

FERMENTERING AF KORN ØGER FORDØJELIGHEDEN AF NÆRINGSSTOFFER

MEDDELELSE NR. 873

Fermentering af korn, især byg, øger kornets energiværdi og giver en højere fordøjelighed af fosfor i foderblandingen.

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION OG DEN RULLENDE AFPRØVNING
FORFATTER: ANNI ØYAN PEDERSEN, HENRY JØRGENSEN, KNUD ERIK BACH KNUDSEN, NURIA CANIBE OG HANNE DAMGAARD POULSEN
UDGIVET: 19. JULI 2010

Dyregruppe: Slagtesvin
Fagområde: Ernæring

Sammendrag

Et fordøjelighedsforsøg har vist, at energiværdien af byg og hvede steg ved fermentering. Effekten var størst ved fermentering af byg, hvor fordøjeligheden af organisk stof for enden af tyndtarmen steg statistisk sikkert med 9 %. Ved fermentering af hvede steg fordøjeligheden af organisk stof statistisk sikkert med 3 %. Stigningen i energiværdien ved fermentering af korn kunne ikke vises ved foderanalyser (FEsv), hvilket viser, at in vitro-analyserne EFOS og EFOSi ikke kan anvendes til vurdering af effekten af fermentering.

Fordøjeligheden af fosfor i foderblandinger baseret på byg eller hvede og tilskudsfoder steg statistisk sikkert ved fermentering af kornet. Der blev ikke tilsat mikrobiel fytase. Ved fermentering af byg steg fordøjeligheden af fosfor i foderblandingen fra 32 til 47 %, og ved fermentering af hvede steg fordøjeligheden af fosfor i blandingen fra 43 til 57 %. Fordøjeligheden af fosfor i foderblandingerne med ikke-fermentet korn var dog lavere end normalt, hvilket kan have påvirket resultaterne, så effekten af fermentering er større i dette forsøg, end hvad der normalt kan forventes.

Kornet var groft formalet (ca. 30 % under 1 mm), hvilket kan have påvirket resultaterne. Ved finere formaling af kornet forventes en mindre effekt af fermentering både på fordøjeligheden af energi og fosfor end fundet i dette forsøg, hvilket skyldes, at fin formaling øger fordøjeligheden af næringsstoffer.

Vægttabet ved fermentering af byg og hvede var under 0,5 %. Vægttab ved fermentering skyldes dels fordampning af vand og dels CO₂-produktion og dermed tørstof-tab.

Anbefaling om beregning af energiværdi i fermenteret korn vil blive foretaget ud fra resultaterne af et produktionsforsøg med slagtesvin, som er under publicering. Fosforudnyttelse i fermenteret korn undersøges yderligere i et produktionsforsøg med søer, som er under opstart. Indtil resultaterne af disse forsøg foreligger,

anbefales det ikke at indregne højere energiværdi eller højere fosforudnyttelse ved optimering af foderblandinger med fermenteret korn.

Fordøjelighedsforsøget er gennemført med otte tyndtarmsfistulerede grise i vægtintervallet fra ca. 46 til ca. 76 kg. Der indgik fire foderblandinger i forsøget med fermenteret eller ikke-fermenteret byg eller hvede.

Projektet har fået støtte fra Svineafgiftsfonden samt EU og Fødevareministeriets Landdistriktsprogram og har Projekt ID: DSP09/10/51 samt journalnr. 3663-D-07-00234.

Baggrund

Tre afprøvninger af fermenteret korn til henholdsvis tungsvin [1], smågrise [2] og FRATS-grise (fravæning til slagtning) [3] har vist markant forbedring af foderudnyttelsen ved fermentering af korn. I den første afprøvning [1] blev foderudnyttelsen forbedret med 0,15 FEs pr. kg tilvækst for tungsvin (25-120 kg). I den anden afprøvning [2] blev der fundet en forbedring i foderudnyttelsen på 0,29 FEs pr. kg tilvækst for smågrise de første tre uger efter fravæning. I den tredje afprøvning [3] var der en forbedring af foderudnyttelsen i to delforsøg med slagtesvin på henholdsvis 0,12 og 0,13 FEs pr. kg tilvækst. Der blev derimod ikke fundet nogen forbedring af foderudnyttelsen hos smågrise i afprøvningen med FRATS-grise, sandsynligvis på grund af en stor restmængde i rørstrengen og dermed fermentering af hele foderblandingen. Forbedringen i foderudnyttelsen ved anvendelse af fermenteret korn må skyldes en øget fordøjelighed, men energiværdien af fermenteret korn er ikke fastlagt. Fibre i kornet kan ikke fordøjes ved hjælp af grisens egne enzymer, men kan omsættes af mikroorganismene i vådfoderet til blandt andet mælkesyre. Energiværdien i mælkesyre er på niveau med energiværdien i stivelse.

Fermenteringsprocessen medfører dog samtidig et energitab, som kan måles som et tørstof-tab. Laboratorieundersøgelser har vist, at der tabes cirka 3 % tørstof ved fermentering af fuldfoder. I afprøvningen af fermenteret korn til FRATS-grise [3] blev der fundet et tab på cirka 0,8 % tørstof ved fermentering af korn (blanding af byg og hvede). Det bør undersøges, hvor meget energi, der tabes ved fermentering af henholdsvis byg og hvede, og om dette tab opvejes af en øget energiværdi af det fermenterede korn. Når dette er afklaret, kan den reelle værdi af fermenteret korn fastlægges.

Der forventes en højere fordøjelighed af fosfor, når kornet fermenteres. Fordøjeligheden af fosfor i fermenteret korn er undersøgt i et forsøg på Danmarks JordbrugsForskning (resultater under publicering). I forsøget var det fermenterede korn en blanding af byg og hvede.

Formålet med forsøget var at undersøge, hvor meget energiværdien øges ved fermentering af henholdsvis byg og hvede. Desuden var formålet at undersøge energitabet (vægttabet) ved fermenteringsprocessen af de to kornarter samt undersøge fordøjeligheden af fosfor ved fermentering af henholdsvis byg og hvede.

Materiale og metode

Fordøjelighedsforsøget blev gennemført på Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF), Aarhus Universitet. Der indgik fire foderblandinger (behandlinger) i forsøget, som vist i tabel 1. I to af foderblandingerne indgik byg (vårbyg) som eneste kornart og i de andre to foderblandinger indgik hvede som eneste kornart. Byg og hvede blev udfodret som henholdsvis ikke-fermenteret og fermenteret. Kornet var ikke varmebehandlet. Kornet (byg eller hvede) udgjorde ca. 80 % af foderet på tørfoderbasis. Derudover indgik der en tilskuds foderblanding, som var den samme i alle foderblandinger. Tilskuds foderblandingen var tilsat kromoxyd som fordøjelighedsmarkør. Foderblandningernes planlagte sammensætning fremgår af appendiks 1.

Tabel 1. Behandlinger (korn i foderblandingerne)

Behandling	1	2	3	4
Byg	Ikke-fermenteret	Fermenteret	-	-
Hvede	-	-	Ikke-fermenteret	Fermenteret

Der blev anvendt otte tyndtarmsfistulerede grise i et dobbelt romerkvadrat design med de fire behandlinger (se tabel 2).

Tabel 2. Forsøgsdesign, dobbelt romerkvadrat

Blok 1				
Gris	1	2	3	4
Periode 1	Behandling 1	Behandling 2	Behandling 3	Behandling 4
Periode 2	Behandling 3	Behandling 4	Behandling 1	Behandling 2
Periode 3	Behandling 4	Behandling 1	Behandling 2	Behandling 3
Periode 4	Behandling 2	Behandling 3	Behandling 4	Behandling 1
Blok 2				
Gris	5	6	7	8
Periode 1	Behandling 3	Behandling 1	Behandling 4	Behandling 2
Periode 2	Behandling 4	Behandling 2	Behandling 3	Behandling 1
Periode 3	Behandling 2	Behandling 3	Behandling 1	Behandling 4
Periode 4	Behandling 1	Behandling 4	Behandling 2	Behandling 3

Forsøget var delt i to blokke med fire galtgrise (kuldøskende) i hver blok. Der indgik således otte grise pr. behandling, og alle grise fik alle fire behandlinger, men på forskellige tidspunkter. Grisene blev fistuleret ved cirka 40 kg. To uger efter fistuleringen indgik grisene i forsøget, og de blev anvendt i fire perioder á to uger. Den første uge i hver periode blev grisene tilvænnet foderet, hvorefter der blev foretaget tre dages totalopsamlinger af gødning efterfulgt af to dages opsamling af tyndtarmsindhold.

Foderfremstilling

Tilskudsfoderblanding til alle fire foderblandinger (behandlinger) blev blandet på DJF. Hvede og byg (vårbyg) blev formalet på en Nueromølle. De færdige foderblandinger var melfoder og optimeret til slagtesvin i vægtintervallet 45-100 kg [4], med undtagelse af fosfor, da der ikke blev tilsat uorganisk fosfor. Der blev ikke tilsat mikrobiel fytase.

Fermentering

Formalet byg og hvede blev fermenteret i separate fermenteringstanke uden brug af podedkultur. Der blev anvendt opvarmet vand (25 °C). Vandet blev opvarmet ved hjælp af en dypekoger. Formalet korn og opvarmet vand blev iblandet én gang dagligt efter sidste fodring, og der blev tilstræbt en restmængde på 50 % i tankene pr. dag. I det fermenterede byg og hvede var forholdet mellem korn og vand 1:2,75. Fermenteringen blev opstartet 4 dage før det fermenterede korn første gang blev udfodret til grisene.

Foderblanding og udfodring

Grisene blev fodret to gange dagligt cirka kl. 7:30 og 14:30. For alle fire behandlinger blev tilskudsfoder og korn blandet umiddelbart inden hver fodring. Foderet til behandling 1 og 3 med ikke-fermenteret korn blev blandet med vand i forholdet 1 liter vand til 1 kg melfoder (80 % korn og 20 % tilskudsfoder) lige inden udfodring. Foderet til behandling 2 og 4 med fermenteret korn blev blandet i et planlagt forhold på 93,75 % fermenteret korn (inkl. vand) og 6,25 % tilskudsfoder lige inden udfodring for at opnå samme forhold mellem korn og tilskudsfoder på tørstofbasis i alle blandinger. Det fermenterede korn blev aftappet fra fermenteringstankene under omrøring i tankene. Grisene havde konstant adgang til vand via drikkenipler. Grisene blev fodret restriktivt efter en foderkurve for at sikre, at der ikke forekom foderrester. I hver periode af 14 dage blev der fodret med en konstant fodermængde (kg tørstof) pr. gris og fodermængden blev reguleret op for hver gris efter hver periode, det vil sige hver gang grisene skiftede foderblanding (behandling).

Opstaldning

I forperioderne á en uge, hvor grisene skulle tilvænnenes foderet, gik grisene enkeltvis i stier. I opsamlingsperioden á en uge var grisene placeret i balancebure.

Vejning af grise

Grisene blev vejret i forbindelse med opsætning og nedtagning fra balanceburene, således at den gennemsnitlige vægt i hver opsamlingsperiode kunne beregnes.

Foderanalyser

Ikke-fermenteret og fermenteret byg og hvede samt tilskudsfoderblandingen blev analyseret for indhold af tørstof, råaske, råprotein, råfedt, bruttoenergi (bombekalorimeter), EFOS, EFOSi, stivelse, sukre, ikke-stivelsespolysakkarider (NSP), lignin, organiske syrer, calcium, fosfor (både total-fosfor og fytinsyre-fosfor) og fytase. Fermenteret byg og hvede blev desuden analyseret for indhold af mikroorganismer, organiske syrer og ethanol. Halvdelen af prøverne af fermenteret byg og hvede til kemiske analyser blev udtaget ved morgenfodringen efter ca. 16,5 timers fermentering, og den anden halvdel af prøverne blev udtaget ved eftermiddagsfodringen efter ca. 23,5 timers fermentering. Prøver af fermenteret byg og hvede til mikrobiologiske analyser blev udtaget om morgenen efter ca. 16,5 timers fermentering. Tilskudsfoderblandingen blev yderligere analyseret for indhold af kromoxyd.

pH og temperatur i fermenteringstanke med byg og hvede

I fermenteringstankene med byg og hvede blev pH og temperatur målt efter påfyldning af korn og vand i tankene om eftermiddagen og næste morgen inden fodring samt om eftermiddagen inden fodring. Disse målinger blev foretaget to gange i hver af de fire perioder.

Sigteanalyse af formalet byg og hvede

Der blev foretaget sigteanalyse af formalet byg og hvede tre gange i løbet af forsøget. Sigteanalyserne blev foretaget med Bygholmsigte.

Vægttab ved fermentering

Fire gange i forsøget blev der målt vægttab af fermenteret korn fra påfyldning af korn og vand i fermenteringstankene om eftermiddagen og til næste morgen (ca. 16,5 timer) samt i tidsrummet mellem fodringen om morgenen og om eftermiddagen (ca. 7 timer).

Analyser af tyndtarmsindhold og gødning

For hver af de otte grise og hver af de fire perioder blev tyndtarmsindhold og gødning analyseret. Der blev således i alt analyseret otte prøver af henholdsvis tyndtarmsindhold og gødning pr. behandling (foderblanding). Tyndtarmsindhold og gødning blev analyseret for indhold af tørstof, råaske, råprotein, råfedt, bruttoenergi (bombekalorimeter), total-fosfor og kromoxyd. Tyndtarmsindholdet blev desuden analyseret for indhold af fyttbundet fosfor.

Statistik

Effekt af fermentering af henholdsvis byg og hvede på fordøjelighed af næringsstoffer blev analyseret i en variansanalyse i MIXED-proceduren i SAS. De statistiske analyser blev foretaget separat for byg og hvede. I den statistiske model indgik fermentering og periode som systematiske effekter, og gris indgik som tilfældig effekt.

Resultater og diskussion

Foderoptagelse

Den gennemsnitlige udfodrede mængde korn og tilskudsfoder i hver behandling fremgår af appendiks 2. Da grisene blev fodret så restriktivt, at der ikke forekom foderrester, svarer den udfodrede mængde til foderoptagelsen. Forholdet mellem korn og tilskudsfoder på tørfoderbasis var planlagt til at være ens i alle fire blandinger, jf. appendiks 1. Det procentvise indhold af tørstof fra korn i foderet var dog lavere i de to blandinger med fermenteret korn (behandling 2 og 4) end i de to blandinger med ikke-fermenteret korn (behandling 1 og 3). Der var således 4,9 % lavere indhold af byg i foderet i behandling 2 end i behandling 1, og der var 5,6 % lavere indhold af hvede i foderet i behandling 4 end i behandling 3. Forskellene skyldes, at grisene fik en mindre mængde korntørstof i behandlingerne med fermenteret korn end planlagt, mens tildelingen af tilskudsfoder var som planlagt og næsten ens i alle fire behandlinger. Dette medførte, at foderoptagelsen i FEsv pr. dag var lavere i behandlingerne med fermenteret korn end i behandlingerne med ikke-fermenteret korn, men det skyldes kun en mindre fodertildeling og altså ikke en lavere appetit. Foderoptagelsen i FEsv pr. dag var således 17 % lavere i behandling 2 end i behandling 1 med byg og 19 % lavere i behandling 4 end i behandling 3 med hvede. Forskellene antages dog ikke at have væsentlig betydning for fordøjelighedsresultaterne, da der i beregningerne af fordøjelighed af næringsstoffer i korn korrigeres for det aktuelle indhold af tilskudsfoder i blandingerne, det vil sige, at der regnes på fordøjeligheden af korndelen af blandingerne med undtagelse af fordøjelighed af råprotein og fosfor.

Vægt

Grisenes gennemsnitlige vægt i hver af de fire opsamlingsperioder (jævnfør tabel 2) fremgår af appendiks 3.

Foderets næringsstofindhold

Resultaterne af de kemiske analyser af ikke-fermenteret og fermenteret byg og hvede samt tilskudsfoder fremgår af appendiks 4. Analyseresultaterne for EFOS og EFOSi viste ingen væsentlige forskelle mellem ikke-fermenteret og fermenteret korn. Der var heller ingen betydelige forskelle i indholdet af råaske, råfedt og råprotein mellem ikke-fermenteret og fermenteret korn. Det analyserede indhold af FEsv pr. kg tørstof var derfor næsten ens i ikke-fermenteret og fermenteret korn. Indholdet af bruttoenergi var også næsten ens i ikke-fermenteret og fermenteret korn. Foderanalyserne viste således ingen stigning i energiværdien ved fermentering af korn.

Stivelse i kornet blev ikke nedbrudt ved fermentering. Derimod blev indholdet af sukre næsten helt nedbrudt ved fermentering. Disse resultater er i overensstemmelse med tidligere analyseresultater af ikke-fermenteret og fermenteret korn [3]. Indholdet af NSP blev væsentligt reduceret ved fermentering af korn. Effekten var størst for byg, hvor 18 % af NSP blev nedbrudt ved fermentering. I hvede blev 13 % af NSP nedbrudt ved fermentering. Det var især opløseligt NSP, der blev nedbrudt ved fermentering af kornet i denne undersøgelse. I den tidligere afprøvning af fermenteret korn bestående af 70 % hvede og 30 % byg blev der fundet en nedbrydning på 12 % af NSP ved fermentering, og det var især uopløseligt NSP, der blev nedbrudt [3]. I modsætning til den tidligere afprøvning blev der i denne undersøgelse ikke fundet nedbrydning af lignin ved fermentering. Der har således ikke været den samme nedbrydningsprofil af fibre i de to afprøvninger, men årsagen til forskellen kendes ikke. Indholdet af kostfibre, der er summen af NSP og lignin, blev reduceret med 14 % ved fermentering af byg og med 8 % ved fermentering af hvede i denne undersøgelse.

Indholdet af naturligt fytase var højere end forventet i ikke-fermenteret byg og højere end i ikke-fermenteret hvede. I det fermenterede byg og hvede var indholdet af fytase reduceret, men der var stadigvæk et betydeligt indhold af fytase på ca. 500 FTU pr. kg tørstof. Det er et væsentligt højere indhold af fytase, end hvad der tidligere er fundet i fermenteret korn [3]. Det vides, at fytaseaktiviteten varierer både mellem kornarter og sorter indenfor arter.

Indholdet af total-fosfor var næsten ens i ikke-fermenteret og fermenteret korn, men lidt højere i byg end i hvede. Indholdet af fytinsyrebundet fosfor udgjorde ca. 70 % af total-fosfor i ikke-fermenteret byg og hvede, og det blev næsten fuldstændig nedbrudt ved fermentering. Dette blev også fundet i den tidligere afprøvning af fermenteret korn [3].

I appendiks 5 er vist indholdet af næringsstoffer i foderblandingerne. Værdierne er beregnet ud fra analyserne af korn og tilskudsfoder vist i appendiks 4 og procentfordelingen af udfodret korn og tilskudsfoder for hver behandling vist i appendiks 2. Som nævnt var procentfordelingen af korn og tilskudsfoder ikke helt ens i de fire behandlinger, da indholdet af tilskudsfoder var højere i blandingerne med fermenteret korn end i blandingerne med ikke-fermenteret korn. Derfor var indholdet af råprotein lidt højere i blandingerne med fermenteret byg og hvede ved parvis sammenligning med de tilsvarende blandinger med ikke-fermenteret byg og hvede. EFOS og EFOSi og indholdet af FEsv pr. kg tørstof samt total fosfor i g pr. kg tørstof var dog næsten ens ved parvis sammenligning af blandingerne med henholdsvis byg og hvede.

pH og temperatur i fermenteringstankene med byg og hvede

pH og temperatur i fermenteringstankene efter blanding om eftermiddagen og inden morgen- og eftermiddagsfodringen fremgår af appendiks 6. pH og temperatur i fermenteret byg og hvede var på niveau med, hvad der er fundet i fermenteret korn i tidligere afprøvninger [1], [2] og [3]. Ved iblanding af korn og vand i

fermenteringstankene steg pH 0,4-0,5 pH-enheder. Det er en væsentlig højere pH-stigning, end hvad der er målt i en tidligere afprøvning, hvor pH kun steg 0,2 pH-enheder ved påfyldning af korn og vand [1]. I begge undersøgelser var der 50 % restmængde i tankene. Der var ingen væsentlig ændring af pH fra morgen til eftermiddagsfodringen, hvilket viser, at fermenteringsprocessen var afsluttet allerede ved morgenfodringen ca. 16,5 timer efter blanding.

Mikrobiologiske analyser af fermenteret korn

De mikrobiologiske analyser af fermenteret byg og hvede fremgår af appendiks 7. Prøverne til mikrobiologisk analyse blev som nævnt udtaget om morgenen efter ca. 16,5 timers fermentering. Indholdet af mælkesyrebakterier og mælkesyre var ens i fermenteret byg og fermenteret hvede, men indholdet af mælkesyrebakterier var højere og indholdet af mælkesyre var lavere end hvad der er fundet i tidligere afprøvninger [1], [2] og [3]. Indholdet af eddikesyre i fermenteret byg og hvede var også lavere end i fermenteret korn i de tidligere afprøvninger. Analyser af ikke-fermenteret byg og hvede viste et meget lavt indhold af eddikesyre (4,6 mmol pr. kg), mens der ikke blev fundet mælkesyre i det tørre korn. I tilskudsforderblandingen var der også et lavt indhold af eddikesyre (13,8 mmol pr. kg) og desuden et lavt indhold af myresyre (3,2 mmol pr. kg) og smørsyre (1,5 mmol pr. kg).

Indholdet af de uønskede bakterier, enterobakterier og *Cl. perfringens*, var lavt og tæt på detektionsgrænsen i både fermenteret byg og hvede.

Indholdet af gær var lidt højere i fermenteret hvede end i fermenteret byg, og niveauet af gær var højere end fundet i de tidligere afprøvninger. Der var et højere indhold af ethanol i fermenteret hvede end i fermenteret byg. Niveauet af ethanol var dog lavere, end hvad der er fundet i tidligere afprøvninger [2] og [3].

Samlet set viser de mikrobiologiske analyser, at kornet ikke var så meget fermenteret, som i de tidligere afprøvninger i praksis, da der var et lavere indhold af fermenteringsprodukterne (organiske syrer og ethanol) end i de tidligere afprøvninger.

Sigteprofil af formalet byg og hvede

I appendiks 8 er vist resultaterne af sigteanalyserne af formalet byg og hvede. Kornets formalingsgrad svarer til grov formaling, da kun 25 % af partiklerne i formalet byg og 31 % af partiklerne i formalet hvede var under 1 mm. Prøverne er sigtet i Bygholmsigte i ca. 3 minutter, hvor anbefalingen er mindst 5 minutter. Det er derfor sandsynligt, at prøverne var lidt finere formalet, end hvad det fremgår af appendiks 8. I de tidligere afprøvninger af fermenteret korn var kornet væsentligt finere formalet svarende til ca. 60 % af partiklerne under 1 mm ved tørsigtning i elektronisk sigteapparat [2] og [3]. Den grove formaling af kornet i denne undersøgelse kan måske forklare, hvorfor der var en lavere fermenteringsgrad og dermed et lavt indhold af organiske syrer og ethanol i det fermenterede korn sammenlignet med de tidligere undersøgelser. Ved grov formaling er der en mindre samlet overflade på partiklerne, hvor mikroorganismene kan få adgang til næringsstofferne, sammenlignet med fin formaling.

Vægttab ved fermentering

Det totale vægttab af indholdet i fermenteringstankene i perioderne mellem blanding og fodring er vist i appendiks 9. Vægttabet i fermenteringstankene var under 0,5 % fra påfyldning af frisk korn og vand i fermenteringstankene om eftermiddagen til fodring næste morgen (ca. 16,5 timer). Vægttabet var endnu lavere i tidsrummet fra morgen- til eftermiddagsfodringen (ca. 6,5 timer). Vægttab ved fermentering skyldes dels fordampning af vand og dels CO₂-produktion og dermed tørstof-tab. I en tidligere afprøvning af fermenteret korn blev der fundet et tørstof-tab på ca. 0,8 % [3]. Der er således god overensstemmelse mellem det tidligere fundet

tørstof og vægttabet ved fermentering af korn i denne undersøgelse.

Fordøjelighedsresultater

De målte fordøjeligheder af foderblandingerne med ikke-fermenteret og fermenteret byg og hvede fremgår af tabel 3. Fordøjelighederne er målt både for enden af tyndtarmen (ileal fordøjelighed) og i gødningen (fækal fordøjelighed). Den målte fordøjelighed for råprotein er tilsyneladende fordøjeligheder, da der ikke er korrigeret for basalt endogent tab, som det gøres, når der regnes i standardiserede fordøjeligheder i det danske fodervurderingssystem til svinefoder [5].

Tabel 3. Fordøjelighed af næringsstoffer i foderblandingerne

Behandling	1	2	3	4
Blanding	Blanding med ikke-fermenteret byg	Blanding med fermenteret byg ¹⁾	Blanding med ikke-fermenteret hvede	Blanding med fermenteret hvede ¹⁾
Ileal fordøjelighed, %				
Tørstof	62,4	66,7***	73,2	73,6
Organisk stof ²⁾	64,5	69,0***	75,2	76,3
Råprotein	71,3	74,4***	79,4	77,2*
Bruttoenergi	63,4	68,0***	73,8	75,0
Fækal fordøjelighed, %				
Tørstof	79,1	81,7**	87,6	88,5
Organisk stof	80,7	83,0***	89,0	89,8
Råprotein	70,7	79,4***	84,3	87,7*
Bruttoenergi	78,7	81,4***	87,1	88,3
Fosfor	32,4	46,7***	42,7	56,9***

1) Statistisk sikker effekt af fermentering af byg eller hvede er angivet med:

*: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001

2) Organisk stof er tørstof minus råaske

Fordøjelighederne af ikke-fermenteret og fermenteret byg og hvede fremgår af tabel 4. Værdierne er beregnet ved differencemetode, hvor der er korrigeret for fordøjeligheden af sojaskrå ud fra resultater fra tidligere forsøg [6]. Sojaskrå udgjorde 85 % af tilskudsforderblandingen, som blev anvendt i alle fire foderblandinger.

Fordøjelighederne vist i tabel 4 udtrykker således fordøjelighederne af korndelen i foderblandingerne. Det var ikke muligt at beregne fordøjeligheden af fosfor i de fermenterede kornfraktioner, da fordøjeligheden af fosfor i sojaskrå afhænger af kornets aktuelle fytaseaktivitet.

Tørstof

Fordøjeligheden af næringsstofferne steg ved fermentering af korn, og effekten var større for byg end for hvede. Ved fermentering af byg steg både ileal og fækal fordøjelighed af tørstof statistisk sikkert både målt direkte på fordøjeligheden af foderblandingen (tabel 3) og målt på fordøjeligheden af bygdelen af foderblandingen (tabel 4).

Ved fermentering af hvede steg den ileale fordøjelighed af tørstof i hvededelen af foderblandingen statistisk sikkert, og der var der tendens ($p=0,07$) til højere fækale fordøjelighed af tørstof i hvededelen (tabel 4). Derimod var der ingen sikker forskel i ileal og fækale fordøjelighed af tørstof i foderblandingerne med ikke-fermenteret og fermenteret hvede (tabel 3).

Organisk stof, EFOS og EFOSi

Den ileale og fækale fordøjelighed af organisk stof er referencegrundlaget for foderanalyserne EFOSi (enzymfordøjeligt organisk stof ved ileum) og EFOS (enzymfordøjeligt organisk stof), der er centrale analyser til bestemmelse af foderenheder (FEsv og FEso) i det danske fodervurderingssystem til svinefoder [5]. Der var som nævnt ingen væsentlig ændring i analyseret EFOSi og EFOS ved fermentering af byg og hvede. Derimod viste fordøjelighedsresultaterne en statistisk sikker stigning i ileal fordøjelighed af organisk stof på 9 % ved fermentering af byg og 3 % ved fermentering af hvede (tabel 4). Desuden var der en statistisk sikker stigning i fækale fordøjelighed af organisk stof på 3 % ved fermentering af byg. Den fækale fordøjelighed af organisk stof ved fermentering af hvede steg 1 %, men forskellen var ikke statistisk sikker. Målt direkte på fordøjelighed af foderblandingerne var der statistisk sikker forskel på både ileal og fækale fordøjelighed af organisk stof ved fermentering af byg (tabel 3). Derimod var der kun tendens ($p=0,08$) til højere ileal fordøjelighed af organisk stof i foderblandingen med fermenteret hvede.

Disse resultater viser, at energiværdien stiger ved fermentering af korn, men in vitro-analyserne EFOS og EFOSi er ikke egnede til at vurdere effekten af fermentering på energiværdien i kornet. En del af forklaringen på dette kan være, at in vitro-analyserne EFOS og EFOSi viser den potentielle fordøjelighed af næringsstoffer ved meget fin formaling af kornet. Ved fermentering af korn bliver det formalede korn med en given formalingsgrad yderligere findelt, hvilket forventes at påvirke fordøjeligheden af næringsstoffer positivt, men dette bliver ikke målt i EFOS- og EFOSi-analyserne. En anden del af forklaringen kan være, at der dannes nogle nedbrydningsprodukter af fibre (NSP) ved fermentering bl.a. mælkesyre og ethanol, der er lettere fordøjelige for grisene end NSP, men dette kan ikke måles i EFOS- og EFOSi-analyserne.

Årsagen til, at der var større effekt ved fermentering af byg end ved fermentering af hvede målt på fordøjelighed af organisk stof er sandsynligvis, at der var et højere indhold af NSP i byg end i hvede (appendiks 4), og at en større del af NSP i byg end i hvede blev nedbrudt ved fermentering.

Formalingsgraden af kornet var som nævnt grov (appendiks 8), hvilket kan have betydning for resultaterne. Det antages, at effekten af fermentering på fordøjelighed af organisk stof er større ved grov formaling end ved fin formaling, da fin formaling øger fordøjeligheden. Der er således et større potentiale for at øge fordøjeligheden ved fermentering, når kornet er groft formalet, end når det er fint formalet. De procentvise stigninger i fordøjeligheden af organisk stof, som er fundet i dette forsøg, er derfor antageligt højere end hvad der kan forventes, hvis kornet er finere formalet.

Tabel 4. Beregnet fordøjelighed af næringsstoffer i ikke-fermenteret og fermenteret byg og hvede¹⁾

Behandling	1	2	3	4
Korn	Ikke-fermenteret byg	Fermenteret byg ²⁾	Ikke-fermenteret hvede	Fermenteret hvede ²⁾
Ileal fordøjelighed, %				
Tørstof	64,4	70,7***	78,0	80,0*
Organisk stof ³⁾	65,7	71,7***	78,7	81,1**
Bruttoenergi	64,0	70,0***	76,9	79,2**
Fækal fordøjelighed, %				
Tørstof	78,0	81,0**	88,5	90,1
Organisk stof	79,2	81,9**	89,3	90,5
Bruttoenergi	77,1	80,4**	87,7	89,2

1) Værdierne er korrigeret for fordøjelighed af sojaskrå i foderblandingerne beregnet ud fra tabelværdier.

Fordøjelighedskoefficienterne er derfor vejledende.

2) Statistisk sikker effekt af fermentering af byg eller hvede er angivet med:

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$

3) Organisk stof er tørstof minus råaske

Råprotein

Ved fermentering af byg steg den ileale og fækale fordøjelighed af råprotein statistisk sikkert med 4 % i foderblandingen (tabel 3). Der var som nævnt et højere indhold af tilskudsfoder i foderblandingen med fermenteret byg end i foderblandingen med ikke-fermenteret byg (appendiks 2). Da proteinfordøjeligheden er højere i sojaskrå end i byg, kan en del af den målte forskel i proteinfordøjeligheden mellem blandingerne med ikke-fermenteret og fermenteret byg således forklares med højere indhold af tilskudsfoder i blandingen med fermenteret byg. Ved fermentering af hvede blev der fundet et fald i den ileale fordøjelighed af råprotein i foderblandingen. Det er uvist, hvad der er årsag til denne forskel ved fermentering af henholdsvis byg og hvede. Samlet set tyder resultaterne ikke på, at proteinfordøjeligheden stiger ved fermentering af korn.

Bruttoenergi

Den ileale og fækale fordøjelighed af bruttoenergi steg statistisk sikkert ved fermentering af byg både målt i foderblandingen (tabel 3) og i bygdelen af foderblandingen (tabel 4). Ved fermentering af hvede var der statistisk sikkert højere ileal fordøjelighed af bruttoenergi i hvededelen af blandingen, men kun tendens ($p=0,07$) til højere ileal fordøjelighed af hele foderblandingen. De målte højere fordøjeligheder af bruttoenergi ved fermentering af byg og hvede understøtter resultaterne af fordøjelighederne af organisk stof. Fordøjelighederne af bruttoenergi, som måles i et bombekalorimeter, er ikke det samme som energiværdien udtrykt i foderenheder (FEsv og FEso), da foderenheder beregnes i fysiologisk energi.

Fosfor

Den totale (fækale) fordøjelighed af fosfor i foderblandingerne steg med henholdsvis 44 og 33 % ved fermentering af byg eller hvede (tabel 3). Forskellene var statistisk sikre og skyldes, at 75-80 % af det fytnsyrebundne fosfor blev frigjort i kornet under fermenteringen (appendiks 4). Til trods for, at en del af plantefytasen i

kornet blev omsat og inaktiveret under fermenteringsprocessen, var den resterende fytase i stand til at stimulere nedbrydningen af fytinsyre i sojaskrå. De målte stigninger i fækal fordøjelighed af fosfor ved anvendelse af fermenteret korn i foderblandingen er derfor ikke et mål for øget fordøjelighed i kornet alene, da der også er et bidrag af fordøjeligt fosfor fra sojaskrå.

Analyser af prøver udtaget for enden af tyndtarmen (ileum) viste, at indholdet af fytinsyre-bundet fosfor var 26 % lavere ved anvendelse af fermenteret byg i stedet for ikke-fermenteret byg i foderblandingen. Ved fermentering af hvede var indholdet af fytinsyre-bundet fosfor 59 % lavere i ileumprøver end ved anvendelse af ikke-fermenteret hvede i foderblandingen. Disse resultater understøtter således resultaterne af fosforfordøjelighederne.

Den fækale fordøjelighed af fosfor i blandingerne med ikke-fermenteret byg og hvede var lav i forhold til beregnet fordøjelighed i blandingerne ud fra tabelværdier for vårbyg, hvede og sojaskrå (Videncenter for Svineproduktion). Den beregnede fordøjelighed af fosfor uden tilsat fytase var 42 % i blandingen med byg og 46 % i blandingen med hvede. Effekten af fermentering af korn på fordøjeligheden af fosfor er derfor sandsynligvis højere i dette forsøg, end hvad der normalt kan forventes, når fordøjelighed af fosfor i blandinger med ikke-fermenteret korn som udgangspunkt er højere. På trods af den lave fordøjelighed af fosfor i blandingerne med ikke-fermenteret byg og hvede blev der som nævnt fundet højt indhold af fytase, især i byg (appendiks 4). Årsagen til den lave fordøjelighed af fosfor i blandingerne med ikke-fermenteret korn kan være, at kornet som nævnt var groft formalet (appendiks 8). Potentialet for forbedring af fosforfordøjeligheden ved fermentering af korn er derfor antageligt lavere, når kornet er finere formalet, end fundet i dette forsøg.

Tidligere forsøg har vist, at fordøjeligheden af fosfor i blandinger med fermenteret korn og uden tilsat mikrobiel fytase kan øges til omkring 60 %, hvilket er på niveau med resultatet ved fermentering af hvede i det aktuelle forsøg. Hvis der blev tilsat mikrobiel fytase til tilskudsforderet og blandingen af fermenteret korn og tilskudsfordere fermenterede yderligere, blev der målt fordøjeligheder af fosfor på op til 70-75 % (resultater under publicering). Det skal påpeges, at der i det aktuelle forsøg ikke blev tilsat mikrobiel fytase hverken til kornfraktionen eller i tilskudsforderet.

Konklusion

Fordøjelighedsforsøg viste, at energiværdien af byg og hvede steg ved fermentering. Effekten var størst ved fermentering af byg, hvor fordøjeligheden af organisk stof for enden af tyndtarmen steg statistisk sikkert med 9 %. Ved fermentering af hvede steg fordøjeligheden af organisk stof statistisk sikkert med 3 %. Stigningen i energiværdien ved fermentering af korn kunne ikke vises ved foderanalyser (FESv), hvilket viser, at in vitro-analyserne EFOS og EFOSi ikke kan anvendes til vurdering af effekten af fermentering.

Fordøjeligheden af fosfor i foderblandinger baseret på byg eller hvede og tilskudsfordere steg statistisk sikkert ved fermentering af kornet. Der blev ikke tilsat mikrobiel fytase. Ved fermentering af byg steg fordøjeligheden af fosfor i foderblandingen fra 32 til 47 %, og ved fermentering af hvede steg fordøjeligheden af fosfor i blandingen fra 43 til 57 %. Fordøjeligheden af fosfor i foderblandingerne med ikke-fermenteret korn var dog lavere end normalt, hvilket kan have påvirket resultaterne, så effekten af fermentering er større i dette forsøg, end hvad der normalt kan forventes.

Kornet var groft formalet (ca. 30 % under 1 mm), hvilket kan have påvirket resultaterne. Ved finere formaling af kornet forventes en mindre effekt af fermentering både på fordøjeligheden af energi og fosfor end fundet i dette forsøg, hvilket skyldes, at fin formaling øger fordøjeligheden af næringsstoffer.

Vægttabet ved fermentering af byg og hvede var under 0,5 %. Vægttab ved fermentering skyldes dels fordampning af vand og dels CO₂-produktion og dermed tørstof-tab.

Anbefaling om beregning af energiværdi i fermenteret korn vil blive foretaget ud fra resultaterne af et produktionsforsøg med slagtesvin, som er under publicering. Fosforudnyttelse i fermenteret korn undersøges yderligere i et produktionsforsøg med søer, som er under opstart. Indtil resultaterne for disse forsøg foreligger, anbefales det ikke at indregne højere energiværdi eller højere fosforudnyttelse ved optimering af foderblandinger med fermenteret korn.

Referencer

[1]	Pedersen, A. Ø.; Mario H.; Jensen B.B.; Hansen I.D.; Aaslyng, M.D. (2002): Fermenteret korn i vådfoder til tungsvin, Meddelelse nr. 547, Landsudvalget for Svin .
[2]	Pedersen, A. Ø. (2006): Fermenteret korn til smågrise, Meddelelse nr. 728, Landsudvalget for Svin .
[3]	Pedersen, A. Ø.; Canibe N.; Poulsen, H.D.; Knudsen, K. E. B. (2009): Fermenteret korn til FRATS-grise, Meddelelse nr. 844, Dansk Svineproduktion .
[4]	Normer for næringsstoffer, 13. udgave. (2006). Dansk Svineproduktion.
[5]	Tybirk, P.; Strathe, A. B.; Vils, E.; Sloth, N. M. (2006). Det danske fodervurderingssystem til svinefoder. Rapport nr. 30, Dansk Svineproduktion .
[6]	Just, A.; Jørgensen, H.; Fernández, J. A.; Bech-Andersen, S.; Hansen, N.E. (1983). Forskellige foderstoffers kemiske sammensætning, fordøjelighed, energi- og proteinværdi til svin. Beretning nr. 556, Statens Husdyrbrugsforsøg

Appendiks

Appendiks 1

Foderblandingerne sammensætning i % af tørfoder, planlagt

Blanding	Byg (behandling 1 og 2)	Hvede (behandling 3 og 4)
Vårbyg	80,00	-
Hvede	-	80,00
Sojaskrå, toasted	17,10	17,10
L-lysin, 40 %	0,37	0,37
DL-methionin, 40 %	0,08	0,08
Threonin, 50 %	0,09	0,09
Foderkridt	1,14	1,14
Fodersalt	0,31	0,31
Kromoxyd-forblanding	0,72	0,72
Vitamin/mineral-forblanding	0,19	0,19

Appendiks 2

Udfodret korn og tilskudsfoder

Behandling	1	2	3	4
Blanding	Blanding med ikke-fermenteret byg	Blanding med fermenteret byg	Blanding med ikke-fermenteret hvede	Blanding med fermenteret hvede
Korn (inkl. vand), kg pr. dag	1,61	4,55	1,62	4,49
Tilskudsfoder, kg pr. dag	0,40	0,41	0,40	0,41
Kg tørstof pr. dag	1,82	1,53	1,82	1,49
FEsv pr. dag	2,06	1,71	2,29	1,85
Tørstof fra korn i blanding, %	79,8	75,9	79,7	75,2
Tørstof fra tilskudsfoder i blanding, %	20,2	24,1	20,3	24,8

Appendiks 3

Grisenes gennemsnitsvægt i de fire opsamlingsperioder

Periode	Vægt, kg
1	46,3
2	55,9
3	64,4
4	76,4

Appendiks 4

Kemiske analyser af ikke-fermenteret og fermenteret byg og hvede samt tilskudsfoder

Foder	Ikke-fermenteret byg ¹⁾	Fermenteret byg ¹⁾	Ikke-fermenteret hvede ¹⁾	Fermenteret hvede ¹⁾	Tilskudsfoder ¹⁾
EFOS	84,4	84,1	91,4	90,4	92,1
EFOSi	77,7	77,8	86,9	86,9	68,0
Tørstofprocent	90,4	25,6	89,6	25,0	91,4
Råaske, % af tørstof	2,0	2,1	1,6	1,7	16,4
Råprotein, % af tørstof	10,6	10,8	11,0	11,6	42,6
Råfedt, % af tørstof	3,1	3,4	2,6	2,8	3,0
FEsv pr. kg tørstof	1,20	1,21	1,36	1,36	0,85
Bruttoenergi, kcal pr. kg tørstof ²⁾	4.438	4.465	4.381	4.439	4.158
Fytase, FTU pr. kg tørstof ³⁾	1156	491	791	489	-
Gram pr. kg tørstof					
Kromoxyd	-	-	-	-	24
Sukre ⁴⁾	23	4	42	7	76
Stivelse ⁴⁾	648	626	695	671	31
Uopløselige NSP ⁴⁾ og ⁵⁾	127	118	91	88	140
Opløselige NSP ⁴⁾	65	40	29	16	80
Total NSP ⁴⁾	192	158	120	104	220
Lignin ⁴⁾	30	34	14	18	33
Kostfibre ⁶⁾	222	192	134	123	233
Total-fosfor ⁷⁾	3,6	3,6	2,7	2,9	5,8
Fytinsyre-fosfor ⁸⁾	2,5	0,5	2,0	0,5	3,6
Calcium ⁷⁾	0,3	0,4	0,3	0,4	32,3

¹⁾ Gennemsnit af 8 analyser, hvis andet ikke er anført

²⁾ Gennemsnit af 4 analyser for ikke-fermenteret byg og hvede

³⁾ Gennemsnit af 4 analyser undtagen for fermenteret byg, hvor der kun er 1 analyse

⁴⁾ Gennemsnit af 4 analyser for korn og 1 analyse for tilskudsfoder

⁵⁾ NSP = Ikke-stivelses-polysakkarider

⁶⁾ Kostfibre er sum af NSP (ikke-stivelses-polysakkarider) og lignin

⁷⁾ Gennemsnit af 4 analyser

⁸⁾ Gennemsnit af 4 analyser undtagen for fermenteret hvede, hvor der kun er 1 analyse

Appendiks 5

Beregnet næringsstofindhold i foderblandingerne¹⁾

Behandling	1	2	3	4
Blanding	Blanding med ikke-fermenteret byg	Blanding med fermenteret byg	Blanding med ikke-fermenteret hvede	Blanding med fermenteret hvede
EFOS	85,8	85,8	91,6	90,8
EFOSi	76,0	75,7	83,5	82,8
Tørstofprocent	90,6	30,9	89,9	30,4
Råaske, % af tørstof	4,9	5,5	4,6	5,3
Råprotein, % af tørstof	17,0	18,4	17,4	19,3
Råfedt, % af tørstof	3,1	3,3	2,7	2,8
FEsv pr. kg tørstof	1,13	1,12	1,26	1,24
Bruttoenergi, kcal pr. kg tørstof	4.381	4.391	4.336	4.369
Gram pr. kg tørstof				
Sukre	34	21	49	24
Stivelse	524	483	560	512
NSP ²⁾	193	168	137	128
Lignin	30	34	18	22
Kostfibre ³⁾	224	202	154	150
Total-fosfor	4,0	4,1	3,4	3,6
Fytinsyre-fosfor	2,7	1,2	2,3	1,3
Calcium	6,8	8,1	6,8	8,3

¹⁾ Beregnet ud fra foderanalyser vist i appendiks 4 og procentfordeling af udfodret korn og tilskudsfoeder vist i appendiks 2

²⁾ NSP = Ikke-stivelses-polysakkarider

³⁾ Kostfibre er sum af NSP (ikke-stivelses-polysakkarider) og lignin

Appendiks 6

pH og temperatur i fermenteringstanke med byg og hvede

Måletidspunkt	Efter blanding om eftermiddagen ¹⁾	Morgenfodring (ca. 16,5 timers fermentering) ¹⁾	Eftermiddagsfodring (ca. 23,5 timers fermentering) ¹⁾
pH i fermenteringstanke			
Byg	4,0	3,7	3,6
Hvede	4,2	3,7	3,7
Temperatur i fermenteringstanke, °C			
Byg	24,0	23,0	24,2
Hvede	23,9	23,0	24,1

¹⁾ Gennemsnit af 8 målinger

Appendiks 7

Mikrobiologiske analyser af fermenteret byg og hvede

Fermenteret korn	Fermenteret byg ¹⁾	Fermenteret hvede ¹⁾
Mælkesyrebakterier, log CFU pr. g	9,3	9,3
Gær, log CFU pr. g	7,4	7,7
Enterobakterier, log CFU pr. g	<3,0	<3,1
<i>Cl. perfringens</i> , log CFU pr. g	<2,0	<2,1
Eddikesyre, mmol pr. kg	8	16
Mælkesyre, mmol pr. kg	57	57
Ethanol, g pr. kg	0,88	1,61

¹⁾ Gennemsnit af 8 analyser

Appendiks 8

Sigteprofil af formalet byg og hvede

Partikelstørrelse	> 3 mm	2-3 mm	1-2 mm	< 1 mm
Formalet byg, procentfordeling ¹⁾	1	26	48	25
Formalet hvede, procentfordeling ¹⁾	1	31	36	31

¹⁾ Gennemsnit af 3 sigteanalyser i Bygholmsigte, sigtet i 3 min. (mod anbefalingen på 5 min.)

Appendiks 9

Totalt væggtab ved fermentering af henholdsvis byg og hvede

Tidsinterval	Blanding - morgenfodring (ca. 16,5 timer) ¹⁾	Morgenfodring – eftermiddagsfodring (ca. 6,5 timer) ¹⁾
Fermenteret byg		
Vægttab, kg	0,081	0,020
Vægttab, %	0,16	0,05
Fermenteret hvede		
Vægttab, kg	0,202	0,016
Vægttab, %	0,44	0,05

¹⁾ Gennemsnit af 4 målinger

OPDATERET D.

© VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION 2010.
TEKSTEN MÅ MED KILDEANGIVELSE FRIT ANVENDES.

VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf: 33 39 40 00

Fax: 33 11 25 45

vsp-info@lf.dk

en del af

Landbrug & Fødevarer

Printet er fra vsp.lf.dk 02.09.2010

Ophavsretten tilhører Videncenter for svineproduktion. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov. Videncenter for svineproduktion er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.

Artiklen findes på adressen: http://vsp.lf.dk/Publikationer/Kilder/lu_medd/2010/873.aspx