Eurofins Food & Agro Lidköping.

#### **3.7.4 Brutto energi i ekskrementer**

Ekskrementer fra hanene ble behandlet på samme måte som beskrevet under punkt 3.5.2 i forsøket med kyllinger.

#### **3.7.5 Statistikk**

Statistikk programmet *Statistical Analysis Software* (SAS) ble brukt til å kjøre enveis variansanalyse der nivå av ertefiber i brød var behandling og OE var respons. Microsoft Excel 2010 ble benyttet til å lage lineær regresjon.

## 4. Resultater

### 4.1 Kylling, produksjonsresultater

I denne avhandlingen blir det bare sett nærmere på effekten av tilsatt enzym i dietten. Effekten av måltidsfôring eller samspillet mellom måltidsfôring og enzym blir ikke nærmere diskutert.

Tabell 6 viser at det var signifikant høyere OE når kyllingene fikk enzym i dietten.

Det var signifikant høyere fôropptak og tilvekst når fôret ble tildelt *ad libitum* både med og uten enzym, sammenlignet med måltidsfôring i perioden 7-21 dager.

I den andre perioden, 21-35 dager, var det signifikant høyere fôropptak når dietten ikke var tilsatt enzym, når effekt av enzym ble statistisk analysert. Det var en tendens ( $P < 0,08$ ) til at fôrutnyttningen (F:G) ble lavere og dermed bedre når det var tilsatt enzym i dietten i denne perioden.

Det ble målt viskositet på prøver fra kro, og duodenum + jejunum fra disseksjonen på dag 35. Det var svært lave nivåer av viskositet som vist i tabell 5.

Tabell 5: Viskositet målt i prøver fra kro, duodenum + jejunum ved tid etter fôring

Tid etter fôr	kro		duodenum + jejunum	
	Måltid + Enzym	Måltid	Måltid + Enzym	Måltid
40	1,00	1,21	1,55	1,75
80	1,02	1,10	2,15	2,11
120	1,00	1,15	1,83	1,88
160	1,00	1,01	2,55	2,04
200	1,04	1,10	2,27	2,44
240	1,00	1,15	2,25	1,94
Gjennomsnitt	1,00	1,10	2,10	2,00

Tabell 6: Tilvekst, fôropptak, fôrutnytting (F:G) for periodene 7-21 dager og 21-35 dager. OE for perioden 7-21 dager.

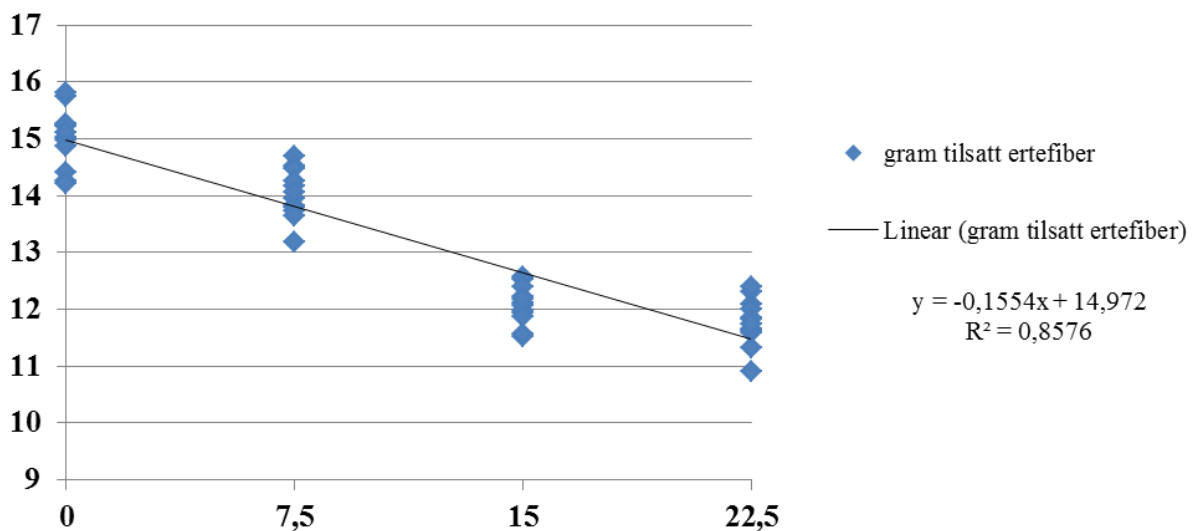
	<i>7-21 dager</i>				<i>21-35 dager</i>		
	Fôropptak (gram)	Tilvekst (gram)	F:G	OE (MJ/kg)	Fôropptak (gram)	Tilvekst (gram)	F:G
<b>Behandling</b>							
<i>Ad libitum</i> + Enzym	1293 <sup>a</sup>	990 <sup>a</sup>	1,31	15,1 <sup>a</sup>	2110	1333	1,58
<i>Ad libitum</i>	1260 <sup>a</sup>	967 <sup>a</sup>	1,30	14,9 <sup>b</sup>	2178	1334	1,63
Måltidsfôring + Enzym	1216 <sup>b</sup>	916 <sup>b</sup>	1,33	15,1 <sup>a</sup>	2015	1257	1,60
Måltidsfôring	1233 <sup>b</sup>	908 <sup>b</sup>	1,36	14,9 <sup>b</sup>	2199	1347	1,63
<i>Root mean square error</i> <sup>1</sup>	45,3	39,8	0,06	0,08	82,6	72,0	0,03
<b>Fôringsregime</b>							
<i>Ad libitum</i>	1277 <sup>a</sup>	978 <sup>a</sup>	1,31 <sup>b</sup>	15	2144	1334	1,61
Måltidsfôring	1225 <sup>b</sup>	912 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	15	2107	1302	1,62
<b>Enzym tilskudd</b>							
Tilsatt enzym	1255	953	1,32	15,1 <sup>a</sup>	2063 <sup>b</sup>	1295	1,59
Uten enzym	1247	937	1,33	14,9 <sup>b</sup>	2188 <sup>a</sup>	1341	1,63
<b>Hoved effekt</b>							
Enzym	NS	NS	NS	<0,0001	0,03	NS	0,08
Fôringsregime	0,0003	<0,0001	0,0158	NS	NS	NS	NS
Fôringsregime × Enzym	0,06	NS	NS	NS	NS	NS	NS

a-b: Verdier med ulik bokstav er signifikant forskjellig,  $P < 0,05$ . <sup>1</sup>: n = 48 for perioden 7-21 dager og n = 12 for perioden 21-35 dager.

## 4.2 Haner, erteskallfiber

Omsettelig energi ble redusert med økende nivå av erteskallfiber i brødene som ble føret til de 12 hanene. Det er vist ved en fallende regresjonslinje i figur 2.

Regresjonsligningen til figuren er  $OE(MJ/kg) = 14,972 - 0,1554 \times \text{gram ertefiber tilsatt/ 100 gram brødtørrstoff}$ .



Figur 2: Omsettelig energi (Y-aksen: OE, MJ/kg) fra brødene (X-aksen: brød nr. 1,2,3,4) med økende nivå av erteskallfiber. Et punkt representerer en måling av OE for hanen ved gitt brød.

$R^2$  for denne ligningen er 0,86. Det betyr at resultatene gitt som redusert omsettelig energi i høy grad (86 %) kan forklares ved økt nivå av erteskallfiber i brødene. Stigningstallet er signifikant forskjellig fra null som vist ved  $P < 0,0001$ . Når det ble tilsatt 1 gram ertefiber per 100 g brødtørrstoff ble energiverdien redusert med 0,16 MJ/kg.

Tabell 7 viser at det er høyest gjennomsnittlig energiinnhold i kontrollbrødet som ikke var tilsatt ertesfallfiber (brød 1). Det er lavest gjennomsnittlig energiinnhold i brødet med høyest nivå av ertefiber.

Tabell 7: Gjennomsnittlig energiinnhold i brød 1-4

<b>Brød</b>	<b>Gjennomsnittlig OE</b>
1	15,0 MJ/kg
2	14,0 MJ/kg
3	12,0 MJ/kg
4	11,7 MJ/kg

## 5. Diskusjon

### 5.1 Bygg som fôr til slaktekylling

Kyllingene i dette forsøket som fikk fôret tildelt *ad libitum* viste gode produksjonsresultater sammenlignet med standarden for hanekyllinger av hybriden Ross 308. Malen for *Ross 308* (*Performance objectives, male, 2012*) viser hvilke resultater det er mulig å oppnå under gode forhold og ved riktig fôring (Aviagen Group 2012).

En sammenligning gjennomsnittet av produksjonsresultatene fra dette forsøket (*ad libitum*) med manualen for Ross 308 er vist i tabell 8.

Tilveksten i perioden 7-21 dager i dette forsøket var 18,7 % høyere enn oppgitt i manualen for Ross 308. I perioden 21-35 dager var det ikke like stor forskjell, da var tilveksten fra dette forsøket 9,8 % høyere.

Fôropptaket for perioden 7-21 dager i dette forsøket var tilsvarende 17,2 % høyere enn manualen. I perioden 21-35 dager var fôropptaket lavere i dette forsøket, og verdien oppgitt i manualen var dermed 6,9 % høyere.

Beregnet F:G (*feed:gain*) basert på tall fra malen viser at fôrutnytting er oppgitt til å være daglig stigende og dermed 1,52 på dag 21. Det er ønskelig med en lav verdi for fôrutnytting (F:G) fordi det betyr at kyllingene vokser godt på minst mulig fôr. Sammenlignet med resultater fra dette forsøket som vel og merke er gjennomsnittlig F:G for perioden 7-21 dager, er F:G 14,5 % høyere i manualen. På dag 35 er F:G oppgitt til 18,2 % høyere i manualen. Dermed har kyllingene i dette forsøket utnyttet fôret godt.

Tabell 8: Oppsummert sammenligning av Ross manual med kyllinger som fikk fôr *ad libitum*

	Tilvekst 7-21, g	Tilvekst 21-35, g	Fôropptak 7-21, g	Fôropptak 21-35, g	F:G 7-21	F:G 21-35
Ross 308 Manual	945 <sub>(d21)</sub>	2250 <sub>(d35)</sub>	1057	2304	1,52	1,97
Byggbasert, <i>Ad libitum</i>	1161 <sub>(d21)</sub>	2495 <sub>(d35)</sub>	1277	2144	1,3	1,61

d21: vekt på dag 21, d35: vekt på dag 35



Når fôrmidler skal testes i forsøk *in vivo* kan det benyttes to dietter der den ene er tilsatt fiberspaltende enzym og den andre er uten tilsetning, slik som i dette forsøket. Dersom resultatene gir signifikant bedre produksjonsresultater for dietten tilsatt enzym kan forskjellen ligge i løselig kostfiber (Scott 1996).

Enzym ble tilsatt diett 2 for å vurdere effekten av dette sammenlignet med en diett uten enzym. Statistisk analyse av produksjonsresultatene fra dette forsøket viser ikke signifikant høyere resultater for individuelle behandlinger med tilsatt enzym innen fôringsregimet, for parameterne fôropptak, tilvekst og fôrutnytting. Det er i uoverensstemmelse med resultater presenter av andre som generelt har vist signifikant bedre produksjonsresultater for dietter med bygg tilsatt enzym sammenlignet med uten tilsatt enzym (Hesselman & Åman 1986; Almirall *et al.* 1995; Svihus & Gullord 2002; Garcia *et al.* 2008).

I dette forsøket var omsettelig energi (MJ/kg) signifikant høyere for dietten tilsatt enzym. Det samsvarer med resultatene fra Ravindran *et al.* (2007) som fôret kyllinger på dietter med eller uten enzym. Ravindran *et al.* (2007) og Wu *et al.* (2004) fikk resultater i forsøk med bygg, i dietter tilsatt enzym, som viste henholdsvis 13,28 MJ/kg TS OE<sub>n</sub> og 13,18 MJ/kg TS OE (12,85 MJ/kg OE<sub>n</sub>). Dietter der stivelsen var karakterisert som voksaktig viste enda lavere verdier for OE med tilsatt enzym; 12,53 og 12,21 MJ/kg TS (Ravindran *et al.* 2007). Byggdietten tilsatt enzym i dette forsøket resulterte i høyere OE, på 15,1 MJ/kg. Når det gjelder forskjellen mellom dietten med og uten tilsatt enzym i dette forsøket, var den henholdsvis 15,1 MJ/kg og 14,95 MJ/kg som vist i tabell 6. Det utgjør en stigning på 1 %. I forsøket til Ravindran *et al.* (2007) var stigningen av OE<sub>n</sub> mellom to dietter uten og tilsatt enzym 5,5 % og 9,2 % i dietter med normal stivelse. Stigningen var høyere når stivelsen var voksaktig i to dietter, på 22,2 % og 23,1 %. Viskositet ble ikke målt direkte, men problemet kan ha vært større og dermed resulterte effekten av enzym i lavere OE enn i dette forsøket, men større prosentvis stigning. Det kan antas at effekten av tilsatt enzym varierer med grad av viskøst tarminnhold som resultat av mengde løselig fiber i dietten (Bedford & Schulze 1998)

Tilveksten i dette forsøket var bedre enn det Yu *et al.* (1998) oppnådde med økende tilskudd av bygg i dietter med og uten tilsatt enzym. Der var det høyeste resultatet for perioden 0-21 dager en tilvekst på 567 g/fugl på dietten med 250 gram bygg i en maisbasert diett tilsatt enzym. Det er mindre bygg enn det som ble brukt i dette forsøket (660 gram bygg/kg fôr). Fôret ble tildelt i melform (Yu *et al.* 1998), noe som har vist dårligere resultater for tilvekst sammenlignet med pelletert fôr (Svihus *et al.* 2004).

Forfatteren påpeker innledningsvis at det er varierende resultater for tilvekst ved bruk av enzymer, og dette kan blant annet henge sammen med hvor mye bygg som ble tilsatt dietten (Yu *et al.* 1998).

Forsøk med tilsvarende nivå av bygg som i dette forsøket har også kunnet vise til bedre produksjonsresultater ved tilsetning av enzym (Hesselman & Åman 1986; Almirall *et al.* 1995). Resultater fra Svihus & Gullord (2002) viste at kyllingene hadde en signifikant høyere tilvekst på dietten basert på bygg (770 gram/kg TS) med tilsatt enzym. Da diettene med og uten enzym ble sammenlignet, var tilveksten (gjennomsnittlig) henholdsvis 612 gram og 537 gram i perioden 7-21 dager. Generelt ble produksjonsresultatene signifikant høyere på dietten tilsatt enzym som vist for tilvekst, fôropptak, fôrutnytting, OE og viskositet. Det samsvarer med funn av Garcia *et al.* (2008) der resultatene på dietten med 50 % bygg med enzym ble tilsvarende som for dietten med 50 % mais i perioden 1-21 dager.

Almirall *et al.* (1995) har i sitt forsøk brukt bygg med tilsvarende nivå som i dette forsøket (600 g/kg). For å vurdere effekten av  $\beta$ -glukanase var diettene satt sammen med bygg som førte til enten høy eller lav viskositet. Innhold av totale  $\beta$ -glukaner i bygg var 3,87 % for «høy» viskositet og 3,23 % for «lav» viskositet. Produksjonsresultatene viste da signifikant høyere tilvekst (g/dag) ved tilsetning av enzym for begge diettene, men bygg med lav viskositet uten tilsetning viste praktisk talt lik tilvekst som høy viskositet med tilsatt  $\beta$ -glukanase. Dette kan forklare at problemet med viskositet er varierende mellom dietter av bygg, og at effekten av enzym kan slå ut forskjellig avhengig av hvor stort problemet er. Bygg med lav viskositet og tilsatt  $\beta$ -glukanase resulterte i lik tilvekst som for den maisbaserte dietten i tråd med resultater av Garcia *et al.* (2008). Kyllingene i forsøket til Almirall *et al.* (1995) viste bare signifikante høyere fôropptak (g/dag) på dietten med tilsatt enzym sammenlignet uten enzym, for bygg med høy viskositet. Viskositet målt i prøver fra tynntarm var derimot signifikant lavere ved tilsetning av enzym i begge diettene med bygg. Dette ga tilsynelatende utslag i høyere tilvekst for bygg med lav viskositet, men både fôropptak og tilvekst ble høyere i bygg med høy viskositet. Dette kan også være med å indikere at effekten av  $\beta$ -glukanase er mer omfattende når problemet er større.

Resultater fra viskositetsmålinger av prøver fra tynntarmen i dette forsøket viste lave verdier for viskositet (tabell 5). Viskositet ble målt til å variere mellom 1,55-2,55 cp, og variasjoner innen så lave verdier gir ikke nevneverdige resultater for annet enn OE basert på dette forsøket.

Når partiet med bygg som benyttes i fôret ikke fører til viskositet i tarmen, kan det vurderes om det er nødvendig med enzym som skal forbedre forholdene, spesielt hvis det ikke gir utslag i høyere produksjon. Det kan også vurderes om høyere registrert OE alene er grunn nok for å tilsette enzym. Resultater fra Svihus & Gullord (2002) viste negativ korrelasjon mellom viskositet og OE, men resultater fra målt viskositet varierte da mellom 8,8-53.0 cp for dietter med bygg uten tilsatt enzym noe som var høyere enn i dette forsøket.

Viskositet er nevnt som et dårlig mål på produksjonsresultater (Bedford & Schulze 1998). I dette tilfellet samsvarte de gode produksjonsresultatene med den lave viskositeten i tynntarmen da kyllingene ble slaktet. Det er vist at kyllingene tåler noe viskositet i tynntarmen uten at det hemmer fordøyelse og vekst nevneverdig (Choct & Annison 1992). Med hensyn til de lave verdiene for viskositet i prøver fra dette forsøket, er det trolig ikke forklaringen på de gode resultatene. Viskositet i tynntarmen var i følge målingene ikke noe problem i dette forsøket (tabell 5).

Fôropptaket var ikke signifikant høyere ved tilsatt enzym i den første perioden (7-21 dager), men det er høyt sammenlignet med tidligere forsøk (Vranješ *et al.* 1994; Svihus & Gullord 2002). I overensstemmelse med dette forsøket er det vist at fôropptak ikke var signifikant høyere som følge av tilsatt enzym i dietten (Vranješ *et al.* 1994; Garcia *et al.* 2008).

Svihus & Gullord (2002) fikk derimot resultater som viste signifikant høyere fôropptak på dietten tilsatt enzym. Det kan tenkes at siden fôropptaket allerede var så høyt i dette forsøket var det fordøyelseskanalens fysiske kapasitet som begrenset kyllingene og ikke viskositet. Dersom fôropptaket begrenses fordi fordøyelse og videre transport gjennom fordøyelseskanalen hemmes av viskositet, vil en redusert viskositet kunne forklare et økt opptak.

Resultat fra Svihus & Gullord (2002) viste signifikant negativ korrelasjon mellom fôropptak og OE når dietten var tilsatt enzym. Et økt opptak av energi som følge av redusert viskositet kan ha ført til lavere fôropptak fordi kyllingene fikk dekt energibehovet sitt og dermed ikke trengte ta opp mer fôr. I dette forsøket ble OE registrert i første periode (7-21 dager). Dersom resultatet var gjeldende for andre periode (21-35 dager) kan det tyde på en sammenheng mellom høyere OE og signifikant lavere fôropptak for kyllinger som fikk enzym i dietten sammenlignet med de som ikke fikk enzym i dietten. Signifikant høyere OE ved tilsatt enzym støttes av tendens ( $P < 0,08$ ) til bedre F:G med enzym i dietten i perioden 21-35 dager.

Årsaken til at det ikke var effekt av enzym på tilvekst og fôrutnytting i dette forsøket kan skyldes at det ikke var nok løselig kostfiber som førte til problemer med viskøst tarminnhold i batchen med bygg som ble brukt (Yu *et al.* 1998). Det er kjent at ulike prøver av bygg kan gi svært varierende resultater for viskositet (Svihus *et al.* 2000). Analyser i litteraturen som presenterer innhold av kostfiber i bygg viser at det er variasjon (Bach Knudsen 1997; Svihus & Gullord 2002; Holtekjølen *et al.* 2006). Innholdet av  $\beta$ -glukaner i bygg kan påvirkes av både lokale forhold og klima samt med innhold og type stivelse (Holtekjølen *et al.* 2006; Izydorczyk & Dexter, 2008).

Yu *et al.* (1998) anbefaler i sin avhandling at det analyseres for innholdet av  $\beta$ -glukaner i fôret før tilsetning av enzym, noe som ikke ble gjort i dette forsøket. Almirall *et al.* (1995) viste at viskositet ikke nødvendigvis henger sammen med innhold av  $\beta$ -glukaner som vist ved to sorter som hadde likt innhold, men resulterte i forskjellig viskositet. Det ble ikke utført noen analyse for innhold av kostfiber. Dermed er ikke usannsynlig at det partiet med bygg som ble brukt i dette forsøket inneholdt lite løselig kostfiber.

Det er tidligere vist at kyllinger kan utnytte løselig kostfiber ved fermentering (Jozefiak *et al.* 2004) og at  $\beta$ -glukaner brytes ned i blindtarmene (Hesselman & Åman 1986). Denne fermenteringen er trolig ikke så omfattende, noe Hesselman & Åman (1986) påpeker i sin avhandling med bakgrunn i at  $\beta$ -glukaner utgjør en forholdsvis liten andel av kornet. Enzym kan ha effekt både ved å redusere viskositet i tynntarm, men også bistå fermentering i blindtarmene fordi det øker tilgjengelighet av materiale for mikrofloraen (Choct *et al.* 1996; Choct *et al.* 1999).

I forsøket som sammenlignet fermentering hos kylling, and og gås viste resultatene at kyllingen hadde lavest pH og høyest konsentrasjon av kortkjedede fettsyrer i blindtarmene (Jamroz *et al.* 2002). Resultater var på bakgrunn av en diett med 40 % bygg som inneholdt ca. 14 % NSP og 1,8 %  $\beta$ -glukaner uten tilsatt enzymer, og viste at kyllingene hadde høyest konsentrasjon av kortkjedede fettsyrer i blindtarmene sammenlignet med tynntarmen og tjukktarmen. Fermenteringen av total NSP i blindtarmen bidro med gjennomsnittlig 3,5 % av OE (Jamroz *et al.* 2002). Dersom det var tilfelle i dette forsøket utgjorde 3,5 % av OE for kyllingene som fikk enzym i dietten 0,5 MJ/kg. Det ble vist signifikant høyere OE for dietten med enzym og dette utgjorde 0,2 MJ/kg (tabell 6). Dermed kan det tolkes som at fermentering kan bidra betydelig til den energien som utgjorde forskjellen mellom dietten med og uten tilsatt enzym.

Et annet forsøk som vurderte effekten av ulike kornsorter med og uten tilsatt enzym til slaktekylling, kunne ikke vise effekt av tilsatt enzym på konsentrasjon av kortkjedede fettsyrer i blindtarmene (Jözefiak *et al.* 2007).

I den første perioden(7-21 dager) viste kyllingene høyest fôrutnytting på ca. 1,3 noe som er normalt sammenlignet med malen og samsvarer med resultat fra Svihus & Gullord (2002). I neste periode (21-35 dager) hadde F:G steget til 1,6 og fôrutnytting var dermed lavere, men dette er bedre enn resultater fra Vranješ *et al.* (1994). Når kyllingen blir eldre må noe av fôret dekke vedlikehold, og dermed trengs det mer fôr per gram tilvekst.

I den første perioden var det ikke signifikant høyere fôrutnytting med tilsatt enzym noe som er i uoverensstemmelse med andre (Garcia *et al.* 2008). I den andre periode var det som nevnt en tendens ( $P < 0,08$ ) til at fôrutnytting ble høyere når dietten var tilsett enzym. Kyllingene i dette forsøket utnyttet fôret godt i begge periodene sammenlignet med malen, på tross av at dietten var basert på bygg. Når det gjelder fôrutnytting og tilvekst hos slaktekyllinger har utviklingen vært enorm de siste årene (Bedford & Cowieson 2012), og basert på dette forsøket ser resultatet ut til å være en kylling som har god tilvekst og utnytter fôret godt.

En siste vurdering som ikke ble tatt med i dette forsøket, men som har betydning i slaktekyllingproduksjonen, er rene kyllinger. Det er vist at kyllingene som fikk enzym i dietten ble ansett som renere, basert på score (Svihus & Gullord 2002). Det ble ikke utført en objektiv vurdering av hvor rene kyllingene var i dette forsøket, men de ble oppfattet som rene. Det ble ikke registrert våtere strø eller klissete avføring hos kyllingene på dietten uten tilsatt enzym, noe som kan være et problem med bygg i dietten (Yu *et al.* 1998). Det kan være flere årsaker til klissete ekskrementer som for eksempel skade på tarmen dermed reduser absorpsjon av væske. Økt utskillelse av slim (*mucus*) som følge av løselig fiber og viskositet kan også medføre dette problemet (Collett 2012).

## 5.2 Effekt av erteskallfiber på energiverdi for voksne haner

Resultatene etter beregnet OE fra haner som fikk brød med økende nivå av erteskallfiber viser signifikant redusert energiverdi. Det samsvarer med andre resultat som har vist at høyt innhold av uløselig kostfiber reduserer energiverdien av fôret (Jørgensen *et al.* 1996). Resultatene i dette forsøket bekrefter hypotesen om at erteskall inngår som en «fyllefaktor» som ikke bidrar med energi i fôret. Tilsvarende er vist for fordøyelig energi i humanforsøk med de samme brødene (Tokvam Aas, 2011). Det er også vist at økt tilsetning av uløselig kostfiber i dietten til gris reduserte energiverdien (Bach Knudsen 2001).

Kjemisk analyse viste at det var en liten andel protein og stivelse i erteskallet, henholdsvis 3,6 % og 0,8-2,5 % (avhengig av analysemetode) som vist i vedlegg 1. EU-ligningen for beregning av omsettelig energi oppgir faktorer for hvor mye de energigivende næringsstoffene bidrar med:

$$\text{OE, MJ/kg} = 0,3431 \times \% \text{ fett} + 0,1551 \times \% \text{ protein} + 0,1669 \times \% \text{ stivelse} + 0,1301 \times \% \text{ sukker}$$

Figur 3: EU-ligning for OE (Svihus 1997)

Basert på denne ligningen blir OE for erteskallfiber (uten fett og sukker), 0,77-0,98 MJ/kg (avhengig av stivelsesanalysen). Ut fra ligningen bidrar fett med mest energi av de energigivende næringsstoffene, og stivelse bidrar med litt mer enn protein. Andelen stivelse og protein utgjør så lite av erteskallfiber og bidrar med så lite energi, og kan dermed være med og forklarer den reduserte energiverdien av brødet når dette tilsettes.

Fordøyelighet av erteskall i forsøk med haner er funnet til å være 6 og 4 % (forskjellig behandling av prøvene) (Longstaff & McNab, 1989). Dette bekreftes av Carrè *et al.* (1995) som i forsøk med haner og slaktekylling fant under 6 % fordøyelighet av NSP i diett med erter.

Det er vist at fermentering hos kylling, and og gås kan bidra med gjennomsnittlig 3,5 % av omsettelig energi fra NSP (Jamroz *et al.* 2002). I forsøk med kyllinger som fikk 375 g/kg ertefiber i dietten utgjorde kortkjedede fettsyrer i ekskrementene ca. 2 % av OE (Jørgensen *et al.* 1996)

Fiber fra erteskallet i dette forsøket fermentert ikke i nevneverdig grad med hensyn til synkende OE. Det er også vist at uløselig fiber øker passasjehastighet gjennom fordøyelseskanalen når det blir gitt i fôret som fine partikler (Svihus 2011). Dermed kan mulig nødvendig oppholdstid for fermentering begrenses. Energikostnaden i forbindelse med fordøyelse og transport av erteskallfiber er muligens så høy at energi fra fermentering ikke kan kompensere for dette. Det er vist i forsøk med respirasjonskammer at varmeproduksjonene fra slaktekylling steg signifikant i forhold til omsettelig energi når de ble fôret på ertefiber (Jørgensen *et al.* 1996). Det ble også vist at (total) fordøyelighet av TS og organisk stoff sank med økt nivå av ertefiber i dietten.

Energiverdien fra kortkjedede fettsyrer etter fermentering er svært lav sammenlignet med fordøyelse og absorpsjon av monosakkarider, og dette vil redusere energiverdien av fôret (Bach Knudsen 2001). Den energien hanene kunne utnytte da de ble fôret med brød kom i hovedsak fra de andre ingrediensene i brødet.

## 6. Konklusjon

Til dette forsøket ble det satt opp to hypoteser:

1. Produksjonsresultatene er høyere når det tilsettes enzym som inneholder  $\beta$ -glukanase til et byggbasert kraftfôr, sammenlignet med det samme fôret uten tilsatt enzym.
2. Tilsetning av «fyllstoff», her i form av erteskillfiber, vil redusere energiverdien i fôret proporsjonalt med tilsetningen

Energiverdien av fôret uttrykt ved OE ble signifikant høyere ved tilsetning av enzym.

Produksjonsresultatene som vist ved fôropptak, tilvekst og fôrutnytting ble ikke signifikant høyere ved tilsetning av enzym i dette forsøket. Basert på dette forsøket er bygg en brukbar kornsort i fôr til slaktekyllinger, på tross av at kornsorten er kjent for sitt høye innhold av løselig kostfiber og dermed problemer med viskositet.

Tilsetning av fiber fra erteskill reduserte energiverdien i fôret proporsjonalt med tilsetningen i brød til voksne haner.



## Referanser

- AgriMarin Nutrition. (2012). Tilgjengelig fra: <http://www.agrimarin.no/>.
- Almirall, M. Francesch, M. Perezvendrell, A. M. Brufau, J. & Estevegarcia, E. (1995). The differences in intestinal viscosity produced by barley and beta-glucanase alter digesta enzyme-activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks. *Journal of Nutrition*, 125 (4): 947-955.
- Amerah, A. M. Gilbert, C. Simmins, P. H. & Ravindran, V. (2011). Influence of feed processing on the efficacy of exogenous enzymes in broiler diets. *Worlds Poultry Science Journal*, 67 (1): 29-46.
- Animalia. (2012). Tilgjengelig fra: <http://www.animalia.no/Om-Animalia/>.
- Annison, E. F. Hill, K. J. Kenworthy, R. (1968). Volatile fatty acids in the digestive tract of the fowl. *British Journal of Nutrition*, 22: 207-216.
- Aviagen Group. (2007). *Ross 308 Broiler: Nutrition specification 2007*. Tilgjengelig fra: [http://en.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross\\_308\\_Broiler\\_Nutrition\\_Spec.pdf](http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross_308_Broiler_Nutrition_Spec.pdf)
- Aviagen Group. (2012). *Ross 308 Performance objectives, male* Tilgjengelig fra: [http://en.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross308BroilerPerfObj2012R1.pdf](http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross308BroilerPerfObj2012R1.pdf)
- Bach Knudsen, K. E. (1997). Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 67 (4): 319-338.
- Bach Knudsen, K. E. (2001). The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 90 (1–2): 3-20.
- Bacic, A. & Stone, B. A. (1981). Chemistry and Organization of Aleurone Cell Wall Components From Wheat and Barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, 8 (4-5): 475-495.
- Barletta, A. (2010). Introduction: Current market and expected developments. I: Bedford, M. R. & Partridge, G. (red.) *Enzymes in farm animal nutrition* s. 319: [www.cabi.org](http://www.cabi.org).
- Bedford, M. R. (2000). Exogenous enzymes in monogastric nutrition — their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86 (1–2): 1-13.
- Bedford, M. R. & Schulze, H. (1998). Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews* 11 (01): 91-114.

- Bedford, M. R. & Cowieson, A. J. (2012). Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. *Animal Feed Science and Technology*, 173 (1–2): 76-85.
- Canibe, N. & Bach Knudsen, K. E. (2002). Degradation and physicochemical changes of barley and pea fibre along the gastrointestinal tract of pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82 (1): 27-39
- Carrè, B. Gomez, J. & Chagneau, A. M. (1995). Contribution of oligosaccharide and polysaccharide digestion, and excreta losses of lactic acid and short chain fatty acids, to dietary metabolisable energy values in broiler chickens and adult cockerels. *British Poultry Science*, 36 (2): 611-629.
- Castell, A. G. Guenter, W. & Igbasan, F. A. (1996). Nutritive value of peas for nonruminant diets. *Animal Feed Science and Technology*, 60 (3–4): 209-227.
- Champ, M., Langkilde, A.-M., Brouns, F., Kettlitz, B. & Le Bail Collet, Y. (2003). Advances in dietary fibre characterisation. 1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. *Nutrition Research Reviews*, 16: 71-82.
- Choct, M. & Annison, G. (1992). Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science*, 33 (4): 821-834.
- Choct, M. Hughes, R. J. Wang, J. Bedford, M. R. Morgan, A. J. & Annison, G. (1996). Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *British Poultry Science*, 37 (3): 609-621.
- Choct, M. Hughes, R. J. & Bedford, M. R. (1999). Effects of xylanase on individual bird variation, starch digestion throughout the intestine, and ileal and caecal volatile fatty acid production in chickens fed wheat. *British Poultry Science*, 40 (3): 419-422.
- Collett, S. R. (2012). Nutrition and wet litter problems in poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 173 (1–2): 65-75.
- Cowieson, A. J. Hruby, M. & Pierson, E. E. M. (2006). Evolving enzyme technology: impact on commercial poultry nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 19 (1): 90-103.
- Englyst, H. (1989). Classification and measurement of plant polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*, 23 (1–3): 27-42.
- Farrell, D. J. (1978). Rapid determination of metabolisable energy of foods using cockerels. *British Poultry Science*, 19: 303-308.

- Gajdošová, A. Petruláková, Z. Havrlentová, M. Červená, V. Hozová, B. Šturdík, E. & Kogan, G. (2007). The content of water-soluble and water-insoluble  $\beta$ -d-glucans in selected oats and barley varieties. *Carbohydrate Polymers*, 70 (1): 46-52.
- Garcia, M. Lazaro, R. Latorre, M. A. Gracia, M. I. & Mateos, G. G. (2008). Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poultry Science*, 87 (5): 940-948.
- Hesselman, K. & Åman, P. (1986). The effect of  $\beta$ -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low- or high-viscosity. *Animal Feed Science and Technology*, 15 (2): 83-93.
- Holtekjølen, A. K. Uhlen, A. K. Bråthen, E. Sahlstrøm, S. & Knutsen, S. H. (2006). Contents of starch and non-starch polysaccharides in barley varieties of different origin. *Food Chemistry*, 94 (3): 348-358.
- Izydorczyk, M. S. & Biliaderis, C. G. (1995). Cereal arabinoxylans: advances in structure and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 28 (1): 33-48.
- Izydorczyk, M. S. Macri, L. J. & MacGregor, A. W. (1998). Structure and physicochemical properties of barley non-starch polysaccharides — I. Water-extractable  $\beta$ -glucans and arabinoxylans. *Carbohydrate Polymers*, 35 (3–4): 249-258.
- Izydorczyk, M. S. & Dexter, J. E. (2008). Barley  $\beta$ -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Research International*, 41 (9): 850-868.
- Jamroz, D. Jakobsen, K. Knudsen, K. E. B. Wiliczkeiwicz, A. & Orda, J. (2002). Digestibility and energy value of non-starch polysaccharides in young chickens, ducks and geese, fed diets containing high amounts of barley. *Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular and Integrative Physiology*, 131 (3): 657-668.
- Jeroch, H. & Dänicke, S. (1995). Barley in poultry feeding: a review. *World's Poultry Science Journal*, 51 (3): 271-291.
- Jiménez-Moreno, E. Chamorro, S. Frikha, M. Safaa, H. M. Lázaro, R. & Mateos, G. G. (2011). Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance, development of the gastrointestinal tract, and nutrient retention of broilers from one to eighteen days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 168 (1–2): 100-112.
- Jozefiak, D. Rutkowski, A. & Martin, S. A. (2004). Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113 (1-4): 1-15.
- Józefiak, D., Rutkowski, A., Jensen, B. B. & Engberg, R. M. (2007). Effects of dietary inclusion of triticale, rye and wheat and xylanase supplementation on growth

- performance of broiler chickens and fermentation in the gastrointestinal tract. *Animal Feed Science and Technology*, 132 (1–2): 79-93.
- Jørgensen, H., Zhao, X.-Q., Bach Knudsen, K. E. & Eggum, B. O., (1996). The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 75 (3), pp 379-395
- Langhout, D. J. Schutte, J. B. de Jong, J. Sloetjes, H. Verstegen, M. W. A. & Tamminga, S. (2000). Effect of viscosity on digestion of nutrients in conventional and germ-free chicks. *British Journal of Nutrition*, 83 (5): 533-540.
- Longstaff, M. & McNab, J. M. (1989). Digestion of fibre polysaccharides of pea (*Pisum sativum*) hulls, carrot and cabbage by adult cockerels. *British Journal of Nutrition*, 62: 563-577
- McDonald P., Edwards RA., Greenhalg, J. & Morgan, C. (2002). *Animal Nutrition*. 6 utg.: PEARSON Prentice hall 693 s.
- Montagne, L. Pluske, J. R. & Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108 (1–4): 95-117.
- Moran, E. T. Jr. (2006). Anatomy, Microbes, and Fiber: Small Versus Large Intestine. *The Journal of Applied Poultry Research*, 15 (1): 154-160.
- Norsk Landbrukssamvirke. (2011). *Aktuelle tall 2011*. Tilgjengelig fra: [http://www.landbruk.no/kunder/landbruk/mm.nsf/lupgraphics/Aktuelle%20tall%2011%20webversjon.pdf/\\$file/Aktuelle%20tall%202011%20webversjon.pdf](http://www.landbruk.no/kunder/landbruk/mm.nsf/lupgraphics/Aktuelle%20tall%2011%20webversjon.pdf/$file/Aktuelle%20tall%202011%20webversjon.pdf)
- Ralet, M. C. Della Valle, G. & Thibault, J. F. (1993). Raw and extruded fibre from pea hulls. Part I: Composition and physico-chemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 20 (1): 17-23.
- Ravindran, V. Tilman, Z. V. Morel, P. C. H. Ravindran, G. & Coles, G. D. (2007). Influence of  $\beta$ -glucanase supplementation on the metabolisable energy and ileal nutrient digestibility of normal starch and waxy barleys for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 134 (1–2): 45-55.
- Scott, T. A. (1996). Assessment of energy levels in feedstuffs for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 62 (1): 15-19.
- SAS Institute. 2006. SAS/STAT User's Guide Release 9.1. SAS Inst. Inc. Cary, NC

Short, F. J. (1996). Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal Feed Science and Technology*, 59 (4): 215-221

Statistisk Sentralbyrå (2012). Tilgjengelig fra:

[http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default\\_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=04607](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=04607).

- Svihus, B. (1997) Energiverdi av fôr til fjørfe og svin- en diskusjon og sammenligning av energivurderingssystemer. Foredragsnotat. *Institutt for husdyrfag, Norges Landbrukshøgskole*
- Svihus, B. Herstad, O. & Newman, C. W. (1997a). Effect of high-moisture storage of barley, oats, and wheat on chemical content and nutritional value for broiler chickens. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 47 (1): 39-47.
- Svihus, B. Newman, C. W. Newman, R. K. & Selmer-Olsen, I. (1997b). Changes in extract viscosity, amino acid content, and soluble and insoluble  $\beta$ -glucan and dietary fibre content of barley during different high moisture storage conditions. *Animal Feed Science and Technology*, 64 (2-4): 257-272.
- Svihus, B. Edvardsen, D. H. Bedford, M. R. & Gullord, M. (2000). Effect of methods of analysis and heat treatment on viscosity of wheat, barley and oats. *Animal Feed Science and Technology*, 88 (1-2): 1-12.
- Svihus, B. & Gullord, M. (2002). Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 102 (1-4): 71-92.
- Svihus, B., Kløvstad, K. H., Perez, V., Zimonja, O., Sahlström, S., Schüller, R. B., Jeksrud, W. K. & Prestløkken, E. (2004). Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Animal Feed Science and Technology*, 117 (3-4): 281-293.
- Svihus, B. (2010). Effect of digestive tract conditions, feed processing and ingredients on response to NSP enzymes. I: Bedford, M. R. & Partridge, G. (red.) *Enzymes in farm animal nutrition*, s. 129-159: [www.cabi.org](http://www.cabi.org).
- Svihus, B. (2011). The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *Worlds Poultry Science Journal*, 67 (2): 207-223.
- Tokvam Aas, R. (2011). *Effekt av fibertilsetning i brød på energiinnhold og glukoserespons*: Universitet for Miljø- og biovitenskap, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. 59 s.

- Van der Wielen, P. W. J. J. , Biesterveld, S., Notermans, S., Hofstra, H., Urlings, B. A. P., Van Knapen, F. (2000). Role of Volatile Fatty Acids in Development of the Cecal Microflora in Broiler Chickens during Growth. *Applied and Environmental Microbiology*, 66 (6) 2536-2540
- Vranješ, M. V. Pfirter, H. P. & Wenk, C. (1994). Influence of processing treatment and type of cereal on the effect of dietary enzymes in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*, 46 (3-4): 261-270.
- Whistler, R. L. & BeMiller, J. N. (1997). *Carbohydrate chemistry for food scientists*: American Association of Cereal Chemists, Inc. 241 s.
- Wu, Y. B. Ravindran, V. & Hendriks, W. H. (2004). Influence of exogenous enzyme supplementation on energy utilisation and nutrient digestibility of cereals for broilers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (14): 1817-1822.
- Yu, B. Hsu, J.-C. & Chiou, P. W. S. (1998). Effects of  $\beta$ -glucanase supplementation of barley diets on growth performance of broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 70 (4): 353-361.

## **Vedlegg 1**



**Analysebevis**  
 AgriMarin Produksjon  
 Erter skall fiber

Analyses	Value	Tørrstoff basis		Method	Lab
Prot	3,6		%	Kjel	FKRA
Vann	9,5	90,50	%	Tørk	FKRA
Aske	2,6		%	Ovn	FKRA
NDF	66,43	73,40	%	Anko	FKRA
Stiv	2,5		%	Ewers	Analycen
Stiv	0,8		%	Enzym	Analycen
Fett	0		%	Sox	FKRA
Fiber	83,5	92,27	%	Kost	Analycen
Ca	0,45		%	EKS	FKRA
Na	0,06		%	EKS	FKRA
Mg	0,3		%	EKS	FKRA
K	0,51		%	EKS	FKRA
P	<0,05		%	EKS	FKRA
S	0,373		g/kg	EKS	Analycen
Mn	<5		mg/kg	EKS	Analycen
Zn	10		mg/kg	EKS	Analycen
Cu	<3		mg/kg	EKS	Analycen
Se	0,01		mg/kg	EKS	Analycen
Fe	38		mg/kg	EKS	Analycen
ADF	63,8	70,05	%	EKS	Analycen