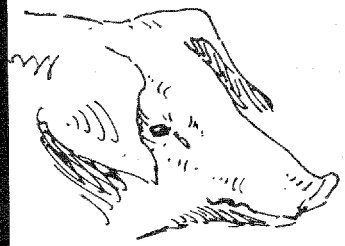
Landbrugsministeriet
Statens Husdyrbrugsforsøg

Varmebehandlet korn til smågrise

Heat-treated cereals for piglets

Statens Husdyrbrugsforsøg
Biblioteket
04 MAJ 1990



Ellen-Margrethe Vestergaard &
Viggo Danielsen

E. E. Jacobsen & Verner Rasmussen

674 Beretning Foulum 1990

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele. Telf.: 86 65 25 00

Institutionens mål er gennem forskning vedrørende avl, ernæring og miljø m.v. at øge den biologiske viden på husdyrbrugsområdet samt at udvikle nye metoder og ny teknik til fremme af dansk husdyrbrug.

Forskningen finansieres over statsbudgettet suppleret med bevillinger fra statslige og private fonde og landbrugets organisationer. Institutionen består af følgende afdelinger:

Dyrefysiologi og biokemi
Forsøg med kvæg og får
Forsøg med svin og heste
Forsøg med fjerkræ og kaniner
Forsøg med pelsdyr
Landbrugsdrift

Administration og sekretariat for Statens Husdyrbrugsudvalg

NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele, Denmark
Telephone: +45 86 65 25 00

The aim of the institute is to investigate genetical, nutritional and environmental factors in farm animal production and to develop new methods and technology for the promotion of animal husbandry in Denmark.

The institute is financed by the State budget supplemented by grants from governmental, agricultural and private foundations.

The institute consists of the following departments:

Animal Physiology and Biochemistry
Research in Cattle and Sheep
Research in Pigs and Horses
Research in Poultry and Rabbits
Research in Fur Animals
Farm Management

Administration and Secretariat for the National Committee of Animal Husbandry.

ISSN 0105-6883

674 Beretning fra
Statens Husdyrbrugsforsøg
Report from the National Institute of Animal Science, Denmark

Ellen-Margrethe Vestergaard & Viggo Danielsen
Afdelingen for Forsøg med Svin og Heste

E. E. Jacobsen & Verner Rasmussen
Bioteknisk Institut

Varmebehandlet korn til smågrise

Heat-treated cereals for piglets

With English summary and subtitles

Manuskriptet afleveret marts 1990

I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 Frederiksberg C.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri a·s 1990

INDHOLDSFORTEGNELSE

FORORD 4
SAMMENDRAG 5
SUMMARY 7

1. INDLEDNING 9

2. FORSØG MED FORSKELLIGE VARMEBEHANDLINGSMETODER 13
(FORSØG 1)
2.1 Indledning 13
2.2 Materiale og metoder 14
2.2.1 Varmebehandling af kornet 14
2.2.2 Analyser af foder 16
2.2.3 Forsøgets gennemførelse med grise 17
2.3 Resultater 19
2.3.1 Analyser af foder og forsøg med rotter.... 19
2.3.2 Produktionsresultater på grise 23
2.4 Diskusssion og delkonklusion 26

3. FORSØG MED TROMLEOPVARMNING AF HVEDE, RUG OG BYG 29
(FORSØG 2, 3 OG 4)
3.1 Indledning 29
3.2 Materiale og metoder 29
3.2.1 Beskrivelse af teknikken ved varme- og efterbehandling af kornpartierne 29
3.2.1.1 Forsøg 2 (tromleopvarmet hvede).. 32
3.2.1.2. Forsøg 3 (tromleopvarmet rug).... 33
3.2.1.3. Forsøg 4 (tromleopvarmet byg).... 34
3.3 Resultater 35
3.3.1 Resultater af forsøg 2 (tromleopv. hvede). 35
3.3.2 Resultater af forsøg 3 (tromleopv. rug) .. 40
3.3.3 Resultater af forsøg 4 (tromleopv. byg) .. 44
3.4 Diskussion og delkonklusion..... 48

4. **FORSØG MED TILDELING AF EKSTRUDERET FODERKORN TIL GRISE FRAVÆNNET VED 2, 3, 4 ELLER 5 UGERS ALDER** 53
(FORSØG 5)
4.1 Indledning 53
4.2 Materiale og metode 53
4.3 Resultater 55
4.4 Diskussion og delkonklusion 58

5. **SAMLET DISKUSSION OG KONKLUSION** 59

REFERENCER 62
ORDLISTE (LIST OF TRANSLATIONS)..... 65
APPENDIX A 68
APPENDIX B 69
APPENDIX C 71

FORORD

Beretningen omfatter fem forsøg med varmebehandlet korn i foderblandinger til smågrise. De fire først refererede forsøg er gennemført i samarbejde med Bioteknisk Institut, mens det femte er udført af Statens Husdyrbrugsforsøg alene. I de af samarbejdet omfattede forsøg har Bioteknisk Institut været ansvarlig for den tekniske behandling af kornet samt registreringer og visse analyser i forbindelse hermed. Fremstilling af foderblandinger og gennemførelse af forsøgene med grise blev forestået af Statens Husdyrbrugsforsøg i besætningerne på Forsøgsanlæg Foulum og Danske Slagteriers forsøgsstation Sjælland III. Rotteforsøg til estimering af foderblandingernes protein- og energiværdi blev foretaget af Bjørn Eggum, afd. for dyrefysiologi og biokemi.

Ved forsøgenes gennemførelse samt opgørelse og analyse af resultater medvirkede Anders Eklundh Larsen og Arne Rask. Manuskriptet er renskrevet af Aase Sørensen.

Afdelingen vil gerne takke alle, der har medvirket, for et godt samarbejde omkring de her omtalte forsøg.

Forsøgsanlæg Foulum
Marts 1990

Henning Staun

SAMMENDRAG

Projektets formål var ved forsøg med fravænnede grise at undersøge indflydelsen af varmebehandlet korn i foderet på grisenes produktionsresultater. Desuden var det målet ved hjælp af rotter at undersøge fordøjeligheden af protein og energi i det varmebehandlede korn. Endelig var det formålet at karakterisere varmebehandlingens effekt på kornet.

Projektet blev gennemført i fem delforsøg. Det første forsøg omfattede en sammenligning af fem forskellige varmebehandlingsmetoder (ekstrudering, dampkogning, trykkogning, tromleopvarmning og mikronisering) anvendt på byg. De næste tre forsøg omhandlede varmebehandling af henholdsvis hvede, rug og byg på en tromletørrer ved forskellige temperaturer. Det sidste forsøg omfattede tildeling af ekstruderet korn til grise fravænnet ved forskellig alder.

I forsøg 1 blev de varmebehandlede bygpartier anvendt i et produktionsforsøg med grise i alderen 3 - 7 uger. Fordøjeligheden af energi og protein i partierne blev undersøgt ved rotteforsøg. Varmebehandlingens effekt på kornet blev analyseret.

I forsøgene 2, 3 og 4 blev henholdsvis hvede, rug og byg, der var behandlet på en tromletørrer, anvendt til grise fra 3 - 7 uger. Dette korn var varmebehandlet ved stigende temperaturer, og halvdelen af partierne blev tilsat beskyttet fedt i umiddelbar forlængelse af opvarmningen. Varmebehandlingens effekt på kornet blev analyseret, og grisenes produktionsresultater registreret.

I forsøg 5 blev ekstruderet foderkorn anvendt til grise, der var fravænnet ved enten 2, 3, 4 eller 5 uger. Grisenes produktionsresultater ved fodring med henholdsvis ekstruderet eller ubehandlet korn blev sammenlignet fra 2 indtil 7 ugers alderen.

Resultaterne viste, at stivelsens forklistringsgrad kunne hæves til nær 100% ved både ekstrudering og varmebehandling på en tromletør-

rer. Der blev imidlertid ikke fundet nogen sammenhæng mellem forklistringsgrad og grisenes produktionsresultater.

Forsøg 1 viste en tendens til højere daglig tilvækst hos grise, der fik varmebehandlet korn - med undtagelse af ekstruderet byg. Forbedringen var dog kun signifikant for holdet, der fik trykkogt korn. Foderoptagelsen var ligeledes størst for holdene, der fik varmebehandlet byg (dog mindre end kontrolholdets for ekstruderet byg). Derfor havde varmebehandlingen ingen signifikant betydning for foderudnyttelsen. Balanceforsøg med rotter viste generelt en mindre reduktion af proteinkvaliteten i byg efter varmebehandling. Forringelsen var dog ikke signifikant for byggen, der var trykkogt.

I de tre forsøg, hvor varmebehandling på tromletørrer ved forskellige temperaturer samt med eller uden tilsætning af beskyttet fedt blev anvendt på hvede, rug og byg, blev der ikke opnået forbedringer af grisenes produktionsresultater. For alle tre kornarters vedkommende var resultaterne bedst hos de grise, der fik uopvarmet korn. Der blev iagttaget en udtalt tendens til harskning af varmebehandlet korn, som ikke blev tilsat beskyttet fedt. Der blev dog ikke fundet nogen positiv effekt på grisenes produktionsresultater ved tilsætning af beskyttet fedt til kornet i forlængelse af varmebehandlingen.

I det sidste forsøg blev der ikke opnået nogen fordel ved tildeling af ekstruderet foderkorn fra 2 - 7 ugers alderen uanset grisenes fravænningsalder.

Fodringsforsøgene med smågrise viste således ikke nogen generelle fordele ved fodring med varmebehandlet korn. I adskillige tilfælde blev foderudnyttelsen forringet ved anvendelsen.

SUMMARY

The purpose of the present project was to investigate the influence of heat-treated cereals in piglets' feed. The effect on feed intake, gain, and feed conversion efficiency of the piglets was studied. Furthermore, it was the aim by means of rats to examine the digestibility of protein and energy in the heat-treated cereals. Finally, it was the purpose to characterize the effect of heat treatment on the cereals.

The study was carried out in five separate trials. The first one included a comparison between five different methods of heat treatment on barley (extruding, steaming, steaming under pressure, roller heating, and micronizing). The next three trials included heat treatment of wheat, rye, and barley on a roller-heater. Treatment involved different temperatures. The last experiment included piglets weaned at different ages fed extruded cereals.

In the first experiment, the heat-treated barley was fed to piglets between 3 and 7 weeks of age. The results of pig performance was registered and compared. The digestibility of energy and protein in barley after different methods of heat treatment was investigated by means of rats. Analysis was performed on the effect of treatment on barley.

In experiments 2, 3, and 4 either roller-heated wheat, rye, or barley were fed to piglets from 3 until 7 weeks of age. The roller-heating was done with rising temperatures. To half the treated batches, fat and antioxidant were added in extension of the heating process. The effect of heat treatment on the cereals was analysed, and the performance of the piglets registered.

In experiment number 5, piglets weaned at either 2, 3, 4, or 5 weeks were fed extruded cereals. The performance of the piglets fed either extruded or untreated cereals was compared from 2 until 7 weeks of age.

The results showed that the gelatinization of starch was nearly 100 percent after both extruder and roller-heater processing. There was, however, no correlation between the degree of gelatinization and the piglets' performance.

In the first trial, a generel tendency towards better daily gain was found in piglets fed heat-treated barley - with the exception of extruded barley. The improvement was only significant in the group that was fed barley steamed under pressure. The feed intake was also highest for the groups fed heat-treated barley (however lower for extruded barley than for the control group). Therefore the heat treatment had no significant importance when calculating the feed conversion efficiency. Balance experiments by means of rats showed a generelly smaller reduction in the quality of the protein of barley after heat treatment. The reduction was, however, not significant for the barley steamed under pressure.

In the three experiments, where roller-heating was performed to either wheat, rye, or barley at rising temperatures combined with the addition of fat and antioxidant, no improvement of the piglets performance was found. The results were best in the piglets fed untreated cereals. A marked tendency of rancidity was observed in the heat-treated cereals to which fat and antioxidant were not added. However, adding fat and antioxidant in extension to the heat treatment had no positive effect on the piglets' performance.

In the last experiment, no improvement of performance was obtained by addition of extruded cereals from 2-7 weeks of age, without regard to the weaning age of the piglets.

The feed experiments with piglets thus showed no generel improvements using heat-treated cereals. On several occasions, the feed conversion efficiency was reduced by using heat-treated cereals.

1. INDLEDNING

Korn udgør hovedkilden til energiforsyningen i svinefoder. Ligeledes stammer en ikke ubetydelig del af forsyningen med protein og aminosyrer til grise fra korn. Derfor er det vigtigt at undersøge, om definerede behandlinger af korn kan forøge næringsværdien, altså forbedre grisenes produktionsresultater. I de efterfølgende fem forsøg beskrives resultaterne af anvendelsen af varmebehandlet korn til smågrise. Det første forsøg omfatter sammenligning af fem forskellige varmebehandlingsmetoder anvendt på byg.

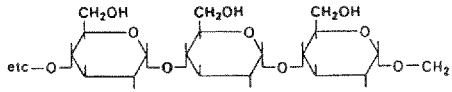
De tre næste forsøg beskriver resultater med varmebehandling af hvede, rug og byg efter den samme metode, men ved forskellige temperaturer. Det sidste forsøg omfatter tildeling af varmebehandlet korn til grise fravænnet ved forskellig alder.

Det er velkendt, at korns værdi som foder til nogle enmavede dyr øges, hvis kornets stivelse forklistres. Stivelsen forefindes normalt som regelmæssige kornpartikler omgivet af en proteinskal. I dyrets fordøjelsessystem nedbrydes stivelsen enzymatisk til lettere nedbrydelige sukkerstoffer. Foregår denne nedbrydning ikke tilstrækkeligt hurtigt, får dyret ikke det fulde udbytte af stivelsen.

Manglende nedbrydning af stivelse er især et aktuelt problem hos dyr med kort tarmkanal, såsom rovdyr (mink, katte, hunde o.l.) eller hos unge dyr, f.eks. smågrise og kalve, som endnu ikke har udviklet deres fordøjelsessystem.

Kemisk består stivelsen af de to polysakkarider amylose og amylopektin (Greenwood, 1970; Lehninger, 1970; Barker, 1971). Amylosen er sammensat af ugrenede kæder, hvor alle D-glukoseenhederne er sammenkoblede ved α(1-4)-bindinger. Kæderne varierer i molekylvægt fra få tusinde til 500.000. Amylosen vil danne helixformede strukturer ved indlejring i stivelseskornene. Opbygningen af amylose er skitseret i figur 1.1.

a)



b)

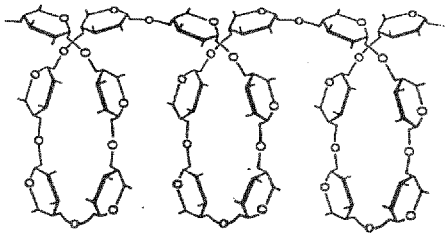


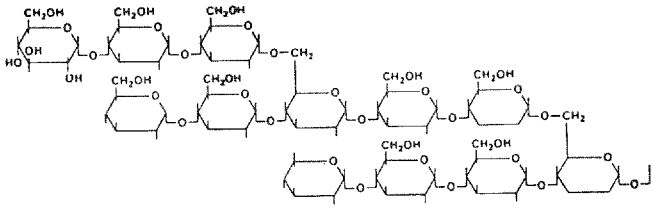
Fig. 1.1 Opbygning af amylose (efter Lehninger, 1970)
(a) viser typen af glykosidbindinger (α1,4)
(b) viser helixstrukturen

Fig. 1.1 Structure of amylose (from Lehninger, 1970)
(a) shows the type of glycosid bonds
(b) shows the helix structure

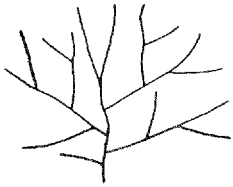
Amylopektin er et stærkt forgrenet molekyle, der består af gennemsnitlig 24-30 glukoseenheder pr. forgrening. I basiskæderne består glukosekoblingerne af α(1-4)-bindinger. I forgreningspunkterne mellem kæderne dannes koblingen af α(1-6)-bindinger. Amylopektins opbygning er skitseret i figur 1.2.

Amylosen kan spaltes af enzymet α-amylase til glukose og maltose. α-amylase findes i spyt og frigøres også fra bugspytkirtlen. Amylopektin angribes også af α-amylase, der kun kan nedbryde α(1-4)bindingerne, hvilket betyder, at der resterer et polysakkarid med intermediær kædelængde benævnt et dextrin. Dextrinet kan kun videre-nedbrydes af enzymet α(1-6)-glukosidase til glukose og maltose. Maltosen fra både amylose og amylopektin nedbrydes af maltaseenzymet til glukose, som derefter aktivt kan optages gennem tarmepitelet til blodbanen ved hjælp af den såkaldte Na-gradientkobling (Skadhauge, 1989).

a)



b)



Figur 1.2 Opbygning af amylopektin (efter Barker, 1971)
(a) viser typerne af glykosidbindinger (α1,4 og α1,6)
(b) viser skitse af amylopektin ved lav forstørrelse

Figure 1.2 Structure of amylopectin (from Barker, 1971)
(a) shows the types of glycosid bonds
(b) shows a sketch of amylopectin at low magnification

Stivelseskornene varierer i størrelse og procentvise forhold mellem amylose og amylopektin i de forskellige plantearter, samt indenfor arter imellem sorter. Disse variationer er genetisk betingede. Eksempler på variationen i stivelsens opbygning og forskelle i egenskaber er vist i tabel 1.1. Disse forskelle anvendes bl.a. af Statens Foderstofkontrol til mikroskopisk undersøgelse af, om foderet indeholder de deklarerede fodermidler.

Det fremgår af tabellen, at størrelsen af stivelseskornene varierer både mellem forskellige plantearter og indenfor den enkelte art, hvor der er avlet efter forskellige genetiske egenskaber. Derfor ses også stor variation i det procentvise indhold af amylose indenfor plantearterne, hvilket er illustreret i tabellen for henholdsvis majs og ærter. Plantens udviklingsgrad er ligeledes afgørende

Tabel 1.1 Beskrivelse af egenskaber ved stivelseskorn fra forskellige planter (Greenwood, 1970)

Table 1.1 Description of the properties of starch granula from different plants (Greenwood, 1970)

Stivelse fra	Kornenes form	Kornenes størrelse (µm)	Procent amylose	Forklistringstemp. (°C)
Byg	rund	20	22	59 - 64
Hvede	rund	30	26	65 - 67
Majs, amylosetype	rund	25	52	85 - 87
Majs, amylopektintype	rund	15	1	66 - 69
Ærter, glatfrøede	oval	30	35	98
Ærter, rynkede frø	varierende	40	66	98
Kartofler	oval	40	23	62 - 65

for det procentvise indhold af amylose i stivelsen, idet amyloseindholdet øges med stigende modenhed af planten (Greenwood, 1970). Forklistringstemperaturen varierer for stivelsen dels indenfor den enkelte plante dels imellem plantearterne. For den enkelte stivelsesopslæmning vil de største korn forklistre før de mindste, og mellem plantearter opstår forskellene i forklistringstemperatur på basis af forskelle i krystallinsk struktur samt forskelle i amyloseindhold (Greenwood, 1970).

2. FORSØG MED FORSKELLIGE VARMEBEHANDLINGSMETODER

2.1. Indledning

Der findes forskellige metoder, hvormed man kan varmepåvirke korn. Principielt kan metoderne opdeles i "våde" eller "tørre" varmeprocesser. De førstnævnte metoder involverer vanddamp, mens de sidstnævnte kun omfatter behandling med varme. I forbindelse med begge principper kan kornet yderligere påvirkes fysisk ved formaling, valsning etc. Formålet med sådanne behandlinger er dels at ændre kornets fysiske struktur, dels at åbne stivelsesstrukturen så den enzymatiske nedbrydning fremmes (Lawrence,1985).

Stivelseskorn er uopløselige i koldt vand, men absorberer varmt vand og kvælder op til mange gange deres egen størrelse ved opvarmning i vandige omgivelser. Processen er reversibel indtil en bestemt temperatur, "forklistrings-temperaturen". Når forklistringen er sket, kan den oprindelige form ikke gendannes; kvældningen er altså irreversibel. Forklistringsprocessen ledsages af tab i lysbrydningsevne og destruktion af den krystallinske stivelsesstruktur. Destruktionen opstår på grund af ødelæggelse af sekundære brintbindinger mellem de enkelte polysakkaridkæder i stivelsen. Forklistringsgraden defineres som den mængde stivelse, der kan hydrolyseres med glykoamylase i procent af den totale mængde stivelse i prøven, korrigeret for reducerende sukker og egenfarve. Måling af forklistringsgraden ved opvarmning kan foregå ved en forklistringsanalyse. Analysen beror på det faktum, at enzymet glykoamylase spalter forklistret stivelse meget hurtigere end intakte stivelseskorn. Forklistringsgraden varierer stærkt, afhængig af på hvilken måde og ved hvilken temperatur kornet varmebehandles. Høj temperatur medfører den største grad af forklistring.

Formålet med det første forsøg var at undersøge, hvilken indflydelse forskellig behandling af korn i foderet har på tidligt fravænnede grises ædelyst, vækst og diarréfrekvens. Endvidere var det formålet ved hjælp af rotter at undersøge fordøjeligheden af energi og protein i det varmebehandlede korn.

2.2. Materiale og metoder

2.2.1. Varmebehandling af kornet

Udgangsmaterialet bestod af 3 tons byg af prima kvalitet, som blev delt i 6 forsøgspartier. 5 af partierne blev varmebehandlet efter ét af de nedenfor nævnte principper, det ene parti forblev ubehandlet og fungerede som kontrol (1). De valgte 5 metoder skulle repræsentere de i praksis anvendte behandlingsmuligheder. Illustration af anvendt apparatur i forbindelse med de forskellige varmebehandlinger er vist i appendix A.

Ekstrudering (2)

Ekstruderingsteknikken har længe været anvendt i plast- og levnedsmiddelindustri til varmebehandling og formgivning af mange produkter. En ekstruder består af en snegl, der roterer i en kraftig cylindrisk kappe. Sneglen har faldende stigning på gevindet, og komprimerer derved materialet når det føres gennem ekstruderen. Kappen er opvarmet og forsynet med dyser til indblæsning af damp. Materialet presses ud gennem en lille dyse i enden af ekstruderen og ekspanderer derefter kraftigt ved trykfaldet.

Ekstruderingen blev udført af "Dansk Ørredfoder A/S" i Brande på en "Creusot-Loire type BC 45" ekstruder. Byggen blev først formalet hos Bioteknisk Institut på en slaglemølle gennem et 1 mm sold og derefter hos Dansk Ørredfoder gennem et 0,6 mm sold. Ved den efterfølgende ekstrudering var temperaturerne henholdsvis nær indløb, midt på og nær udløb af ekstruderen 80°C, 140°C og 90°C. Det ekstruderede produkt blev kølet og igen formalet gennem et 0,6 mm sold.

Dampkogning ved 100°C (3)

Behandlingen blev udført på Bioteknisk Institut i en roterende autoklave (50 l) med dampopvarmet kappe samt direkte dampindblæsning. Der var monteret en termoføler midt i autoklaven, trykket på damptilførslen var 1 ato. (en atmosfæres overtryk) svarende til 120°C. Ca. 25 kg uformalet byg blev fyldt i den forvarmede autoklave.

Damptilledningen resulterede ikke i øget tryk i autoklaven, da bundventilen var åbnet. I løbet af 2 - 3 minutter steg korntemperaturen til 100°C. Behandlingen blev derefter fortsat ved 100°C i 10 minutter. Fra autoklaven blev kornet til slut fyldt over i en beluftet kølekasse, hvor det blev kølet (og tørret) i løbet af 1 - 2 timer ved svag ventilation med luft opvarmet til 37°C. Den totale vægtforøgelse var knap 1% svarende til en stigning i vandindholdet på mindre end 1%.

Trykkogning ved 120°C (4)

Denne behandling blev ligeledes udført på Bioteknisk Institut. Behandlingen var identisk med dampkogningen, udover at autoklavens bundventil blev lukket efter forvarmning til 100°C. Derved steg trykket til 1 ato. og temperaturen til 120°C. Den totale opvarmningstid var ca. 3 minutter og behandlngstiden 10 minutter. Tørring og køling blev udført som ved dampkogning.

Varmebehandling på tromletørrer (5)

Behandlingen blev udført på Bioteknisk Institut i en gasfyret "Atlas" tromletørrer beregnet til forsøg. Tromlens længde var 3,3 m og den indre diameter 0,55 m. Indvendigt var tromlen forsynet med langsgående skovlformede plader til fordeling af kornet over hele tromlens tværsnit. Fremføring af kornet skete ved rotation af tromlen (26 omdr./minut) kombineret med en tromlehældning på 4,1% samt ved lufttransport.

Byggen blev fugtet ved påsprøjtning af vand i en horisontalblander til 21,1% vand dagen før varmebehandling på tromletørreren. Ovntemperaturen var 800°C og kornet 120°C, når det forlod tromlen. Opholdstiden i tromlen var ca. 2 min og vandindholdet efter behandlingen 11%. Der skete ikke en fuldstændig popning af byggen ved varmebehandlingen, men der var en tydelig volumenforøgelse af kernerne. Efter henstand i 1/2 - 3 timer blev den varme byg kørt gennem en almindelig kornvalse og derefter kølet i et tyndt lag på et cementgulv.

Mikronisering (6)
Mikroniseringen blev udført på "Flora Schalmühlen G.m.b.H., Hamburgerstrasse 110, D 2200 Elmshorn, BRD". Mikronisering er en tør varmebehandling med infrarøde stråler. Princippet er det samme som ved varmebehandling på tromletørrer, men varmepåvirkningen er mere intens, og behandlingstiden er kortere. Materialet ligger stille under behandlingen og bestråles ovenfra. Oversiden af kernerne bliver derved let varmeskadet, mens behandlingen på kernernes modsatte side bliver for svag.

Anlægget bestod af et stålbånd (1 x 4 m), hvorover der var monteret en række gasbrændere. Kærnerne blev fordelt på båndet i en enkelt kernes tykkelse og var 40 sekunder på båndet. Varmebehandlingen var så kraftig, at kernerne poppede. Fra båndet løb de direkte ned i en valse med 2 stk. riflede valser (200 mm i diameter), og derefter videre til en 2-etagers båndkøler. Til slut blev den valsede vare formalet i en slaglemølle. Forsøgspartiet blev fugtet til 21,1% vand dagen før behandlingen, og vandindholdet var ca. 12% efter mikroniseringen.

Alle bygpartier blev efter behandling opbevaret i nylonsække på et kornlager. Umiddelbart efter behandlingen startede forsøget med grise, hvorunder der med mellemrum blev fremstillet foderblandinger i portioner af 50 kg. Partierne ubehandlet, dampkogt og trykkogt, der alle opbevaredes som hele kerner, blev forinden formalet på slaglemølle gennem et 3,5 mm sold. De øvrige partier blev anvendt direkte i foderblandingen.

2.2.2. Analyser af foder
De 6 forsøgspartier af byg blev efter ovenstående behandlinger analyseret på Bioteknisk Institut, hvor forklistringsgraden, peroxidtallet og vandindholdet blev bestemt (analyseteknikkerne er anført i appendix B). På Statens Husdyrbrugsforsøg blev partierne samt de færdige foderblandinger, hvori bygpartierne indgik, desuden analyseret ved foderstofanalyse, der omfattede bestemmelse af tørstof, aske, råprotein, råfedt og træstof. Foderblandingerne blev endvidere analyseret for indhold af aminosyrerne lysin, methionin,

cystin og treonin. Til bestemmelse af proteinets kvalitet og energiens fordøjelighed i de 6 forskellige blandinger gennemførtes balanceforsøg med rotter ved Afd. for Dyrefysiologi og Biokemi, Statens Husdyrbrugsforsøg; metode efter Eggum, (1973).

2.2.3. Forsøgets gennemførelse med grise

Forsøgsplanen er skitseret i tabel 2.1. Der blev ialt anvendt 120 individuelt opstaldede grise i forsøget. De blev indsat i blokke å 6 kuldsøskende på de 6 hold svarende til 20 gentagelser. Ved indsættelsen blev de fordelt sådan, at gennemsnitsvægten samt antallet af so- og galtgrise var ens for alle hold. Grisene var i forsøg i 6 uger fra fravænning ved 21 dage til de var 63 dage.

I uge 4, 5, 6 og 7 fik de foder, som indeholdt et af de 5 forskelligt behandlede bygpartier. Kontrolholdet fik normalt nedtørret byg i blandingen. Derefter blev alle holdene fodret med en standard

Tabel 2.1 Forsøgsplan
Table 2.1 Experimental plan

Hold	1	2	3	4	5	6
Bygparti, behandling	Ubehandlet	Ekstruderet	Dampkogt	Trykkogt	Tromleopvarmet	Mikroniseret
Antal grise	20	20	20	20	20	20
Alder ved beg., dage	21	21	21	21	21	21
Alder ved afslutn.,dg.	63	63	63	63	63	63

blanding i uge 8 og 9. Sammensætning af foderblandingerne er vist i tabel 2.2.

Tabel 2.2 Foderblandingernes sammensætning
Table 2.2 Composition of feed mixtures

Periode	3 - 7 uger	7 - 9 uger
Pct.:		
Byg	61,5	66,0
Sojaskrå	9,6	18,0
Fiskemel, askefattigt	9,6	8,0
Skummetmælkspulver	9,6	-
Animalsk fedt	3,0	5,0
Vegetabilsk fedt	2,0	-
Sukker	2,0	-
Calciumcarbonat	0,2	0,4
Dicalciumfosfat	1,7	1,9
Salt	0,3	0,3
Vitamin/mikromineralblanding	0,4	0,4
Lysin, premix (100%)	0,1	-
Beregnet indhold:		
FEs pr. kg foder	1,15	1,12
g fordøjeligt protein pr. FEs	158	156

Grisene fik foder i melform efter ædelyst. Der blev foretaget ugentlige registreringer af foderoptagelse og tilvækst samt daglige registreringer af gødningskonsistens efter en skala fra 0 - 3, hvor karakteren 3 svarede til vandig diarré. Ved karakteren 2 blev der foretaget individuel diarrébehandling af grisene.

Den statistiske analyse af data blev foretaget på UNI-C ved hjælp af GLM-proceduren i SAS. Variansanalyse blev suppleret med t-test for at teste eventuelle forskelle på holdgennemsnit.

2.3. Resultater

2.3.1. Analyser af foder

Resultaterne af foderstofanalysen på bygpartierne fremgår af tabel 2.3.

Tabel 2.3 Bygpartiernes kemiske sammensætning, pct.
Table 2.3 Chemical composition of the heat-treated barley, percent

		% af tørstof				
Bygparti	Tørstof	Aske	Råprotein	Råfedt	Træstof	NFE
1. Ubehandlet	87,4	2,3	11,9	2,5	4,6	78,7
2. Ekstruderet	89,8	2,8	13,0	1,7	5,0	77,5
3. Dampkogt	86,9	2,3	11,9	2,8	4,4	78,6
4. Trykkogt	86,3	2,2	11,8	2,8	5,1	78,1
5. Tromleopv.	89,3	1,9	11,9	2,6	4,9	78,7
6. Mikroniseret	89,0	2,1	12,2	2,9	4,2	78,6

Det fremgår af tabel 2.3, at det bygparti, der var mest afvigende fra kontrolpartiet, var det ekstruderede. Ved analyse af dette parti var tørstofprocenten, askeindholdet, indholdet af råprotein og træstofprocenten større end indholdet i kontrolpartiet. Indholdet af råfedt i det ekstruderede parti var derimod en del lavere end indholdet i kontrol- samt i de øvrige partier. Det lave indhold af råfedt kan skyldes kraftig harskning, hvorved alt fedtet ikke kan ekstraheres. Det høje indhold af aske, protein og træstof kan skyldes tab under de tre finformalinger, hvor især stivelsen vil støve og forsvinde.

Forklistringsgraden og peroxidtallet i de 6 partier blev analyseret ved forsøgets begyndelse og peroxidtallet igen efter 8 måneders lagring af kornet. Resultaterne af disse bestemmelser er vist i tabel 2.4.

Tabel 2.4 Forklistringsgrad og peroxidtal målt efter forskellige varmebehandlinger af byg

Table 2.4 Gelatinization and amount of peroxidation of barley after different methods of heat treatment

Bygparti	Forklistringsgrad i %	Peroxidtal, meq/kg fedt v. forsøgets start	Peroxidtal, meq/kg fedt efter 8 mdrs. lagring
1. Ubehandlet	19	8	7
2. Ekstruderet	94	54	241
3. Dampkogt	24	4	90
4. Trykkogt	36	18	152
5. Tromleopvarmet	29	8	250
6. Mikroniseret	67	12	215

Det fremgår, at forklistringsgraden for det ekstruderede og mikroniserede korn var væsentlig højere end for de øvrige varmebehandlede partier samt for kontrolpartiet. Peroxidtallet var steget betydeligt hos alle de varmebehandlede kornpartier i løbet af lagerperioden, mens kontrolpartiet havde et uændret peroxidtal efter 8 måneders lagring.

De færdige foderblandinger blev undersøgt for kemisk sammensætning, resultaterne er vist i tabel 2.5.

Det fremgår af tabellen, at der ikke fandtes nogen stor variation i indhold af de analyserede faktorer mellem holdene. Derfor var der også god overensstemmelse med indholdet af FEs pr. kg foder mellem hold. Blandingernes indhold af protein var på grund af lavt proteinindhold i byggen mindre end forventet.

Blandingen, der blev anvendt til alle grise i perioden 7 - 9 uger, blev analyseret og beregnet til at indeholde 1,13 FEs pr. kg og 159 g fordøjeligt protein pr. FEs.

Tabel 2.5 Foderblandingernes kemiske sammensætning
Table 2.5 Chemical composition of the diets

Blanding	1	2	3	4	5	6
Byg	Ubehand-let	Ekstru-deret	Damp-kogt	Tryk-kogt	Tromle-opvarmet	Mikro-niseret
Pct:						
Tørstof	90,1	91,6	90,0	90,2	91,0	91,0
Procent af tørstof:						
Aske	6,5	7,0	6,7	6,5	6,6	6,7
Råprotein	22,5	23,7	22,9	22,6	22,7	22,7
Råfedt	6,8	7,3	7,2	7,3	7,1	7,4
Træstof	3,7	3,7	3,4	3,4	3,8	3,6
NFE	60,5	58,3	59,8	60,2	59,8	59,6
Beregnet efter analyse:						
FEs/kg	1,16	1,18	1,17	1,18	1,17	1,17
g fordøjeligt protein/FEs	148	156	149	147	150	150

Aminosyreindholdet i foderblandingerne anvendt fra 3 - 7 uger er vist i tabel 2.6.

Tabel 2.6 Foderblandingernes indhold af aminosyrerne lysin, methionin, cystin og treonin, g aminosyre/16 g N
Table 2.6 Amounts of lysine, methionine, cystine, and threonine in the diets g/16 g N

Indhold	Lysin	Methionin	Cystin	Treonin
1. Ubehandlet	6,2	2,1	1,4	3,7
2. Ekstruderet	6,1	2,1	1,4	3,8
3. Dampkogt	6,2	2,1	1,4	3,8
4. Trykkogt	6,1	2,1	1,4	3,8
5. Tromleopvarmet	6,0	2,1	1,4	3,7
6. Mikroniseret	6,1	2,0	1,4	3,8

I tabel 2.6 ses det, at aminosyreanalyserne ikke varierede væsentligt mellem de forskelligt varmebehandlede kornpartier.

Resultaterne af balanceforsøg med rotter til fastlæggelse af foderblandingernes fordøjelighed af energi og protein efter de forskellige varmebehandlinger af kornet fremgår af tabel 2.7.

Tabel 2.7 Balanceforsøg udført med rotter
Table 2.7 Balance experiments performed with rats

	Protein			Energi
Foderblanding	sand fordøjelighed	biologisk værdi	netto protein udnyttelse	fordøjelighed
Byg, beh.:				
1. Ubehandlet	88,8[a]	81,8[a]	72,6[a]	88,3[a]
2. Ekstruderet	87,4[cd]	80,5[bc]	70,5[b]	86,7[c]
3. Dampkogt	88,2[abc]	80,2[bc]	70,7[b]	88,1[ab]
4. Trykkogt	88,4[ab]	81,0[ab]	71,6[ab]	88,1[ab]
5. Tromleopvarmet	87,3[d]	79,3[c]	69,1[c]	87,2[bc]
6. Mikroniseret	87,1[d]	79,3[c]	69,1[c]	87,8[ab]

a-d: Resultater i samme kolonne efterfulgt af forskelligt bogstav er signifikant forskellige ($P \leq 0,05$)

Tabellen viser, at foderblandingen med ubehandlet korn havde bedre sand fordøjelighed, højere biologisk værdi, større netto proteinudnyttelse og bedre fordøjelighed af energi end de varmebehandlede blandinger. Den næstbedste blanding var den, hvor trykkogt byg indgik (blanding 4). For ingen af de fire undersøgte faktorer var der sikker forskel på resultaterne ved sammenligning af kontrolholdet og hold 4.

De øvrige fire varmebehandlede blandinger viste for to eller flere faktorer signifikant dårligere resultater end kontrolholdet. Hold 2 (med ekstruderet byg) havde generelt dårligere resultater. Hold 3 (med dampkogt byg) havde dårligere biologisk værdi og lavere nettoudnyttelse af proteinet. Blandingen med tromleopvarmet byg (hold 5) havde generelt dårligere resultater end kontrolholdet, og hold 6 (med mikroniseret byg) havde dårligere sand fordøjelighed, lavere biologisk værdi og ringere nettoudnyttelse af proteinet end hold 1.

2.3.2. Produktionsresultater på grise

Alle 120 grise gennemførte forsøget. Registreringer af vægt og foderoptagelse er anført i tabel 2.8.

Det fremgår, at hold 2, der fik ekstruderet byg i foderblandingen, havde den laveste foderoptagelse og tilvækst af alle 6 hold ved 49 dage. Grisene på dette hold vejede signifikant mindre end grisene på hold 3, 4 og 5, der fik henholdsvis dampkogt, trykkogt og tromleopvarmet korn i blandingen. Hold 2 vejede dog ikke signifikant mindre end kontrolholdet (hold 1) eller hold 6, der fik mikroniseret korn. Selvom 4 ud af 5 hold, der fik varmebehandlet korn således vejede mere end kontrolholdet, var det kun hold 4, der havde signifikant højere vægt ved 49 dage.

Da grisene efter 2 uger på standardblanding, 63 dage gamle afsluttede forsøget, vejede hold 4 stadigvæk signifikant mere end hold 1 og 2. Ingen af de øvrige hold vejede statistisk sikkert mere end kontrolholdet, men grisene på hold 3, 5 og 6 vejede dog ikke signifikant mindre end grisene på hold 4.

Ingen af de målte værdier for foderoptagelse adskilte sig sikkert imellem holdene.

Tabel 2.8 Vægt og foderoptagelse
Table 2.8 Weight and feed intake

Hold	1	2	3	4	5	6
Behandling af byg	Ubehandlet	Ekstruderet	Dampkogt	Trykkogt	Tromleopvarmet	Mikroniseret
Gennemsnitsvægt pr. gris, kg						
ved 21 dage	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1
ved 35 dage	7,7	7,7	8,2	8,4	8,2	8,1
ved 49 dage	13,7[ab]	13,0[a]	14,5[bc]	14,8[c]	14,2[bc]	14,0[abc]
ved 63 dage	21,3[a]	21,4[a]	22,4[ab]	23,3[b]	22,2[ab]	22,4[ab]
Gennemsnitlig foderoptagelse pr. gris, kg						
uge 4	1,0	0,9	1,2	1,2	1,1	1,1
uge 5	2,3	2,3	2,7	2,7	2,7	2,7
uge 6	4,1	3,8	4,2	4,6	4,3	4,1
uge 7	5,3	4,8	5,7	5,7	5,3	5,5
uge 8	6,2	6,4	6,4	6,8	6,7	6,8
uge 9	7,7	7,9	7,8	8,2	7,7	8,0

a-c: Resultater på samme linie efterfulgt af forskelligt bogstav er signifikant forskellige ($P \leq 0,05$).

Beregning af tilvækst, samlet foderoptagelse og foderudnyttelse for de 6 hold er vist i tabel 2.9.

Det ses af tabellen, at hold 2 havde den laveste daglige tilvækst og det største foderforbrug pr. kg tilvækst af samtlige hold i perioden 3 - 7 uger. Hold 4 havde som det eneste hold en signifikant forbedret tilvækst, men også en signifikant større foderoptagelse og tendens til bedre foderudnyttelse end kontrolholdet. De følgende to uger var den daglige tilvækst for hold 2, 4 og 6 signifikant større end kontrolholdets, mens kun hold 4 fortærede signifikant

flere foderenheder pr. gris. Set over hele forsøgsperioden fra 3 - 9 uger havde kun hold 4 bedre produktionsresultater end kontrolholdet. Ingen af holdene havde statistisk sikker forbedret foderudnyttelse, hverken i de første fire uger eller i de sidste to uger af forsøget.

Tabel 2.9 Tilvækst, foderoptagelse og foderudnyttelse
Table 2.9 Daily gain, feed intake, and feed conversion efficiency

Hold	1	2	3	4	5	6
Behandling af byg	Ubehandlet	Ekstruderet	Dampkogt	Trykkogt	Tromleopvarmet	Mikroniseret
Perioden 3 - 7 uger:						
Dagl. tilv.,g	273^{ab}	249^{a}	300^{bc}	312^{c}	289^{bc}	282^{abc}
FEs/gris	$14,8^{ab}$	$13,9^{a}$	$16,2^{bc}$	$16,6^{c}$	$15,6^{bc}$	$15,6^{bc}$
FEs/kg tilv.	1,94	2,00	1,93	1,90	1,93	1,98
Perioden 7 - 9 uger:						
Dagl. tilv.,g	539^{a}	599^{b}	563^{ab}	609^{bc}	577^{ab}	606^{bc}
FEs/gris	$15,7^{a}$	$16,1^{ab}$	$16,1^{ab}$	$17,0^{b}$	$16,3^{ab}$	$16,8^{ab}$
FEs/kg tilv.	2,08	1,92	2,04	1,99	2,01	1,99
Perioden 3 - 9 uger:						
Dagl. tilv.,g	362^{a}	366^{a}	388^{ab}	411^{b}	385^{ab}	390^{ab}
FEs/gris	$30,5^{a}$	$30,1^{a}$	$32,3^{ab}$	$33,6^{b}$	$31,9^{ab}$	$32,4^{ab}$
FEs/kg tilv.	2,03	1,96	1,98	1,95	1,97	1,98

a-c: Resultater på samme linie efterfulgt af forskelligt bogstav er signifikant forskellige ($P \leq 0,05$)

Ekstruderingen af kornet havde således negativ indflydelse på tilvæksten, men grisene, der fik ekstruderet byg fra 3 - 7 uger voksede i den efterfølgende periode (fra 7 - 9 uger) hurtigere end grisene på de fleste andre hold, de kompenserede derfor i vækst. De øvrige varmebehandlede partier havde positiv effekt på foderopta-

gelse og tilvækst, men kun trykkogning ved 120°C gav signifikant bedre produktionsresultater end kontrolholdets.

Resultaterne af de daglige registreringer af gødningskarakter samt antal behandlingskrævende diarrétilfælde er opgjort i tabel 2.10.

Tabel 2.10 Diarréfrekvens hos grise fodret med forskelligt varmebehandlede bygpartier

Table 2.10 Frequency of diarroeha of piglets fed differently heat-treated barley

Hold	1	2	3	4	5	6
Bygparti, behandling	Ubehandlet	Ekstruderet	Dampkogt	Trykkogt	Tromleopvarmet	Mikroniseret
Diarréfrekvens	0,57	0,45	0,65	0,50	0,65	0,65
Gennemsnitlig gødningskarakter	0,19[b]	0,10[a]	0,17[ab]	0,13[ab]	0,17[ab]	0,15[ab]

a-b: Resultater på samme linie efterfulgt af forskelligt bogstav er signifikant forskellige ($P \leq 0,05$)

Det fremgår, at der ikke var nogen sikker forskel på diarréfrekvensen imellem holdene, men at gødningskarakteren for hold 2 var væsentlig bedre end hos kontrolholdet. De fire øvrige hold adskilte sig ikke sikkert fra kontrolholdet.

2.4 Diskussion og delkonklusion

Selvom der blev påvist en øget foderoptagelse og daglig tilvækst ved fodring med såvel dampkogt, trykkogt, tromleopvarmet som mikroniseret byg, adskilte kun den trykkogte byg sig statistisk sikkert fra kontrolpartiet. Grise, der fik ekstruderet byg havde ringere foderoptagelse og tilvækst end grise fodret med ubehandlet foder. Det ekstruderede foder var både meget fint formalet (støvende), fedtet var harskt, og proteinet måske varmeskadet. Hver af disse faktorer kunne bevirke dårlig foderoptagelse og tilvækt. Dårlig fo-

derudnyttelse som følge af varmeskade vil kun forekomme, hvis en essentiel aminosyre er i underskud.

Shiau et al. (1976) viste, at mikronisering af durra øgede tilgængeligheden af stivelsen, men konstaterede samtidig, at mellem 15 - 23% af den tilgængelige mængde lysin blev ødelagt under processen. Ved opvarmning af protein under tilstedeværelse af reducerende sukker, såsom laktose eller fruktose, kan sukkerstofferne reagere med lysinets ε-aminogruppe (Maillards reaktion), således at lysinet bliver mindre tilgængeligt (Schneeman, 1985).

Ved sammenligning af resultaterne fra balanceforsøgene med rotter og produktionsresultater fra grisene blev det i dette forsøg fundet, at rotterne reagerede mere negativt på det varmebehandlede korn end grisene. Ingen af de varmebehandlede blandinger havde en fordøjelighed, der var lige så god som fordøjeligheden af blandingen med det ubehandlede korn i rotteforsøget. Blandingen med trykkogt korn viste dog ikke signifikant dårligere resultater end kontrolholdet, mens de øvrige varmebehandlinger medførte signifikant dårligere resultater.

Varmebehandlingens effekt på kornet kunne i nærværende forsøg karakteriseres ved hjælp af forklistringsgraden, men resultaterne af denne analyse kunne ikke direkte relateres til grisenes produktionsresultater. Forklistringsgraden var meget forskellig i de fem varmebehandlede bygpartier. Den var faldende i rækkefølgen: ekstrudering, mikronisering, trykkogning, tromleopvarmning og dampkogning. Ved ændrede procesegenskaber kunne rækkefølgen være blevet en helt anden, da det ikke er metoden, men temperatur, tid, vanddamptryk m.m., der er afgørende for forklistringen ved en varmebehandling.

Konklusionen er således, at der kan opnås bedre produktionsresultater med smågrise ved anvendelse af varmebehandlet byg i foderet, men at der også er risiko for ringere resultater. I dette forsøg

var det kun trykkogning ved 1 ato. i 10 minutter, der gav signifikant bedre resultater end ubehandlet byg. Det kan ikke udelukkes, at de øvrige behandlinger ville kunne give lige så gode resultater efter optimering af procesbetingelserne.

3. FORSØG MED TROMLEOPVARMNING AF HVEDE, RUG OG BYG

3.1 Indledning

Varmebehandling på tromletørrer kan antageligt udføres billigere end ved nogen af de øvrige metoder omtalt i foregående afsnit. Der findes adskillige anlæg i Danmark med betydelig kapacitet, som kan udnyttes til varmebehandling af korn til smågrise. De optimale procesbetingelser må dog fastlægges, før metoden kan udnyttes i praksis.

Formålet med forsøgene var at sammenligne effekten af forskellige temperaturer ved varmebehandling af hvede, rug og byg til brug i fravænningsfoder med henblik på optimering af ædelyst, tilvækst og foderudnyttelse. Samtidig var det målet, at opnå en karakteristik af varmebehandlingens effekt ved hjælp af kemiske analyser. Desuden var det formålet at afprøve, om tilsætning af beskyttet fedt til det varmebehandlede korn i umiddelbar forlængelse af behandlingen indebar nogen fordel. Varmt korn er i stand til at absorbere fedt indeholdende antioxidant, og man kunne derfor forvente en bedre holdbarhed målt i form af mindre harskningsgrad af kornet.

3.2 Materiale og metoder

3.2.1 Beskrivelse af teknikken ved varme- og efterbehandling af kornpartierne

Bioteknisk Institut råder over et tromletørringsanlæg i halvteknisk skala. I dette anlæg blev de tre kornarter varmebehandlet ved forskellige temperaturer efterfulgt af valsning, hvor halvdelen af partierne blev tilsat beskyttet fedt, hvorefter kornet blev kølet i et tyndt lag på et cementgulv.

Tørretromlens indvendige diameter var 0,55 m og dens længde ved disse behandlinger 3,75 m. Længden og dermed kornets opholdstid under varmepåvirkning kunne varieres. Anlæggets hældning var 4%, og tromlens omdrejningshastighed var 30 omdr./min.

Dosering af kornet til tromlen blev varieret trinløst med en Tomal doseringssnegl. Ovnen var indvendigt opbygget af varmebestandigt, keramisk fibermateriale, som både havde en god isoleringsevne og en høj emissionsevne. Ovnen var forsynet med en bagud vendt gasbrænder. Tørreluften med forbrændingsgasserne blev suget ind i ovnen gennem tromlen. Alle kornpartierne blev fugtet og henstod i 2 - 3 døgn før varmebehandlingen i anlægget. Ovntemperaturen var i hovedparten af forsøgene mellem 750 og 900°C, mens kornets temperatur ud af tromlen var mellem 115 og 156°C jf. de senere beskrevne forsøgsplaner. Tekniske data for tørringsprocessen er vist i appendix C.

Fra udløbet af tørretromlen blev kornet sneglet til en kornvalse, hvorfra det varme, valsede korn (rug og hvede) blev ført ned i en propionsyreapplikator, hvor ca. 6% opvarmet animalsk fedt (60°C) blev tilsat 4 af partierne. På grund af tekniske vanskeligheder blev det varmebehandlede, valsede byg tilsat 6% animalsk fedt i en horisontalblander portionsvis á 100 kg. Dette medførte, at den valsede byg først blev behandlet med fedt 15 - 20 min. efter valsning.

Det anvendte animalske fedt var renset, ubleget og af god kvalitet. Som antioxidant blev anvendt butylhydroxytoluen (BHT), der blev tilsat med 1250 mg pr. kg fedt. Ved tilsætning af 6% fedt svarede dette til 75 mg BHT pr. kg korn.

Af hver kornart blev der varmebehandlet 7 partier af 300 kg samt udtaget ét parti på 300 kg ubehandlet korn til kontrol. Alle partier blev efter behandling opbevaret i papirsække. Da anvendelsen til grise strakte sig over ca. 1/2 år for hver kornart, blev halvdelen af hvert parti, som skulle anvendes i sidste del af forsøget, opbevaret i kølerum. Resten blev opbevaret på et foderlager, og i løbet af forsøgsperioden blev foderblandinger fremstillet i portioner á 100 kg. Det ubehandlede korn blev forinden formalet på slaglemølle med et 3,5 mm sold. De varmebehandlede partier, der var valset,

blev anvendt direkte i denne form, da tidligere forsøg har vist, at smågrises foderoptagelse og foderudnyttelse ikke påvirkes heraf (Kjeldsen et al.,1984a).

Foderblandingerne var sammensat efter det samme princip, med den overvejende bestanddel bestående af enten hvede, rug eller byg. Sammensætningen af foderblandingerne i de tre forsøg er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hvede-, rug- og bygfoderblandingernes sammensætning
Table 3.1 Composition of wheat, rye, and barley diets

Forsøg	2	3	4
Kornart	Hvede	Rug	Byg
Pct.:			
Hvede	64,2	-	-
Rug	-	63,1	-
Byg	-	-	65,5
Sojaskrå, toastet	9,6	10,0	9,2
Fiskemel, askefattigt	9,6	10,0	9,2
Skummetmælkspulver	9,6	10,0	9,2
Animalsk fedt	4,1	4,1	4,1
Calciumcarbonat	0,2	0,2	0,2
Dicalciumfosfat	1,7	1,7	1,7
Salt	0,3	0,3	0,3
Vitamin/mikromineralbl.	0,4	0,4	0,4
Lysin, premix (40%)	0,3	0,2	0,2
Beregnet indhold:			
FEs pr. kg foder	1,19	1,15	1,12
g ford. protein/FEs	167	159	162

3.2.1.1 Forsøg 2 (tromleopvarmet hvede)

Den anvendte råvare indeholdt 10,6% råprotein og 14,5% vand. Før tromleopvarmning blev hveden opfugtet til 19,2% vand. Der blev fremstillet 8 forskellige foderblandinger, som var identiske bortset fra den behandlede hvede. Forsøgsplanen vist i tabel 3.2 angiver hvilke temperaturer, hvedepartierne blev opvarmet til.

Tabel 3.2 Forsøgsplan (hvede)
Table 3.2 Experimental plan (wheat)

Hold	1	2	3	4	5	6	7	8
Hvede, behandlings-temp. °C	-	125	135	146	156	135	146	156
Tilsat fedt+antiox.	-	+	+	+	+	-	-	-
Antal grise	20	20	20	20	20	20	20	20
Alder ved begyndelse dage	21	21	21	21	21	21	21	21
Alder ved afslutning dage	49	49	49	49	49	49	49	49

Det fremgår af forsøgsplanen, at der blev anvendt ialt 160 grise i forsøget. De blev udvalgt i blokke å 8 kuldsøskende, som straks efter fravænning ved 21 dage blev indsat i enkeltstier på de 8 forskellige foderblandinger. Grisene blev fodret efter ædelyst med forsøgsfoderet i 4 uger, indtil de var 49 dage gamle. De fire hvedepartier, der var tilsat fedt og antioxidant i forbindelse med opvarmningen blev anvendt uden yderligere fedttilsætning i foderblandingerne. Ved fremstilling af de fire øvrige blandinger blev der tilsat fedt og antioxidant af ovennævnte kvalitet til det samme procentvise slutindhold i foderet.

Grisenes vægt og foderoptagelse blev registreret ugentligt. Gødningskonsistensen blev vurderet dagligt. Ved forekomst af diarré blev der foretaget individuel behandling af grisene herfor.

På Bioteknisk Institut blev hvedepartierne analyseret for indhold af råfedt, ligesom tørstofprocenten blev bestemt. Der blev også foretaget en forklistringsanalyse af partierne og peroxidtallet blev bestemt efter lagring af hveden i op til 6 måneder.

De færdige foderblandinger blev undersøgt ved foderstofanalyse ialt fire gange i løbet af forsøgsperioden. Endvidere blev blandingerne analyseret for indhold af aminosyrerne lysin, methionin, treonin og cystin.

De statistiske analyser af resultaterne blev foretaget på UNI-C ved hjælp af GLM-proceduren i SAS. Der gennemførtes en variansanalyse, og i tilfælde af signifikans ($p \leq 0,05$) blev forsøgsbehandlingerne indbyrdes testet ved en t-test på LS-means.

3.2.1.2 Forsøg 3 (tromleopvarmet rug)

Råvaren indeholdt 9,3% råprotein og 15,4 % vand. Før tromleopvarmning blev rugen opfugtet til 25,2% vand. Varmebehandlingen foregik efter samme princip som nævnt under hvedepartierne, blot var temperaturen sænket 10°C for de respektive rugpartier. Forsøgsplanen og varmebehandlingstemperaturerne er vist i tabel 3.3.

Grisene blev indsat i forsøg efter samme princip og i samme aldersgruppe som nævnt under forsøget med hvede. Registreringerne blev ligeledes foretaget efter samme procedure. Sammensætningen af foderblandingen, der blev anvendt i perioden fra 3 til 7 uger er vist i tabel 3.1.

Der blev foretaget analyser af de varmebehandlede rugpartier efter de samme principper, som omtalt i hvedeforsøget, ligesom de færdige foderblandinger blev analyseret på samme måde som gældende for hve-

deblandingerne. Statistiske analyser blev foretaget som for hvede-forsøget.

Tabel 3.3 Forsøgsplan (rug)
Table 3.3 Experimental plan (rye)

Hold	1	2	3	4	5	6	7	8
Rug, behandlings-temp. °C	-	115	125	135	145	115	125	135
Tilsat fedt og antioxidant	-	+	+	+	+	-	-	-
Antal grise	20	20	20	20	20	20	20	20

3.2.1.3 Forsøg 4 (tromleopvarmet byg)

Den anvendte råvare indeholdt 9,4% råprotein og 14,6% vand. Før tromletørring blev byggen opfugtet til 23,7% vand. Forsøgsplanen for varmebehandlet byg var den samme som for hvede og rug, og partierne havde de samme afgangstemperaturer fra tromletørreren som den behandlede rug. Forsøgsplanen er vist i tabel 3.4.

Tabel 3.4 Forsøgsplan (byg)
Table 3.4 Experimental plan (barley)

Hold	1	2	3	4	5	6	7	8
Byg, behandl. temp. °C	-	115	125	135	145	115	125	135
Tils. af fedt og antioxidant	-	+	+	+	+	-	-	-
Antal grise	20	20	20	20	20	20	20	20

Sammensætningen af foderblandingen til grisene i perioden fra 3 - 7 uger er skitseret i tabel 3.1.

Principperne for forsøgets udførelse og statistisk behandling af data var de samme som nævnt for hvede- og rugpartierne, beskrevet under pkt. 3.2.1.1 og 3.2.1.2.

3.3 Resultater

3.3.1 Resultater af forsøg 2 (tromleopvarmet hvede)

Kemiske analyser blev foretaget på kornpartierne efter varmebehandlingen, resultaterne af disse analyser (udført på Bioteknisk Institut) fremgår af tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kemiske analyser af hvede efter varmebehandling
Table 3.5 Chemical analyses of wheat after heat treatment

Kornparti	1	2	3	4	5	6	7	8
Korntemp. ud af tromlen, °C:								
	-	125	135	146	156	135	146	156
Fedt + antioxidant	-	+	+	+	+	-	-	-
Tørstof, %	85,5	92,0	95,1	96,1	97,7	93,6	95,6	97,3
Råfedt, % af tørstof	2,6	9,0	9,0	8,7	8,5	2,4	2,3	2,2
Forklistringsgrad	12	*	56	64	66	56	64	66
Tilgængeligt lysin, % af tørstof	0,27	*	0,25	0,24	0,21	0,26	0,24	0,22
Peroxidtal, meq/kg fedt:								
Lagring i 0 mdr.	1,7	2,1	2,1	2,2	2,0	4,0	5,6	2,6
" " 1/2 mdr.	3,7	3,4	4,6	5,0	3,7	72,7	63,5	26,5
" " 2 mdr.	3,1	8,7	6,8	7,7	5,7	150,0	96,0	87,5
" " 6 mdr.	4,3	7,5	20,1	34,6	10,4	208,0	218,0	147,0

*) ikke analyseret

Det fremgår, at tørstofprocenten i de behandlede partier steg med stigende behandlingstemperatur. Forklistringsgraden steg med stigende varmepåvirkning fra 12% i det ubehandlede kornparti (1) til 66% i hvedepartiet (5), der havde en temperatur på 156°C ved udløø-

bet af tromlen. Samtidig kunne iagttages en tendens til fald i den tilgængelige lysinmængde med øget varmebehandling. Peroxidtallet steg i alle de varmebehandlede partier, der ikke var tilsat beskyttet fedt allerede efter 1/2 mdr's lagring, og stigningen fortsatte ved lagring i henholdsvis 2 og 6 mdr. Partierne, der fik beskyttet fedt, adskilte sig ikke fra det ubehandlede parti med hensyn til peroxidtal i de første 2 måneder. Efter lagring i 6 mdr. kunne der dog også iagttages et stigende peroxidtal i disse varmebehandlede partier.

De otte færdige foderblandinger blev analyseret ialt fire gange i løbet af forsøget. Resultaterne af disse analyser er vist i tabel 3.6.

Tabel 3.6 Analyser af foderblandinger med hvede, pct.
Table 3.6 Analyses of diets containing wheat, percent

Blanding	1	2	3	4	5	6	7	8
Tørstof	90,0	91,6	91,9	92,9	93,2	92,3	92,9	93,3
% af tørstof:								
Aske	6,8	6,8	6,6	6,4	6,0	6,2	6,4	6,1
Råprotein	26,2	25,9	25,4	24,7	24,1	24,5	24,9	24,7
Råfedt	7,2	6,7	6,6	7,0	6,5	7,4	7,0	7,1
Træstof	2,8	2,9	2,7	2,8	2,7	2,7	2,7	2,8
NFE	57,0	57,7	58,7	59,1	60,7	59,2	59,0	59,3
Beregnet efter analyse:								
FEs/kg	1,20	1,20	1,21	1,22	1,22	1,22	1,23	1,23

Resultaterne af analyserne viste, at tørstofprocenten og indholdet af kvælstoffrie ekstraktstoffer også i de færdige blandinger var størst, hvor hvedepartierne var kraftigst varmebehandlet. De øvrige faktorer varierede ikke systematisk med behandlingstemperaturen, og forskellene mellem hold var kun beskedne. Det beregnede indhold af foderenheder pr. kg foder varierede fra 1,20 til 1,23 FEs/kg mellem holdene.

Foderblandingerne blev analyseret for indhold af aminosyrerne lysin, methionin, cystin og treonin. Resultatet af denne analyse er vist i tabel 3.7.

Tabel 3.7 Indhold af aminosyrerne lysin, methionin, cystin og treonin i foderblandingerne, g aminosyre/16 g N

Table 3.7 Amounts of lysine, methionine, cystine, and threonine in the diets g/16 g N

Blanding	1	2	3	4	5	6	7	8
Lysin	6,5	6,0	6,2	5,8	6,1	5,9	6,1	5,8
Methionin	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0
Cystin	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3	1,4
Treonin	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	3,5	3,6	3,5

Det fremgår af tabellen, at indholdet af lysin pr. 16 g N var lavere i foderblandingerne, der indeholdt varmebehandlet korn end indholdet i den ubehandlede kontrolblanding (hold 1). Der kunne ikke påvises en direkte sammenhæng mellem varmepåvirkningsgrad og fald i lysinmængden. Indholdet af de tre øvrige aminosyrer var ikke lavere i de varmebehandlede blandinger end indholdet i kontrolblandingen.

Variansanalyse af resultaterne på grisene viste, at der ikke var signifikant vekselvirkning mellem temperatur og fedt for nogen af de undersøgte egenskaber. Resultater af de to faktorer er derfor angivet som hovedeffekter hver for sig. I tabel 3.8, hvor resultaterne for fedttilsætning er vist, indgik i sammenligningen de 2 x 3 blandinger, hvor kornet var varmebehandlet ved parallelle temperaturer.

Tabel 3.8 Effekt ved tilsætning af fedt og antioxidant til varmebehandlet hvede på tilvækst, foderoptagelse og foderudnyttelse

Table 3.8 Effect of addition of fat and antioxidant to heat-treated wheat on gain, feed intake, and feed conversion

Hvede tilsat fedt og antioxidant	+	-
Hold nr. der indgik i sammenlign.	3,4,5	6,7,8
Pct. råfedt i foderblanding	6,2	6,6
FEs pr. kg foderblanding	1,22	1,23
Fordøjeligt protein, g/FEs	166	165
Antal grise i forsøg	60	60
Gennemsnitsvægt, kg:		
ved 21 dage	6,9	6,9
ved 49 dage	15,2	15,3
Daglig tilvækst, g	296	301
FEs/gris	14,5	15,2
FEs/kg tilvækst	1,75	1,80
Antal diarrébehandlinger, gns./gris	0,1	0,2

Tabellen viser, at der ikke kunne påvises nogen positiv effekt af fedt- og antioxidanttilsætningen til det varmebehandlede korn. De to grupper af grise voksede lige stærkt, og der var ingen signifikant forskel i foderoptagelse eller foderudnyttelse mellem grupperne.

Effekten af varmebehandling ved forskellige temperaturer, når gennemsnit af holdene med eller uden beskyttet fedt blev sammenlagt, er skitseret i tabel 3.9.

Tabel 3.9 Temperatureffekt ved varmebehandling af hvede
Table 3.9 Effect of temperature by heat treatment of wheat

Hold	1	2	3+6	4+7	5+8
Beh. temp., °C	-	125	135	146	156
FEs/kg foderbl.	1,20	1,20	1,22	1,23	1,23
Fordøjeligt protein, g/FEs	173	174	167	166	164
Antal grise	20	19	40	40	40
Gennemsnitsvægt, kg:					
ved 21 dage	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
ved 49 dage	15,4	15,1	14,9	15,6	15,2
Dagl. tilv., g	304	290	288	312	295
FEs/gris	13,6[b]	15,2[a]	14,5[ab]	15,3[a]	14,7[a]
FEs/kg tilvækst	1,60[a]	1,87[c]	1,80[b]	1,75[b]	1,78[b]
Diarrébeh., gns./gris	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2

a-c: Resultater på samme linie efterfulgt af forskelligt bogstav er signifikant forskellige ($p \leq 0,05$).

Det fremgår af tabellen, at den daglige tilvækst var størst hos de grise, der fik korn varmebehandlet ved 146°C. Tilvæksten hos dette hold adskilte sig dog ikke signifikant fra de øvrige. Foderoptagelsen var lavest hos det hold, der fik uopvarmet korn (kontrolholdet). Foderudnyttelsen blev derfor signifikant bedst hos kontrolholdet, der adskilte sig fra alle de varmebehandlede grupper. Varmebehandling ved 125°C medførte den absolut dårligste foderudnyttelse af alle behandlingstemperaturer.

Der døde én gris (på hold 2) i løbet af forsøget. Dødsfaldet kunne ikke relateres til forsøgsbehandlingen. Antallet af behandlinger for diarré var lavt for alle grupper, og diarrétilfældene forekom alle indenfor den første uge eller i begyndelsen af anden uge af forsøget. Der var ingen sikker forskel på antallet af behandlinger for diarré mellem grupperne.

3.3.2 Resultater af forsøg 3 (tromleopvarmet rug)

Kemiske analyser af rugpartierne efter varmebehandling er vist i tabel 3.10.

Tabel 3.10 Kemiske analyser af rug efter varmebehandling
Table 3.10 Chemical analyses of rye after heat treatment

Kornparti	1	2	3	4	5	6	7	8
Korntemp. ud af tromlen, °C:								
	-	115	125	135	145	115	125	135
Fedt + antioxidant	-	+	+	+	+	-	-	-
Tørstof, %	86,6	88,0	88,9	93,8	95,0	87,4	89,9	93,3
Råfedt, % af tørstof	1,9	9,3	9,0	9,9	9,4	1,9	1,8	1,7
Forklistringsgrad, %	14	62	77	88	91	*	*	*
Tilgængeligt lysin, % af tørstof	0,29	0,26	0,26	0,20	0,22	*	*	*
Peroxidtal, meq/kg fedt:								
Lagring i 1/2 mdr.	9,1	3,3	4,2	3,1	2,9	9,4	11,4	17,8
" " 4 1/2 mdr.	5,4	4,9	22,4	9,0	3,6	27,8	65,3	85,5
" " 6 mdr.	11,7	6,9	21,5	7,3	8,5	80,5	187,0	200,0

*) ikke analyseret

Det fremgår, at forklistringsgraden steg fra 14% i den ubehandlede rug til 91% i rugpartiet, der havde en afgangstemperatur på 145°C fra tromlen. Den tilgængelige lysinmængde faldt med stigende varmepåvirkning af kornet. Peroxidtallet steg med lagringstiden i de partier, der ikke fik beskyttet fedt i forbindelse med varmebehandlingen. I parti 3, der var tilsat beskyttet fedt, steg peroxidtallet dog også efter lagring i 4 1/2 måned, hvilket kunne tyde på, at fedt og antioxidant ikke var ensartet opblandet i partiet.

Analyser af foderblandingerne er vist i tabel 3.11. Resultaterne viser et gennemsnit af tre undersøgelser for hver blanding. Det fremgår, at tørstofprocenten steg i alle de blandinger, hvor der indgik varmebehandlet korn. De øvrige analyseresultater varierede kun minimalt og ikke afhængigt af kornets varmebehandling. Indholdet af foderenheder var lavest for kontrolblandingen, men forskellene mellem de otte blandinger var kun ringe.

Tabel 3.11 Analyser af foderblandingerne med rug, pct.
Table 3.11 Analyses of diets containing rye, percent

Blanding	1	2	3	4	5	6	7	8
Tørstof	89,0	90,2	90,4	92,4	92,9	90,1	91,0	92,3
% af tørstof:								
Aske	6,3	6,7	6,9	6,5	6,5	6,3	6,3	6,6
Råprotein	23,8	24,5	24,6	23,6	24,0	24,6	23,1	24,7
Råfedt	6,2	6,7	7,0	6,8	6,8	6,2	5,9	6,4
Træstof	2,9	2,7	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7
NFE	60,8	59,4	58,7	60,4	60,0	60,2	62,1	59,6
Beregnet efter analyse:								
FEs/kg	1,15	1,16	1,16	1,18	1,19	1,16	1,16	1,18

Resultater af aminosyreundersøgelserne, der omfattede bestemmelse af indholdet af lysin, methionin, cystin og treonin i de færdige foderblandinger fremgår af tabel 3.12.

Det fremgår af tabellen, at det laveste indhold af lysin fandtes i kontrolblandingen, idet de varmebehandlede blandinger indeholdt fra 0,2 - 0,7 g lysin/ 16 g N mere end indholdet i den ubehandlede blanding. Indholdet af de øvrige tre aminosyrer lå på et konstant niveau uanset varmebehandlingen af kornet.

Variansanalyse af grisenes resultater viste som i hvedeforsøget ikke signifikant vekselvirkning mellem temperatur og fedt. Sammenligning af resultaterne fra de 2 x 3 hold, der fik rug, varmebehandlet

Tabel 3.12 Indhold af aminosyrerne lysin, methionin, cystin og treonin i foderblandingerne, g aminosyre/16 g N

Table 3.12 Amounts of lysine, methionine, cystine, and threonine in the diets, g/16 g N

Blanding	1	2	3	4	5	6	7	8
Lysin	6,1	6,8	6,5	6,4	6,5	6,7	6,3	6,5
Methionin	2,3	2,2	2,0	2,1	2,2	2,2	2,1	2,2
Cystin	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4
Treonin	4,0	4,1	3,9	3,9	3,9	4,0	3,9	3,9

ved parallelle temperaturer (med eller uden tilsætning af beskyttet fedt) er vist i tabel 3.13.

Tabel 3.13 Effekt ved tilsætning af fedt og antioxidant til varmebehandlet rug på tilvækst, foderoptagelse og foderudnyttelse

Table 3.13 Effect of addition of fat and antioxidant to heat-treated rye on gain, feed intake, and feed conversion

Rug tilsat fedt og antioxidant	+	-
Hold nr. der indgik i sammenligning	2, 3, 4	6, 7, 8
Pct. råfedt i foderblanding	6,2	5,6
FEs/kg foderblanding	1,17	1,17
Fordøjeligt protein, g/FEs	161	161
Antal grise i forsøg	57	56
Gennemsnitsvægt, kg:		
Ved 21 dage	7,0	7,1
Ved 49 dage	12,3	12,8
Daglig tilvækst, g	189	205
FEs/gris	11,2	11,6
FEs/ kg tilvækst	2,13	2,01

Det fremgår, at der ikke var nogen sikker forskel mellem de to grupper af grise, og dermed, at der ikke kunne påvises nogen positiv effekt ved tilsætningen af beskyttet fedt.

Effekten af temperaturen ved varmebehandling af rug er vist i tabel 3.14.

Tabel 3.14 Temperatureffekt ved varmebehandling af rug
Table 3.14 Effect of temperature by heat treatment of rye

Hold	1	2+6	3+7	4+8	5
Beh. temp., °C	-	115	125	135	145
FEs/kg foderbl.	1,15	1,16	1,16	1,18	1,19
Ford.prot.,g/FEs	158	163	159	161	161
Antal grise	18	36	39	38	20
Gennemsnitsvægt, kg:					
Ved 21 dage	7,2	7,0	7,2	7,0	7,1
Ved 49 dage	13,6[a]	12,4[ab]	13,0[ab]	12,3[bc]	11,7[c]
Dagl. tilv.,g	228[a]	193[ab]	207[ab]	190[bc]	165[c]
FEs/gris	10,7	11,6	11,5	11,0	10,5
FEs/kg tilv.	1,67[a]	2,15[b]	1,99[ab]	2,07[ab]	2,27[b]

Det ses, at den daglige tilvækst var dårligst i de to grupper af grise, der fik rug varmebehandlet ved de højeste temperaturer (135°C og 145°C). Den største daglige tilvækst fandtes hos kontrolgruppen. Der blev ikke fundet nogen sikker forskel på den samlede foderoptagelse, men foderudnyttelsen var bedst i kontrolgruppen. Den dårligste foderudnyttelse fandtes i de to grupper af grise, der fik rug varmebehandlet ved 115°C og 145°C.

I løbet af forsøget med tromleopvarmet rug døde ialt 8 grise (af 120 indsatte), og 1 gris blev udsat på grund af utrivelighed. Fordelingen af dødsfald var tilsyneladende tilfældig på forsøgsbehand-

lingerne og skyldtes alvorlige problemer med diarré efter fravænning på alle hold. I tabel 3.15 vises det gennemsnitlige antal diarrébehandlinger pr. gris.

Tabel 3.15 Antal behandlinger for diarré pr. gris
Table 3.15 Number of treatments of diarrhoea per piglet

Hold	1	2	3	4	5	6	7	8
Beh./gris	1,50[a]	1,45[a]	2,00[ab]	2,40[b]	1,75[ab]	1,60[ab]	1,75[ab]	1,50[a]

Det fremgår, at alle grise i gennemsnit blev behandlet mindst én gang for diarré, og det hold, der havde de alvorligste problemer, blev behandlet mere end to gange pr. gris.

3.3.3 Resultater af forsøg 4 (tromleopvarmet byg)

De otte bygpartier blev på Bioteknisk Institut analyseret efter en reduceret model. Resultaterne af den kemiske analyse fremgår af tabel 3.16.

Tabel 3.16 Kemiske analyser af byg efter varmebehandling
Table 3.16 Chemical analyses of barley after heat treatment

Kornparti	1	2	3	4	5	6	7	8
Korntemp. ud af tromlen, °C:								
	-	115	125	135	145	115	125	135
Fedt+antioxidant	-	+	+	+	+	-	-	-
Tørstof, %	85,4	88,6	90,7	92,3	97,1	89,0	90,2	90,1
Råfedt,% af tørst.	2,3	9,4	9,6	9,0	9,2	2,2	2,2	2,2
Forklistr.grad, %	16	75	85	87	95	*	*	*
Peroxidtal, meq/kg fedt:								
Lagring i 2 mdr.	3,9	4,5	2,6	6,5	11,8	32,3	42,1	54,1

*) ikke analyseret

Det fremgår af tabellen, at forklistringsgraden steg fra 16% i kontrolpartiet til 95% i det bygparti, der opnåede en temperatur på 145°C ved udløbet af tromlen. Peroxidtallet blev bestemt efter lagring af kornet i 2 måneder. Resultaterne viste, som for både hvede og rug, en stigning i værdierne for de varmebehandlede bygpartier, der ikke var tilsat beskyttet fedt.

Foderblandingerne blev analyseret ialt 3 gange, resultaterne af analyserne fremgår af tabel 3.17.

Tabel 3.17 Analyser af foderblandinger med byg, i pct.
Table 3.17 Analyses of diets containing barley, percent

Blanding	1	2	3	4	5	6	7	8
Tørstof	88,6	89,6	90,3	90,8	91,1	90,1	90,4	90,3
% af tørstof:								
Aske	6,4	6,2	6,5	5,7	6,1	6,2	6,9	6,8
Råprotein	22,6	21,8	22,6	21,3	21,1	22,1	23,1	23,3
Råfedt	6,7	7,0	7,1	6,8	6,8	6,8	7,2	7,3
Træstof	4,5	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,8	4,5
NFE	59,8	61,0	59,8	62,1	61,9	60,8	58,0	58,1
Beregnet efter analyse:								
FEs/kg	1,12	1,14	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13	1,14

Det ses, at tørstofprocenten steg fra blanding 2 til 5 med stigende behandlingstemperatur. De øvrige værdier varierede kun i ringe grad og uafhængigt af temperaturen. Det beregnede indhold af foderenheder var derfor også næsten konstant mellem hold; det laveste indhold fandtes i den ubehandlede blanding 1. Blandingernes indhold af protein var generelt lavere end forventet.

Analyse af aminosyreindholdet i de færdige blandinger er vist i tabel 3.18.

Tabel 3.18 Indhold af aminosyrerne lysin, methionin, cystin og treonin i foderblandingerne, g aminosyre/ 16 g N

Table 3.18 Amounts of lysine, methionine, cystine, and threonine in the diets g/16 g N

Blanding	1	2	3	4	5	6	7	8
Lysin	6,3	6,2	6,6	6,2	5,9	6,2	6,4	6,8
Methionin	2,0	2,1	2,1	2,0	1,9	2,1	2,0	2,2
Cystin	1,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4
Treonin	3,9	4,0	3,8	3,7	3,6	3,9	3,8	4,0

I tabellen ses, at lysinindholdet varierede en del mellem blandingerne og uden en klar tendens. Den eneste blanding, der havde et

Tabel 3.19 Effekt ved tilsætning af fedt og antioxidant til varmebehandlet byg på tilvækst, foderoptagelse og foderudnyttelse

Table 3.19 Effect of addition of fat and antioxidant to heat-treated barley on gain, feed intake and feed conversion

Byg tilsat fedt og antioxidant	+	-
Hold nr. der indgik i sammenlign.	2,3,4	6,7,8
Pct. råfedt i foderblanding	6,3	6,4
FEs/kg foderblanding	1,15	1,14
Fordøjeligt protein, g/FEs	146	154
Antal grise i forsøg	59	58
Gennemsnitsvægt, kg:		
Ved 21 dage	6,9	6,9
Ved 49 dage	13,7	13,2
Daglig tilvækst, g	242	228
FEs/gris	13,6	13,6
FEs/ kg tilvækst	2,01	2,13
Antal diarrébehandlinger, gns./gris	1,1	0,9

markant lavere lysinindhold end kontrolblandingen var nummer 5, der da også var behandlet ved den højeste temperatur (145°C).

Da der ikke fandtes vekselvirkning mellem temperatur og fedt på grisenes produktionsresultater, er resultaterne af tilsætning af beskyttet fedt til den varmebehandlede byg vist i tabel 3.19 som en hovedeffekt.

Det fremgår af tabellen, at der ikke kunne påvises nogen sikker positiv effekt af fedttilsætning til den varme byg.

Effekten af byggens behandlingstemperatur er vist i tabel 3.20.

Tabel 3.20 Temperatureffekt ved varmebehandling af byg

Hold	1	2+6	3+7	4+8	5
Beh. temp., °C	-	115	125	135	145
FEs/kg foderblanding	1,12	1,14	1,14	1,15	1,15
Fordøjeligt protein, g/FEs	151	147	154	149	141
Antal grise	20	40	38	39	20
Gennemsnitsvægt, kg:					
Ved 21 dage	6,9	6,8	6,9	6,9	6,8
Ved 49 dage	14,0	13,3	13,4	13,6	13,4
Daglig tilvækst, g	255	232	234	240	235
FEs/gris	12,3	13,4	13,5	13,9	13,3
FEs/kg tilvækst	1,72[a]	2,06[b]	2,06[b]	2,07[b]	2,02[ab]
Diarrébehandl., gns./gris	1,1	1,3	1,0	0,8	0,6

Det ses i tabellen, at der ikke var nogen statistisk sikker forskel på den daglige tilvækst eller den totale foderoptagelse mellem grupperne. Foderudnyttelsen var dog bedre hos grisene på kontrolholdet end hos de grise, der fik byg behandlet ved 115°C, 125°C og 135°C. Byggen, som nåede en temperatur på 145°C medførte ikke en signifikant dårligere foderudnyttelse hos grisene.

Der udgik ialt 3 grise af forsøget (én fra hvert af holdene nr. 3, 7 og 8). Grisene udgik på grund af manglende foderoptagelse og utrivelighed. Gennemsnittet af behandlinger for diarré pr. gris på 0,6 - 1,1 gang var noget lavere end ved varmebehandlet rug (tabel 3.15), men højere end ved varmebehandlet hvede (tabel 3.9). Ingen af behandlingsfrekvenserne adskilte sig sikkert mellem grupperne.

3.4 Diskussion og delkonklusion

Varmebehandlingens effekt på forklistring af kornets stivelse var som forventet afhængig af behandlingsbetingelserne, men også af kornarten. Ved sammenligning af forklistringsgraden mellem hvede, rug og byg (jf. figur 3.1) kunne det konstateres, at hveden generelt opnåede lavere forklistringsgrader end gældende for rug og byg ved samme behandlingstemperatur. Dette resultat var i overensstemmelse med de generelle egenskaber for hvede, der blev præsenteret i tabel 1.1.

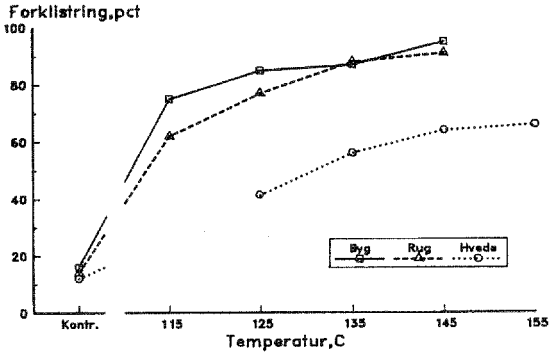


Fig. 3.1 Sammenhæng mellem forklistringsgrad (i %) og behandlingstemperatur (°C) for hvede, rug og byg

Fig. 3.1 Correlation between gelatinization (%) and temperature of heat-treatment (°C) for wheat, rye, and barley

Selvom behandlingseffekten således kunne udtrykkes ved hjælp af forklistringsgrad, blev der ikke fundet nogen positiv sammenhæng mellem stigende forklistringsgrad og forbedrede produktionsresultater hos grisene. De bedste produktionsresultater blev for alle tre kornarters vedkommende opnået hos de grise, der fik uopvarmet korn.

Bestemmelser af indholdet af tilgængeligt lysin i den opvarmede hvede og rug viste en tendens til fald med stigende behandlingstemperatur. Dette var især tilfældet for rugen. Den totale lysinmængde derimod viste ikke et generelt fald for blandingerne med de tre kornarter. Forklaringen på de her opnåede resultater kan være, at lysinet ved opvarmning bliver delvist utilgængeligt, og dermed vanskeligere for grisene at udnytte.

Tilsætning af fedt med antioxidant til det varme korn havde en beskyttende effekt mod harskning, idet peroxidtallet forblev uændret selv under længere tids lagring. Derimod blev der iagttaget en udtalt tendens til harskning af varmebehandlet korn, som ikke blev tilsat beskyttet fedt. Peroxidtallet blev anvendt som udtryk for harskningsprocessen. Tolkning af peroxidtallet kan være vanskeligt (Kjeldsen et al., 1984b), da en lav værdi ikke nødvendigvis er ensbetydende med en forsvarlig kvalitet af kornet. Mængden af hydroxyperoxider i foderets fedtfraktion (peroxidtallet) kan være lav, hvis peroxiderne er yderligere nedbrudt. Under alle omstændigheder vil et højt peroxidtal dog være tegn på en fremskreden oxidering.

Grisenes foderoptagelse, tilvækst, foderudnyttelse og diarréfrekvens var ikke påvirket af, om kornet var iblandet beskyttet fedt i forbindelse med varmebehandlingen. Der blev heller ikke fundet nogen vekselvirkning mellem tilsætning af fedt + antioxidant og behandlingstemperaturen for kornet.

Den samlede foderoptagelse for grisene, der fik enten opvarmet hvede, rug eller byg er vist i figur 3.2.

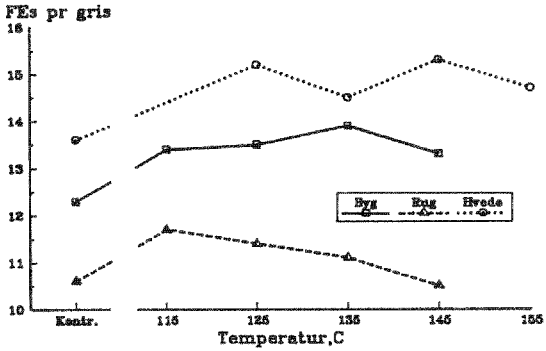


Fig. 3.2 Den totale foderoptagelse pr. gris, for grise fodret med enten varmebehandlet hvede, rug eller byg.

Fig. 3.2 Total feed intake per piglet by piglets fed either heat-treated wheat, rye, or barley

Ved fodring af grisene efter ædelyst blev der for alle tre kornarters vedkommende registreret en større foderoptagelse for det var

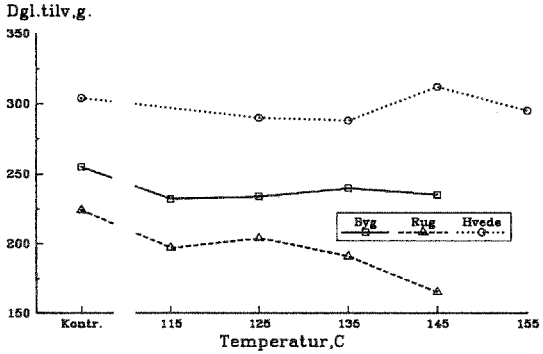


Fig. 3.3 Den daglige tilvækst (i gram) hos grise, der blev fodret med enten opvarmet hvede, rug eller byg

Fig. 3.3 Daily gain (g) by piglets fed either heat-treated wheat, rye, or barley

mebehandlede end for det ubehandlede korn. Der blev ikke fundet nogen sikker forskel på foderoptagelsen efter varmebehandling af kornet ved forskellige temperaturer.

Grisenes daglige tilvækst, når de fik enten varmebehandlet hvede, rug eller byg er vist i figur 3.3.

Det fremgår af figuren, at grisenes daglige tilvækst ikke blev forbedret ved tildeling af varmebehandlet korn. I alle tre forsøg havde kontrolholdet generelt den største daglige tilvækst. For rugens vedkommende blev fundet en betydelig reduktion i tilvæksten efter opvarmning af kornet til 135°C og 145°C.

En illustration af foderudnyttelsen for grisene, der blev fodret med respektivt én af de tre kornarter er vist i figur 3.4.

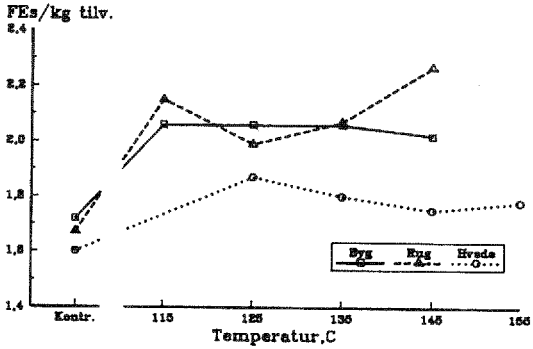


Fig. 3.4 Foderudnyttelsen (FEs/kg tilv.) for grise fodret med enten varmebehandlet hvede, rug eller byg

Fig. 3.4 Feed conversion efficiency (FUp/kg gain) by piglets fed either heat-treated wheat, rye, or barley

Figuren viser, at foderudnyttelsen klart var bedst i kontrolholdene uanset kornart. Varmebehandling førte til en forringet foderudnyt-

telse på baggrund af den forøgede foderoptagelse og reducerede tilvækst. I rugforsøget var forringelsen betydelig for korn, der var opvarmet til den højeste temperatur på 145°C. For både hvedens og byggens vedkommende var den forringede foderudnyttelse uafhængig af temperaturen for kornets opvarmning.

Diarréfrekvensen hos grisene var generelt ikke påvirket af kornets behandling. Derimod var der stor forskel på omfanget af diarré hos grisene mellem de tre kornarter. Hveden gav kun anledning til få diarrébehandlinger, mens rugen som forventet voldte store problemer. Den gennemsnitlige behandlingsfrekvens mod diarré var omtrent 2 gange pr. gris i rugforsøget, ligesom ialt 8 grise døde i løbet af de 4 uger, som forsøget strakte sig over. For byggens vedkommende blev grisene i gennemsnit behandlet 1 gang mod diarré, og der udgik 3 grise på grund af utrivelighed i løbet af forsøgsperioden.

Konklusionen på de tre forsøg var således følgende: Varmebehandlingens effekt på kornet kunne karakteriseres ved forklistringsgraden. Coatning af varmebehandlet korn med fedt og antioxidant modvirkede peroxidering ved lagring. Disse egenskaber ved foderet kunne imidlertid ikke direkte relateres til grisenes produktionsresultater. Varmebehandlet korn øgede generelt foderoptagelsen, men førte ikke til øget tilvækst, og medførte derfor ringere foderudnyttelse end ubehandlet korn. Rug var ikke egnet som eneste kornart i fravænningsfoder.

4. FORSØG MED TILDELING AF EKSTRUDERET FODERKORN TIL GRISE FRAVÆNNET VED 2, 3, 4 ELLER 5 UGERS ALDER

4.1 Indledning

Fordøjelsesenzymernes aktivitet hos pattegrise varierer i væsentlig grad med alderen. I det første par uger af grisens liv dominerer laktaseaktiviteten, idet grisen er indstillet på udnyttelse af sommælk. Efter 5-6 ugers alderen er laktaseniveauet minimalt, og enzymaktiviteten er fuldstændig domineret af produktion af enzymer (herunder amylase, maltase og sakkarase), der kan nedbryde vegetabilske foderemner (Fowler, 1985).

Udnyttelsen af stivelsesenergien i korn er som nævnt i beretningens første del afhængig af enzymerne amylase, α(1-6)-glukosidase og maltase. Da opvarmning af foderkorn øger tilgængeligheden af stivelse, kunne det forventes, at responsen på en sådan behandling ville være afhængig af den alder, ved hvilken grisene blev fravænnet og omstillet til vegetabilske foderemner.

Formålet med forsøget var derfor at undersøge, om ekstrudering af foderkorn til grise med forskellig fravænningsalder (2, 3, 4 eller 5 uger) havde indflydelse på deres vækst, foderudnyttelse og sundhedstilstand.

4.2 Materiale og metode

I forbindelse med et andet projekt, som omhandlede effekten af diegivningens længde på søernes reproduktion, indgik som delmål en undersøgelse af ekstruderet korns indflydelse på grisenes vækst, foderudnyttelse og sundhed.

Forsøget omfattede 64 søer, der var i forsøg gennem 4 reproduktionscykler indtil fravænning af 4. kuld grise.

En skitse af forsøgsplanen fremgår af tabel 4.1.

Tabel 4.1 Forsøgsplan
Table 4.1 Experimental plan

Grise, fravænningsalder, dage	14		21		28		35	
Antal søer	16		16		16		16	
Grisefoder m. ekstruderet korn	+	-	+	-	+	-	+	-
Antal kuld pr. so	2	2	2	2	2	2	2	2
Antal kuld ialt	32	32	32	32	32	32	32	32

Det fremgår af tabellen, at ialt 16 søer indgik i hver af de fire grupper med forskellig fravænningsalder for grisene (henholdsvis 14, 21, 28 og 35 dage). Forsøget var planlagt således, at hvert andet kuld grise fra den enkelte so fik ekstruderet korn, og hvert andet fik ubehandlet korn. Grisene var i forsøg, indtil de var 49 dage gamle.

Grisene, der blev fravænnet ved 14 og 21 dage, fik en foderblanding, hvori indgik 62% korn. De grise, som blev fravænnet ved 28 og 35 dage fik en foderblanding, hvoraf korn udgjorde 69%. Kornet bestod af lige dele byg og hvede, og begge kornarter var enten ubehandlet eller ekstruderet efter samme fremgangsmåde som beskrevet i afsnit 2.2.1.

Sammensætning af de to foderblandinger er vist i tabel 4.2.

Alle grise, uanset fravænningsalder, fik tørfoder fra 2 ugers alderen. Tørfoderet var af den samme sammensætning, såvel før som efter fravænning, og i hele perioden blev der fodret efter ædelyst. Blandingerne blev tildelt i melform.

Der blev foretaget daglige registreringer af gødningskonsistensen hos grisene efter fravænning. Ved fremkomst af diarré blev grisene individuelt behandlet herfor ved injektion med antibiotika. Antallet af behandlinger blev registreret.

Tabel 4.2 Foderblandingernes sammensætning
Table 4.2 Composition of diets

Foder til grise fravænnet ved:	14 og 21 dage	28 og 35 dage
Pct:		
Byg	30,8	34,5
Hvede	30,7	34,4
Fiskemel, askefattigt	9,6	7,6
Skummetmælkspulver	9,6	7,6
Sojaskrå, toastet	9,6	7,6
Animalsk fedt	3,0	3,0
Vegetabilsk fedt	2,0	2,0
Sukker	2,0	-
Calciumcarbonat	0,2	0,3
Dicalciumfosfat	1,7	1,9
Salt	0,3	0,3
Vitamin/mikromineralblanding	0,4	0,4
Lysin, premix (100%)	0,1	0,3
Methionin, premix (100%)	-	0,1
Beregnet indhold:		
FEs pr. kg foder	1,20	1,19
g fordøjeligt protein pr. FEs	160	146

Statistiske analyser af resultaterne blev gennemført på UNI-C ved brug af GLM proceduren i SAS. Der blev foretaget variansanalyser med kuldgennemsnit som observation. Test for kornbehandlingen gennemførtes for hver fravænningsalder for sig. Derefter blev analyseret for eventuel vekselvirkning af fravænningsalder x kornbehandling, og i tilfælde af ikke signifikant vekselvirkning ($p > 0,05$) blev testet for effekt af kornbehandling på hele materialet med fravænningsalder som klassevariabel.

4.3 Resultater

Det faktisk opnåede antal kuld grise afveg fra det beregnede antal i forsøgsplanen, da enkelte søer udgik af forsøget, før de havde

gennemført alle fire reproduktionscykler.

En oversigt med det samlede antal kuld på de forskellige fravænningstidspunkter samt af grisenes gennemsnitsvægt ved afslutning af forsøget er vist i tabel 4.3.

Det fremgår af tabellen, at mellem 21 og 27 kuld grise fra de fire forskellige fravænningstidspunkter fik ubehandlet foderkorn, mens mellem 25 og 28 kuld fik ekstruderet korn. Ialt var således 100 kuld i forsøg med ubehandlet foderkorn og 105 kuld med ekstruderet korn.

Tabel 4.3 Antal kuld i forsøg og grisenes gennemsnitsvægt ved 49 dage

Table 4.3 Number of litters in experiment and the piglets' mean weight at 49 days of age

Grise, fravænningsalder, dage	14	21	28	35	alle
Antal kuld fodret med:					
ubehandlet korn	21	27	27	25	100
ekstruderet korn	25	27	28	25	105
Gennemsnitsvægt v. 49 dage, kg:					
ubehandlet korn	13,7	14,0	14,1	13,5	13,8
ekstruderet korn	13,3	13,6	13,8	13,0	13,5

Tabellen viser desuden, at den højeste vægt hos grisene, når de var 49 dage gamle, blev registreret i de to grupper, som blev fravænnet ved 28 dage. Ved sammenligning af gennemsnitsvægten for alle grise, der fik ubehandlet korn, med gennemsnitsvægten for de grise, der fik ekstruderet korn, viste resultaterne, at førstnævnte klarede sig bedst. Ved 49 dage vejede grisene fra alle fire fravænningstidspunkter mest, når de fik ubehandlet korn. Vægtforskellene var dog ikke statistisk signifikante.

Produktionsresultaterne for grisene er vist i tabel 4.4.

Det fremgår af tabellen, at den samlede tørfoderoptagelse var størst hos de grise, der blev fravænnet ved 14 dage. Hos grise, som blev fravænnet senere, var foderoptagelsen betydelig lavere, selvom de havde adgang til foder fra 2 ugers alderen. Der var ingen forskel på den optagne mængde af foder med henholdsvis ubehandlet eller ekstruderet korn.

Generelt var tilvæksten størst hos grisene, der fik ubehandlet foderkorn, men forskellen på tilvækst mellem de to grupper var ikke statistisk sikker. Derimod var foderudnyttelsen signifikant ringest for grisene, der fik ekstruderet korn. Det skyldes de to grupper af

Tabel 4.4 Sammenligning af grisenes foderoptagelse, tilvækst og foderudnyttelse ved fodring med ubehandlet eller ekstruderet korn.

Table 4.4 Comparison of the piglets' feed intake, gain, and feed conversion when fed untreated or extruded cereals

Grise, fravænningsalder, dage	14	21	28	35	alle
FEs pr. gris (2-7 uger):					
ubehandlet korn	17,7	14,5	12,0	8,2	12,9
ekstruderet korn	16,8	15,2	12,0	8,1	13,0
Daglig tilvækst, g (2-7 uger):					
ubehandlet korn	255	268	270	260	263
ekstruderet korn	243	260	263	249	254
FEs pr. kg tilv. (frav.-7 uger):					
ubehandlet korn	1,98	1,89[a]	1,96[a]	1,92	1,94[a]
ekstruderet korn	1,98	2,06[b]	2,05[b]	1,93	2,01[b]

a-b: resultater i samme kolonne efterfulgt af forskelligt bogstav er signifikant forskellige ($p \leq 0,05$).

grise, der blev fravænnet ved henholdsvis 21 og 28 dage, hvor disse grupper hver for sig havde signifikant forringet foderudnyttelse.

Der blev ikke for nogle af de undersøgte egenskaber fundet vekselvirkning mellem fravænningsalder og kornbehandling.

Der var generelt kun få problemer med diarré for alle fravænningsaldre. For ekstruderet korn lå behandlingsfrekvensen mellem 0,2 og 0,3 i alle fire fravænningsgrupper. Det ubehandlede korn førte til lidt flere behandlinger hos grisene, der blev fravænnet ved 14, 21 og 28 dage, nemlig 0,3, 0,4 og 0,4 behandlinger i gennemsnit pr. gris. I den sidste gruppe, hvor grisene blev fravænnet ved 5 uger, lå behandlingsfrekvensen til gengæld lavere for ubehandlet end for ekstruderet korn, nemlig på 0,1 behandling i gennemsnit pr. dyr.

4.4 Diskussion og delkonklusion

Foderudnyttelsen blev i dette forsøg forringet ved fodring af grisene med ekstruderet foderkorn. Der blev således ikke opnået nogen fordel ved øgning af stivelsens tilgængelighed i foderkornet ved hjælp af ekstrudering. Resultaterne støtter således tidligere observationer af Fowler (1985), der anfører, "at en given, lav enzymkoncentration på et bestemt udviklingstrin hos grise ikke nødvendigvis er indikativt for en manglende potentiel aktivitet for enzymet på udviklingstrinnet. Som gældende for mange andre biologiske systemer, behøver organismen at føle et nødvendigt behov, før den udvikler en til behovet svarende respons".

Adaptation til en vegetabilsk diæt ved hjælp af enzymtilpasning ser således ud til at foregå i et tilstrækkeligt omfang hos grise, uafhængigt af fravænningstidspunktet. Derfor spiller tilgængeligheden af stivelse ikke nogen afgørende rolle for grisenes optimale produktionsresultater i den første tid efter fravænningen. Mere afgørende for grisene virker selve den latenstid, der findes ved omstilling af enzymsystemet fra mælkebaseret til vegetabilsk foder.

Konklusionen på forsøget var således, at der ikke kunne påvises nogen positiv effekt på grisenes produktionsresultater ved tildeling af ekstruderet foderkorn i 2 - 7 ugers alderen. Udslag for kornets behandling var ikke generelt påvirket af grisenes fravænningsalder.

5. SAMLET DISKUSSION OG KONKLUSION

I tidligere arbejder, refereret af Lawrence (1985), er sammenlignet effekten af forskellige varmebehandlingsmetoder anvendt på bl.a. hvede, byg og majs. Det kan i undersøgelserne være vanskeligt at sammenligne resultaterne, idet procesteknikkerne for varmebehandlingerne som oftest er forskellige eller mangelfuldt beskrevne (Lawrence, 1972; Lawrence, 1973; Lawrence, 1975).

Generelt kan det dog uddrages, at det er muligt at øge stivelsens tilgængelighed ved opvarmning (Fernandes et al., 1975; Shian et al., 1976). Derimod har resultaterne været varierende ved anvendelse af varmebehandlede kornprodukter i forsøg med grise. Aumaitre (1976) fandt en mindre forbedring i næringsværdien efter varmebehandling af majs og byg. Fernandes et al. (1975) fandt for byg et forøget indhold af fordøjelig energi efter mikronisering, men dette havde ingen positiv effekt på grisenes vækst eller foderudnyttelse. Lawrence (1973) fandt i sine tidlige forsøg en positiv effekt af varmebehandlet majs og byg; hvorimod varmebehandling af hvede ikke førte til forbedrede produktionsresultater. I senere forsøg (Lawrence, 1975) undersøgte forfatteren varmebehandling af hvede ved forskellige temperaturer. Det eneste sikre udslag i disse forsøg var en dårligere tilvækst og foderudnyttelse hos grise, der fik hvede varmebehandlet ved den højeste temperatur (220°C).

I rotteforsøg fandt Essatara et al. (1976) en øget fordøjelighed på tørstofbasis samt for kvælstof efter tre forskellige varmebehandlingsmetoder anvendt på majs og hvede. Dette syntes imidlertid ikke at være positivt for dyrene, fordi den biologiske værdi af det varmebehandlede foder tilsyneladende blev forringet.

Papasolomontos og Wilkinson (1976) fandt en nedsat opløselighed af kvælstof efter varmebehandling af byg og majs. Mason og Weidner (1964) fandt i deres tidlige undersøgelser med varmebehandlet fiskemel en nedsat opløselighed af lysin, hvilket medførte en dårligere

vækst hos grise, når fiskemelet blev anvendt i fodringsforsøg (Madsen et al., 1965).

Der er således flere ting, som antyder en ændring af proteinets biologiske værdi efter varmebehandling af korn. Det kunne derfor tyde på, at den opnåede forbedring i stivelsens tilgængelighed mere end opvejes af en nedsat biologisk værdi af proteinfraktionen. Denne antagelse understøttes af de udførte balanceforsøg med rotter (beskrevet under pkt. 2.2.3), hvor både proteinets sande fordøjelighed, biologiske værdi og nettoudnyttelse blev forringet ved de forskellige varmebehandlingsmetoder anvendt på byg. Andre fordøjelighedsforsøg ved Statens Husdyrbrugsforsøg har vist, at der findes nøje overensstemmelse mellem værdierne for proteinets sande fordøjelighed og foderets fordøjelige energi hos rotter og smågrise (Eggum et al., 1987).

Resultaterne af produktionsforsøgene med grise viste, at foderoptagelsen generelt blev øget efter varmebehandling af korn (en undtagelse var ekstrudering). Den daglige tilvækst blev imidlertid kun forbedret signifikant ved anvendelse af trykkogt byg, mens såvel dampkogning, tromletørring og mikronisering førte til mindre og ikke statistisk sikre forbedringer. Ekstrudering af byg medførte en forringet tilvækst hos grisene.

I de tre forsøg, hvor tromletørring blev anvendt på hvede, rug og byg med varierende temperatur ved varmebehandlingen samt med eller uden tilsætning af beskyttet fedt, blev der ikke opnået forbedringer af grisenes produktionsresultater. For alle tre kornarters vedkommende var resultaterne bedst hos de grise, der fik uopvarmet korn.

Der kunne iagttages en udtalt tendens til harskning (målt ved peroxidtallet) af varmebehandlet korn, der ikke blev tilsat beskyttet fedt. Grisenes foderoptagelse, tilvækst, foderudnyttelse og diarréfrekvens var dog ikke påvirket af, om kornet var tilsat beskyttet fedt i forbindelse med varmebehandlingen. I hvert af de tre forsøg

blev der ikke fundet nogen generelle forringelser af grisenes produktionsresultater fra forsøgets start til dets afslutning. Ved analyse af resultaterne fra de første 10 gentagelser af forsøgene sammenholdt med resultaterne fra de sidste 10 gentagelser fandtes ingen sikre tegn på dårligere resultater i forsøgets sidste del.

I det sidste af de fem omtalte forsøg med varmebehandlet korn (jf. pkt. 4) blev der ikke opnået nogen fordel ved tildeling af ekstruderet korn (byg + hvede) til grise fra 2 ugers alderen. En øget tilgængelighed af stivelse i det ekstruderede korn kunne ikke registreres via grisenes produktionsresultater. Resultaterne støtter tidligere forsøg (Fowler, 1985; Lindemann, 1986), der konkluderer, at grisenes aktuelle alder ikke spiller nogen afgørende rolle i forbindelse med den registrerede evne til at fordøje vegetabilske foderemner. Mere afgørende er den nødvendige enzymtilpasning der foregår ved overgangen fra mælkebaseret ernæring til vegetabilske fodermidler uanset grisenes fravænningsalder.

Konklusionerne på de beskrevne forsøg er således følgende:

Der kunne opnåes forbedrede produktionsresultater hos fravænnede grise ved fodring med trykkogt byg (korntemperatur 120°C). Andre behandlingsmetoder gav i dette forsøg mindre forbedringer af såvel daglig tilvækst som foderudnyttelse. Tromleopvarmning af hvede, rug og byg forbedrede ikke produktionsresultaterne hos grise.

Varmebehandlingens effekt på kornet kunne karakteriseres ved forklistringsgraden. Coatning med fedt og antioxidant til varmebehandlet korn modvirkede peroxidering ved lagring. Disse egenskaber ved foderet kunne imidlertid ikke direkte relateres til grisenes produktionsresultater. Varmebehandlet korn øgede generelt foderoptagelsen, men førte ikke til øget tilvækst, og medførte derfor ringere foderudnyttelse end ubehandlet korn til fravænningsgrise.

Uanset fravænningsalderen kunne der ikke påvises nogen positiv effekt på grisenes produktionsresultater ved tildeling af ekstruderet foderkorn i 2-7 ugers alderen.

REFERENCER

Aumaitre, A. 1976. Évaluation de divers traitements technologiques des céréales. IV. Influende du floconnage et l'expansion de l'orge et du mais sur les performances du porcelet sevré a 21 jours: effects sur la digestibilité des éléments de la ration. Ann. Zootech., 25, 41-51.

Barker, R. 1971. Organic chemistry of biological compounds. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 196-204.

Eggum, B.O. 1973. A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. 406. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København. pp. 173.

Eggum, B.O., Chwalibog, A. & Danielsen, V. 1987. Behov for protein og aminosyrer til grise fra 8 til 20 kg legemsvægt. Meddelelse nr. 681, Statens Husdyrbrugsforsøg, Foulum. pp. 4.

Essatara, M., de Saintaurin M.-A. & Abraham, J. 1976. Évaluation de divers traitments technologiques de céréales. III. Effet de l'expansion, de l'extrusion et du floconnage sur la valeur alimentaire du blé et du mais pour le rat en croissance. Ann. Zootech., 25, 31-39.

Fernandes, T.H., Hutton, K. & Smith, W.C. 1975. A note on the use of micronized barley for growing pigs. Anim. Prod. 20, 307-310.

Fowler, V.R. 1985. The nutrition of the piglet. In: D.J.A. Cole & W. Haresign (editors), Recent Developments in Pig Nutrition. University of Nottingham School of Agriculture. Butterworths, London. 222-229.

Greenwood, C.T. 1970. Starch and glycogen. In: W. Pigman & D. Horton (editors), The Carbohydrates, chemistry and biochemistry (II ed.). Academic Press, New York & London. Vol II B, 471-513.

Kjeldsen, N.J., Danielsen, V. & Nielsen, H.E. 1984a. Gastæt opbevaret korn til smågrise. Meddelelse nr. 548, Statens Husdyrbrugsforsøg, København. pp. 4.

Kjeldsen, N.J., Danielsen, V. & Nielsen, H.E. 1984b. Den sundhedsmæssige kvalitet af byg som foder til smågrise. 569. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, København. pp. 137.

Lawrence, T.L.J. 1972. High level cereal diets for the growing finishing pig: VI. An evaluation of flaked maize, wheat and barley when included at high levels in the diet of weaned pig grown to cutter weight (160 lb). J. Agric. Sci. 79, 155-160.

Lawrence, T.L.J. 1973. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. 2. Effects on growth rate, food conversion efficiency and carcass characteristics. Anim. Prod. 16, 109-116.

Lawrence, T.L.J. 1975. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. 3. A note on the effect of micronization temperature on the nutritive value of wheat. Anim. Prod. 20, 167-170.

Lawrence, T.L.J. 1985. Processing and preparation of cereals for pig diets. In: D.J.A. Cole & W. Haresign (editors), Recent Developments in Pig Nutrition. University of Nottingham School of Agriculture. Butterworths, London. 230-245.

Lehninger, A.L. 1970. Biochemistry, the molecular basis of cell structure and function (II ed). Worth Publishers, Inc., New York. 264-266.

Lindemann, M.D., Cornelius, S.G., El Kandelgy, S.M., Moser, R.L. & Pettigrew, J.E. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. J. Anim. Sci. 62, 1298-1307.

Madsen, A., Mason, V.C. & Weidner, K. 1965. The effect of Heated and Unheated Fish Meals on Protein Synthesis, Daily Gain and Carcass Composition of Pigs. Acta Agric. Scan., XV, 213-234.

Mason, V.C. & Weidner, K. 1964. The Effect on the Amino Acid, Fatty Acid and B-Vitamin Composition of Fish Meal. Acta Agric. Scan., XIV, 87-95.

Papasolomontos, S.A. & Wilkinson, J.I.D. 1976. Aspects of Digestion of Heat Processed Cereals by Ruminants. Optimizing the Utilization of Cereal Energy by Cattle and Pigs, London, US Feed Grains Council, 31-60.

Schneeman, B.O. 1985. Effects of nutrients and non-nutrients on food intake. Am. J. Clin. Nutr. 42, 966-972.

Shiau, S.Y., Yang, S.P., Tribble, L.F., Lennon, A.M. & Williams, I.L. 1976. Effect of micronizing of sorghum for swine. J. Anim. Sci. 43, 258.

Skadhauge, E. 1989. Patofysiologiske mekanismer ved svinediarré. Dansk Vet. Tidsskr., 14, 799-803.

ORDLISTE - LIST OF TRANSLATIONS

Danish terms used in the tables and figures:

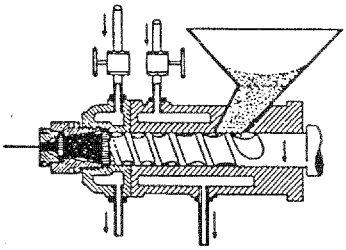
afslutning	= termination
alder	= age
aminosyre	= amino acid
antal	= number
aske	= ash
begyndelse	= beginning
behandling	= treatment
beregnet	= calculated
biologisk værdi (BV)	= biological value
blanding	= mixture
byg	= barley
bygparti	= barley lot
dage	= days
daglig tilvækst	= daily gain
dampkogt	= steamed
diarréfrekvens	= frequency of diarrhoea
ekstruderet	= extruded
fedt	= fat
FEs	= FUp (feed unit for pigs)
fiskemel	= fish meal
foder	= feed
fordøjeligt	= digestible
forklistringsgrad	= percent of gelatinization
forklistringstemperatur	= gelatinization temperature
form	= shape
forsøg	= experiment
fravænningsalder	= age at weaning

gennemsnitsvægt	= mean weight
glat frøede	= smooth seeds
grise	= piglets
gødning	= dung
hold	= group, lot
hvede	= wheat
indhold	= content
kartofler	= potatoes
kuld	= litter
lagring	= storage
majs	= corn, maize
mikroniseret	= micronized
NFE (N-frie ekstratstoffer)	= nitrogen free extracts
netto protein udnyttelse (NPU)	= net protein utilization
optagelse	= intake
peroxidtal	= amount of peroxides
rug	= rye
rund	= round
rynkede frø	= wrinkled seeds
råfedt	= crude fat
råprotein	= crude protein
sammenligning	= comparison
sand fordøjelighed	= true digestibility
skummetmælkspulver	= dried skimmilk
sojaskrå	= soybean meal

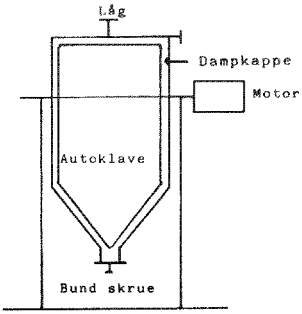
stivelseskorn	= starch granula
størrelse	= size
sukker	= sugar
tilgængeligt	= available
tromleopvarmet	= roller heated
trykkogt	= steamed under pressure
træstof	= crude fibre
tørstof	= dry matter
ubehandlet	= untreated
varierende	= changing
ærter	= peas

APPENDIX A ILLUSTRATION AF VARMEBEHANDLINGSAPPARATUR

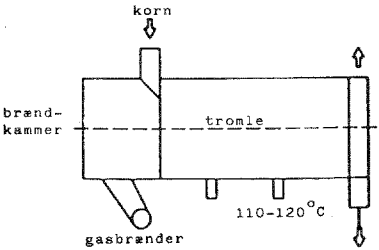
a) ekstruder.



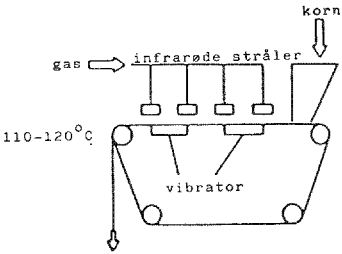
b) autoklave til dampkogning og trykkogning.



c) tromletørrer.



d) mikronizer.



APPENDIX B METODEFORSKRIFTER

1. Forklistring af stivelse:

Referencer: Shetty et al., Cereal Chemistry, 1974, 51, 364-375.
Chiang et al., Cereal Chemistry, 1977, 54, 429-435.
Beretning nr. 98, Bioteknisk Institut.

Princip: Forklistringsgraden defineres som hydrolyserbar stivelse i % af total stivelse i prøven. Analysen beror på, at glucoamylase spalter stivelse, der er forklistret meget hurtigere end hele stivelseskorn.

En delprøve forklistres ved 100°C i 30 min. i acetatbuffer. I to andre delprøver hydrolyseres stivelsen med glycoamylase ved 40°C i 2 timer. De dannede, reducerende sukkerarter oxideres med ferricyanid, og forbruget af ferricyanid måles fotometrisk ved 418 nm.

Forklistringsgraden defineres som hydrolyserbar stivelse i % af total stivelse i prøven korrigeret for reducerende sukker og egenfarve.

2. Tilgængelig lysin:

Reference: Peterson & Warthesen, J. of Food Sci., 1979, 44, 994.

Princip: Metoden er baseret på reaktion mellem den frie ε-aminogruppe i proteinbundet lysin og 1-fluor-2,4-dinitro benzen (FDNB). Herefter følger en syrehydrolyse, hvorved proteinet spaltes, og ε-DNP-lysin frigøres. Efter hydrolysen måles det dannede ε-DNP-lysin på HPLC med 20% acetonitril og 80% acetatbuffer, pH 4,0 som elueringsvæske. Derefter kromatograferes blandingen på HPLC, og absorptionen måles spektrofotometrisk ved 440 nm.

Ved sammenligning med standard beregnes indhold i prøven.

3. Bestemmelse af peroxidtal:

Reference: Fællesmetode for foderstoflaboratorier

Princip: I denne fællesmetode foretages en ekstraktion af fedtet med toluen. På dette toluenekstrakt bestemmes peroxidtallet derefter ved spektrofotometrisk måling. Ekstraktet tilsættes ammoniumthiocyanat og ferrochlorid samt en blanding af toluen/ethanol. Peroxiderne oxiderer ferro til ferri. Derved dannes ferrithiocyanat, der er en farvet forbindelse. Måling sker spektrofotometrisk ved 505 nm i en kuvette.

Peroxidtal: Peroxider i fedt omfatter umættede fedtsyrer, som i deres molekyle indeholder ét eller flere atomer reaktivt ilt. Reaktionsforløbene for oxidationsprocesserne i fedt deler sig naturligt i 3 grupper: Lysfølsom oxidation, autoxidation og enzymatisk oxidation. Både triglycerider (glycerol forestret med 3 fedtsyrer) men hovedsagelig umættede frie fedtsyrer er udsat for oxidation.

Lysfølsom oxidation: Udsættes umættede fedtsyrer for UV-lys, sker der en oxidation. Umættede fedtsyrer absorberer ikke selv synligt lys, men visse farvestoffer "sensitixers" kan absorbere synligt lys og anvende denne energi til reaktion med fedtstof eller ilt.

Autoxidation defineres sædvanligvis som oxidation af organiske forbindelser under "milde" betingelser. Oxidationsbetingelsen er stærkt afhængig af iltpartialtryk og vandaktivitet. Autoxidation er en kædereaktion, hvor allerede dannede peroxider (radikaler) fører til dannelse af nye peroxider.

Enzymet lipoxygenase katalyserer dannelsen af peroxider ud fra polyumættede fedtsyrer. Enzymet findes i flere former (iso-enzymer), og aktiviteten er afhængig af substrat, pH, temperatur og ilttryk. Enzymet kan inaktiveres med varme.

APPENDIX C. TEKNISKE SPECIFIKATIONER VED TROMLEOPVARMNING

Parti nr.	Kapacitet pr. time: korn udløb kg	luft m^3	Temperaturer: ovn °C	luft udløb °C	korn udløb °C	Gas, kg pr. ton tørret korn	Vand i valset, kølet korn, %
Råvare: Hvede med 19,2% vand							
2	600	710	800	190	125	15	8,0 a
3	519	670	810	205	135	20	5,9 a
4	496	688	880	218	146	24	3,9 a
5	519	607	860	212	156	23	2,3 a
6	519	670	810	205	135	20	6,4
7	496	688	880	218	146	24	4,4
8	519	607	860	212	156	23	2,7
Råvare: Rug med 25,2% vand							
2	525	1310	700	155	111	18	12,0 a
3	401	1013	740	174	122	22	11,1 a
4	419	1022	865	183	133	27	6,2 a
5	404	1449	885	215	143	33	5,0 a
6	360	1753	550	183	114	26	12,6
7	420	1015	750	176	122	22	10,1
8	460	1017	890	178	133	26	6,7
Råvare: Byg med 23,7% vand							
2	420	948	750	175	115	18	11,4 b
3	360	958	700	184	123	19	9,3 b
4	370	966	800	192	133	24	7,7 b
5	360	978	800	240	144	26	2,9 b
6	420	948	750	175	115	18	11,0
7	360	958	700	184	123	19	9,8
8	370	966	800	192	133	24	9,9

a: Kontinuert fedttilsætning på varmt, valset korn.

b: Fedttilsætning på varmt, valset korn 15-20 minutter efter udløb fra tromlen.