

Reduceret fosforudskillelse ved anvendelse af fytasetilsætning svinefoder

Hanne Damsgaard Poulsen og Karoline Johansen
Danmarks Jordbrugsforskning

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 REDUCERET FOSFORUDSKILLELSE VED ANVENDELSE AF FYTASETILSÆTNING TIL SVINEFODER	11
1.1 FØRSØGSBESKRIVELSE	11
1.2 RESULTATER OG DISKUSSION	13
1.2.1 <i>Fytaseaktivitet i foderet</i>	13
1.2.2 <i>Resultater fra balanceforsøget</i>	14
1.2.3 <i>Statistisk analyse af effekten af varmebehandling og fytasetilsætning på fosfor- og calciumbalancen</i>	15
1.3 BETYDNING FOR REDUCERING AF SVINS FOSFORUDSKILLELSE	17
1.3.1 <i>Hvor meget monocalciumfosfat kan fytasetilsætning erstatte?</i>	17
1.3.2 <i>Effekt af fytasetilsætning på fosforudskillelsen</i>	18
1.4 KONKLUSION	18
1.5 REFERENCER	19

Forord

I denne rapport omtales resultaterne fra projektet: “Reduceret fosforudskillelse ved anvendelse af fytasetilsætning til svinefoder”.

Formålet med projektet var at undersøge og beskrive effekten af tilsætning af mikrobiel fytase på svins fosforudnyttelse. I dansk svineproduktion bliver en del af foderet fremstillet på foderfabrikker, medens resten hovedsageligt fremstilles på de enkelte bedrifter. På foderfabrikker opvarmes foderet normalt under fremstillingen til minimum 81° C af hensyn til forebyggelse/bekæmpelse af forekomst af Salmonella. Ved varmebehandlingen af foderet inaktiveres det naturligt forekommende fytase i større eller mindre grad, hvorfor fordøjeligheden af fosfor før tilsætning af mikrobiel fytase forventes at være væsentligt lavere i varmebehandlet foder. Derfor blev effekten af fytasetilsætning undersøgt i kombination med enten varmebehandlet eller ikke-varmebehandlet foder.

Projektet blev gennemført som et fordøjeligheds- og balanceforsøg med svin, og resultaterne viste, at varmebehandling af foder reducerede fosfors fordøjelighed. Samtidig viste det sig, at tilsætning af mikrobiel fytase øgede fordøjeligheden i både varmebehandlet og ikke-varmebehandlet foder. I begge tilfælde steg fordøjeligheden til gennemsnitlig 62%. Det betyder, at fytasetilsætning medførte størst effekt i varmebehandlet foder, hvorved fytasetilsætning kan erstatte mest foderfosfat i varmebehandlet fabriksfremstillet foder. Ved ikke-varmebehandlet foder var effekten knap 40% mindre. Projektet giver et klart fingerpeg om, at det er vigtigt at skelne mellem de to forskellige foderfremstillingsformer, og at effekten af fytase ikke kan forventes at være ens i de to situationer. Forsøget giver samtidigt et præj om, at fosforudskillelsen hos slagtesvin kan reduceres med op mod 30%. De opnåede resultater er med til at skabe et solidt grundlag for maksimal forbedring af fosforudnyttelsen i dansk svineproduktion, uden at dyrene risikerer at blive underforsynet med fosfor, hvorved deres sundhed og produktion ville blive nedsat.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen (Program for renere produkter mv.), og rapporten er udarbejdet af Danmarks JordbrugsForskning.

Sammenfatning og konklusioner

Fosfor er et livsnødvendigt næringsstof for husdyr, men fosfor udgør også et aktuelt miljøproblem i landbruget. Svin bidrager med omkring halvdelen af den totale mængde fosfor i dansk husdyrgødning. I områder med intensiv svineproduktion (maksimalt antal svin/ha) tilføres jorden mere fosfor, end afgrøderne optager. Store mængder fosfor er derfor ophobet i dansk landbrugsjord, og det kan resultere i tab af fosfor til vandmiljøet, hvor det kan bidrage til eutrofieringen. Der forskes derfor i, hvordan husdyrs udnyttelse af fosfor kan øges, så dyrenes behov tilgodeses samtidig med, at udskillelsen reduceres.

En af årsagerne til den store udskillelse af fosfor i husdyrgødningen er, at fosfor i kerner og frø er oplagret i form af fytat. Enmavede dyr som grise og fjerkræ er kun i begrænset omfang i stand til at fordøje og omsætte fytat, hvilket er en forudsætning for, at dyrene kan udnytte fosfor, som er bundet i komplekset. Derfor har man gennem årene tilsat ekstra uorganisk foderfosfat til foderet, så dyrenes fysiologiske betingede fosforbehov er blevet dækket. Nedbrydningen af det fytatbundne fosfor kan stimuleres af enzymet fytase, som dels findes i kerner og frø, men som også nu kan købes og tilsættes foderet. Enzymet kan dog inaktiveres gennem varmebehandling, således at nedbrydningen af fytat reduceres.

Forskning har vist, at anvendelse af fytase kan bidrage til at reducere fosforudskillelsen hos svin, og tilsætning af mikrobielt fremstillet fytase muliggør, at fytatbundet fosfor i højere grad kan udnyttes af svin og fjerkræ, hvorved behovet for tilsætning af ekstra fosfor i form af foderfosfat kan reduceres. Hermed stiger dyrenes fosforudnyttelse, og samtidigt falder indholdet af fosfor i gødningen. Det aktuelle forsøg havde til formål at bestemme effekten af tilsætning af mikrobiel fytase på fordøjeligheden af fosfor i bygbaseret foder. Samtidig blev effekten af varmebehandling på fosfors fordøjelighed undersøgt. Forsøget viste, at varmebehandling af foderet reducerede den naturligt forekommende fytaseaktivitet, hvorved fosfors fordøjelighed faldt med 8 procentenheder fra 57 til 49%. Tilsætning af mikrobiel fytase til foderet viste sig at stimulere nedbrydningen af fytat, så fosfors fordøjelighed steg til gennemsnitligt 62% i både det varmebehandlede og det ikke-varmebehandlede foder. Denne stigning betyder, at der vil kunne fjernes 33-52 g fosfor (i form af monocalciumfosfat) pr. 100 kg foder. Den største reduktion kan ske i varmebehandlet foder og den mindste reduktion i ikke-varmebehandlet foder. Antages det, at fordøjeligheden under praktiske forhold er ca. 60%, som fundet i forsøget, vil det kunne betyde en reduktion i fosforudskillelsen fra slagtesvin på op mod 30%.

Forsøgets overordnede konklusion er, at tilsætning af mikrobiel fytase øger fordøjeligheden og dermed udnyttelsen af fosfor hos slagtesvin. Forsøget viser samtidigt, at effektens størrelse er mindst ved ikke-varmebehandlet foder svarende til, at foderet fremstilles på bedriften, og størst ved varmebehandlet foder, som svarer til, at foderet fremstilles på foderfabrik. Årsagen hertil er, at fabriksfremstillet foder normalt varmebehandles. Varmebehandlingens hårdhed (temperatur, fugt mv.) forventes dog at påvirke resultaterne.

Summary and conclusions

Phosphorus is an essential nutrient for domestic animals. However, phosphorus is also an actual environmental problem for Danish agriculture. Pig production contributes with about 50% of the total phosphorus amount in manure. Consequently, arable land in regions with intensive pig production is generally supplied with more phosphorus from manure than is taken up by the crops. This means that in these areas large amounts of phosphorus are accumulated in the soil. The accumulated phosphorus might leach into rivers and lakes and may cause eutrophication. Much effort is now attributed to the improvement of phosphorus utilisation in domestic animals.

A major cause for the low phosphorus utilisation is that phosphorus in cereals and seeds is stored in a chemical complex named phytate. Monogastric animals like pigs and poultry are only able to digest and utilise phytate phosphorus to a limited extent. Consequently, it is normal practice to supplement diets for pigs and poultry with extra phosphorus (as inorganic feed phosphates) to fulfil their physiological demand. However, the degradation of phytate is stimulated by the enzyme phytase that is present to some extent in cereals and seeds, but phytase is also available as microbial phytase that can be added to the diets. Phytase is a protein and it can be inactivated by heat treatment, thus losing its phytate degrading effect.

Research has shown that phytase contributes to improved utilisation of phosphorus in pigs, and addition of microbial phytase to the diets renders phosphorus in phytate more available for pigs and poultry. This means that less inorganic feed phosphate is needed to fulfil the animals' needs. As such, the overall phosphorus utilisation is improved and the excretion of phosphorus is reduced without compromising the animals' requirement. The aim of the present study was to evaluate the effect of addition of phytase to pig diets based on barley and wheat, which are typical components in Danish pig feeds. Furthermore, the effect of heat treatment on phosphorus digestibility was evaluated. The experiment showed that heat treatment decreased the phytase activity, thus reducing the phosphorus digestibility by 8 percentage units, from 57 to 49%. However, addition of microbial phytase to the feed stimulated the degradation of phytate and brought about an increase in phosphorus digestibility to approximately 62% in both heat-treated and not heat-treated diets. This improvement implies that it will be possible to remove 33 to 52 g phosphorus (as mono calcium phosphate) per kg diet. The largest reduction is achieved for heat-treated diets and the smallest reduction refers to not heat-treated pig diets. Assuming that the phosphorus digestibility under practical conditions is improved to 60% as found in the present experiment, the use of phytase will result in a reduced phosphorus excretion of up to 30%.

The overall conclusion that can be drawn from the experiment is that the presence of microbial phytase increases phosphorus digestibility and thereby the utilisation of phosphorus in growing and finishing pigs. However, the magnitude of the effect is smallest in not heat-treated diets (corresponds to on-farm produced diets) and greatest in heat-treated diets (corresponds to commercially produced diets). The intensity of the heat treatment of the diets (temperature, moisture etc.) may affect the results.

1 Reduceret fosforudskillelse ved anvendelse af fytasetilsætning til svinefoder

Af miljømæssige årsager tilsættes mikrobiel fytase i stigende grad til foderblandinger til svin for at øge udnyttelsen af fosfor. Der er imidlertid usikkerhed omkring effekten af fytasetilsætning på fordøjeligheden af fosfor under danske fodringsforhold, hvor der typisk anvendes hvede- og bygbaserede blandinger. Endvidere er der også usikkerhed om effekten af fytasetilsætning på fordøjeligheden af fosfor i varmebehandlet foder, fordi der endnu ikke er gennemført forsøg til belysning af effekten af fytasetilsætning til varmebehandlet hvede- og bygbaseret foder. Størstedelen af det foder, der fremstilles på foderstoffabrikkerne i Danmark varmebehandles ved minimum 81° C for at mindske risikoen for Salmonella. Byg, og især hvede har normalt et højt naturligt indhold af fytase. Ved varmebehandling inaktiveres fytasen mere eller mindre, hvorfor fordøjeligheden af fosfor er lavere i fabriksfremstillet foder sammenlignet med hjemmeblandet foder, hvor korn delen ikke varmebehandles. Som udgangspunkt forventes fabriksfremstillet foder at have en lavere fosforfordøjelighed, og derfor forventes effekten af fytasetilsætning at være større i fabriksfremstillet foder end i hjemmeblandet foder. Det aktuelle forsøg havde til formål at undersøge effekten af fytasetilsætning på fordøjeligheden af fosfor i en typisk dansk foderblending til svin. Samtidig var det formålet at sammenligne effekten af fytase, når samme foderblending blev varmebehandlet (svarende til fabriksfremstillet) henholdsvis ikke-varmebehandlet (svarende til hjemmeblandet).

1.1 Forsøgsbeskrivelse

Forsøget gennemførtes som et balanceforsøg med 6 kuld á 6 sogrise (i alt 36 grise). De 6 kuldsøskende blev ved en vægt på omkring 43 kg fordelt på 6 hold og tildelt én af i alt 6 foderblandinger (tabel 1). Grisene fik dagligt 1,8 kg foder i forsøgsperioden. Blandingerne blev fremstillet ud fra samme grundblending, hvor byg udgjorde den største kornandel (tabel 2).

Tabel 1. Forsøgsdesign

Foderblending	1	2	3	4	5	6
Antal grise	6	6	6	6	6	6
Varmebehandling	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
Tilsat fytase (FTU/kg foder)	0	250	500	0	250	500

Grisene blev opstaldet i opsamlingsbure og fik tildelt forsøgsfoderet i en 5-dages forberedelsesperiode, hvor grisene kunne vænne sig til foderet. Derefter fik sogrisene isat urinkatetre, således at urinen kunne opsamles, uden at den blev opblandet med den faste gødning. Efter forberedelsesperioden blev gødning og urin opsamlet hver for sig over en periode på 7 dage. Mængden af gødning og urin blev bestemt, og der blev udtaget repræsentative prøver til

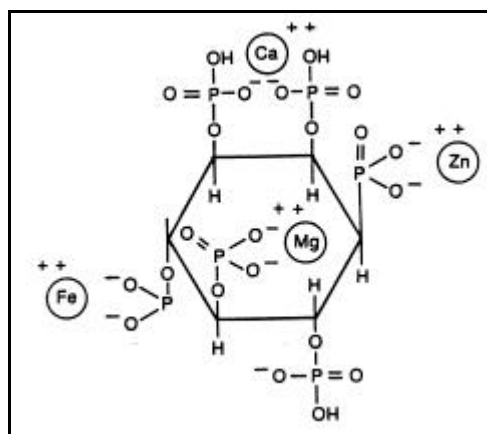
kemisk analyse. Metoden er detaljeret beskrevet af Poulsen, 1994. Prøver af foder, fæces og urin blev analyseret for indhold af fosfor og calcium. Desuden blev foderet analyseret for indhold af fytatbundet fosfor og for fytaseaktivitet. Foderets analyserede indhold af fosfor, calcium og fytatbundet fosfor er vist i tabel 2.

Tabel 2. Grundblandingsens procentvise, beregnede og analyserede indhold

Sammensætning (%)	%
Byg	50,8
Hvede	20,0
Sojaskrå	23,9
Animalsk fedt	2,0
Melasse	1,0
Lysin, 40%	0,4
Methionin 40%	0,2
Threonin 50%	0,1
Kridt	1,0
Salt	0,4
Vitamin / Mineral premix ¹	0,2
Beregnet indhold	
FEs/kg	1,07
Pr. kg foder:	
Fordøjelig protein (g)	144,5
Total fosfor (g)	3,6
Calcium (g)	6,4
Analyseret indhold	
Tørstof (%)	89
Pr. kg foder:	
Total fosfor (g)	3,5
Fytat fosfor (g)	2,8
Calcium (g)	6,3

Indeholdende (mg/kg): jern 50, mangan 28, kobber 20, selen 0,3, jod 0,2, zink 80, vitamin E 60, vitamin K3 2,2, vitamin B1 2,2, vitamin B2 4,0, vitamin B6 3,3, D- pantotensyre 11,0, vitamin B12 0,02, vitamin A 4.400 IU/kg, vitamin D3 1.000 IU/kg.

De 6 forsøgsblandinger var baseret på et grundfoder, som opfyldte gældende danske normer for alle næringsstoffer på nær fosfor. Det anvendte foder blev ikke tilsat uorganisk fosfor, hvorfor foderets fosforindhold udelukkende bestod af vegetabilsk fosfor. Omkring 80% af det totale fosforindhold i blandingen var i form af fytatbundet fosfor (tabel 2). Fytat fungerer som oplagringsform for fosfor, og den kemiske opbygning af fytat er vist i figur 1. Grundblandingen blev fremstillet som ét parti, og det blev efterfølgende delt i to, hvorefter det ene delparti blev varmebehandlet ved omkring 81° C. Herefter blev de to partier delt i 6 forsøgsblandinger, som bestod af 3 ikke-varmebehandlede blandinger og 3 varmebehandlede blandinger. De 2x3 blandinger blev tilsat enten 0, 250 eller 500 FTU/kg foder, som anført i tabel 1. Fytasen blev således tilsat efter, at foderet var blevet varmebehandlet.



Figur 1. Fytatmolekyle (fytat, myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakisfosfat).

1.2 Resultater og diskussion

1.2.1 Fytaseaktivitet i foderet

Fytaseaktiviteten blev bestemt ved kemisk analyse, og resultaterne er vist i tabel 3. Den analyserede fytaseaktivitet var 450 i det ikke-varmebehandlede grundfoder og 340 FTU/kg i det varmebehandlede grundfoder.

Tabel 3. Fytaseaktivitet i de 6 forskellige foderblandinger

Foderblanding	1	2	3	4	5	6
Varmebehandling	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
Tilsat fytase (FTU/kg foder)	0	250	500	0	250	500
Analyseret fytaseaktivitet (FTU/kg foder)	450	640	880	340	510	740
Målt tilsat fytaseaktivitet (FTU/kg foder)	-	190	430	-	170	400

1 FTU = den mængde enzym, der frigør 1 µmol orthofosfat fra 0,0051 mol/L natriumfosfat pr. minut under følgende betingelser: pH 5.5 and 37° C (Engelen et al., 1994).

Disse resultater viser, at der i den ikke-varmebehandlede byg/hvedebaserede foderblanding var en ret stor fytaseaktivitet. Det er tidligere fundet, at den naturlige fytaseaktivitet varierer betydeligt både mellem kornarter og mellem kornsorter indenfor samme art. Det er derfor sandsynligt, at fytaseaktiviteten i den anvendte byg og hvede i det aktuelle foder har været høj. Ved varmebehandling af foderet blev fytaseaktiviteten kun reduceret med 25%, og det skal nævnes, at varmebehandling blev gennemført ved en temperatur på lidt over 81° C, som er det foreskrevne krav til minimumstemperatur i Salmonella-handlingsplanen. Ved højere varmebehandlingstemperaturer må det forventes, at aktiviteten ville blive yderligere reduceret, men i det aktuelle forsøg bevirkede varmebehandling som nævnt kun en mindre inaktivering af den naturlige fytaseaktivitet. Tabel 3 viser også, at den kemiske analyse gen fandt 70-85% af den tilsatte mængde fytase, idet alle blandingerne, der var tilsat fytase, havde en lidt lavere fytaseaktivitet end planlagt.

1.2.2 Resultater fra balanceforsøget

Alle grisene gennemførte forsøget, og deres gennemsnitlige vægt lå ved forsøgets afslutning på 52 kg. På baggrund af det analyserede indhold af fosfor og calcium i foder, gødning og urin blev indtaget, udskillelse (med gødning og urin), den tilsyneladende fordøjelighed og den aflejrte mængde af fosfor og calcium beregnet. Resultaterne er angivet i tabel 4.

Tabel 4. Resultater fra balanceforsøget

Foderblanding	1	2	3	4	5	6
Varmebehandling	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
Tilsat fytase (FTU/kg foder)	0	250	500	0	250	500
Fosfor:						
Fortæret (g/dag)	6,22	6,34	6,27	6,13	6,21	6,03
Udskilt i gødning (g/dag)	2,65	2,38	2,25	3,12	2,41	2,55
Udskilt i urin (g/dag)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Tilsyneladende fordøjelighed (%)	57	62	64	49	61	57
Aflejret (g/dag)	3,55	3,95	4,01	3,00	3,78	3,46
Calcium:						
Fortæret (g/dag)	10,9	11,1	11,0	11,3	11,5	11,1
Udskilt i gødning (g/dag)	4,38	4,10	4,13	5,00	4,19	4,59
Udskilt i urin (g/dag)	1,12	1,06	0,74	1,39	1,16	1,07
Tilsyneladende fordøjelighed (%)	60	63	62	56	63	58
Aflejret (g/dag)	5,38	5,94	6,10	4,92	6,10	5,46

Tabellen viser, at der ikke var forskel i mængden af indtaget fosfor og i udskilt fosfor med urin for grisene på de forskellige blandinger. Fosforindholdet i urinen var meget lille og viser, at ingen af grisene i forsøget blev overforsynet med fosfor, idet grise normalt udskiller overskydende fosfor med urinen, hvis de overforsynes med fosfor gennem foderet. Det fremgår også af tabellen, at grisene generelt udskilte mindre fosfor med gødningen, når foderet var tilsat fytase. Derfor steg fordøjeligheden af fosfor ved stigende tilsætning af fytase både ved varmebehandlet og ikke-varmebehandlet foder. Stigningen var dog væsentlig større i det varmebehandlede foder. Aflejringen af fosfor steg derfor også efter fytasetilsætning, hvilket bevirkede, at den samlede fosforudskillelse med gødning og urin faldt. Den lave fosforudskillelse med urinen betød, at udnyttelsen af det fordøjede fosfor lå på omkring 100%, således at fosforudnyttelsen stort set svarede til fordøjeligheden. Der blev for hold 6 (tilsætning af 500 FTU til varmebehandlet foder) fundet et lidt afvigende resultat, men der kan ikke gives en umiddelbar forklaring, og det skyldes formentlig almindelig forsøgsusikkerhed. Det ses også, at varmebehandling af foderet havde negativ effekt på fosfors fordøjelighed, hvilket resulterede i en lavere udnyttelse og en stigning i udskillelsen af fosfor på knap 20%. Samtidig viste forsøget, at fytasetilsætning kompenserede for den negative effekt af varmebehandling.

Resultaterne vedrørende calciumbalancen følger – som forventet – de resultater, der blev fundet for fosfor (tabel 4). Efter fytasetilsætning faldt udskillelsen af calcium med urinen, hvilket er et tegn på, at der var mere fosfor til stede til aflejring, idet en væsentlig del af fosforet bliver aflejret sammen med calcium i knoglerne. Resultaterne viser derfor også en stigende calciumaflejring efter fytasetilsætning. Fordøjeligheden af calcium lå i forsøget generelt på omkring 60%.

1.2.3 Statistisk analyse af effekten af varmebehandling og fytasetilsætning på fosfor- og calciumbalancen

Den statistiske analyse viste, at der ikke var signifikant vekselvirkning mellem effekten af varmebehandling og fytasetilsætning, hvilket betyder, at tilsætning af fytase forøgede fordøjeligheden og dermed udnyttelsen af fosfor i såvel varmebehandlet som ikke-varmebehandlet foder. Effektens størrelse varierede dog og var, som nævnt, størst i varmebehandlet foder. Da der ikke var vekselvirkning, blev hovedeffekten af varmebehandling og fytasetilsætning på aflejnings- og udskillelsesmønstret af fosfor og calcium opgjort hver for sig. Resultatet er vist i tabel 5.

Tabel 5. Resultatet af den statistiske analyse. Hovedeffekt af varmebehandling og fytasetilsætning på udskillelse, aflejring og fordøjelighed af fosfor og calcium hos grise (43-52 kg). Resultaterne er angivet som mindste kvadraters gennemsnit.

Antal grise	Varmebeh.		SEM ¹	Fytase, FTU/kg foder			SEM ¹	Varmebeh. ²	Fytase ²
	Nej	Ja		0	250	500			
	18	18		12	12	12			
Fosfor:									
Fortæret (g/dag)	6,27	6,12	0,07	6,18	6,27	6,15	0,09	NS	NS
Udskilt i gødning (g/dag)	2,43 ^a	2,69 ^b	0,07	2,89 ^A	2,39 ^B	2,40 ^B	0,08	**	***
Udskilt i urin (g/dag)	0,02 ^a	0,02 ^a	0,00	0,02 ^A	0,02 ^A	0,02 ^A	0,00	NS	NS
Tilsyn. Fordøjelighed (%)	61 ^a	56 ^b	1,1	53 ^A	62 ^B	61 ^B	1,4	***	***
Aflejret (g/dag)	3,83 ^a	3,42 ^b	0,09	3,27 ^A	3,87 ^B	3,73 ^B	0,10	***	***
Calcium:									
Fortæret (g/dag)	11,0	11,3	0,13	11,1	11,3	11,1	0,16	NS	NS
Udskilt i gødning (g/dag)	4,20 ^a	4,59 ^b	0,1164	4,69 ^A	4,15 ^B	4,35 ^{AB}	0,14	**	**
Udskilt i urin (g/dag)	0,98 ^a	1,21 ^b	0,080	1,26 ^A	1,11 ^{AB}	0,91 ^B	0,10	*	NS
Tilsyn. Fordøjelighed (%)	62 ^a	59 ^a	1,2	58 ^A	63 ^B	60 ^{AB}	1,5	NS	*
Aflejret (g/dag)	5,80 ^a	5,49 ^a	0,19	5,15 ^A	6,01 ^B	5,78 ^{AB}	0,23	NS	**

1 FTU = den mængde enzym, der frigør 1 µmol orthofosfat fra 0,0051 mol/L natriumfosfat per minut under følgende betingelser: pH 5,5 and 37° C (Engelen et al., 1994).

¹) Standard error of mean

²) ***: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $\leq 0,05$; NS: $p > 0,05$

a, b, eller A, B: resultater på samme linje med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ($P \leq 0,05$) indenfor henholdsvis varmebehandling og fytase.

Der var ingen effekt af hverken varmebehandling eller fytasetilsætning på udskillelsen af fosfor i urinen, og udskillelsen var meget lille for alle grupper af grise. Det betyder, at udnyttelsen af det fordøjede fosfor var omkring 100% for alle grupperne, og at fosforindtaget for alle grisene var mindre end eller højst netop lig med deres behov, således at fosforudskillelsen med urinen svarede til det endogene obligatoriske tab.

Grise tildelt varmebehandlet foder udskilte signifikant mere calcium i urinen sammenlignet med grise tildelt ikke-varmebehandlet foder. Der var en klar tendens ($p=0,06$) til, at grise tildelt foder ikke tilsat fytase udskilte mere calcium i urinen sammenlignet med grise, der fik foder tilsat fytase. Det tyder derfor på, at grise fodret med ikke-varmebehandlet foder eller fytasesuppleret foder var mindre underforsynet med fosfor end grise fodret med varmebehandlet foder eller foder uden tilsat fytase. Dette hænger sammen med, at der i kroppen foregår en meget tæt regulering af calcium og fosfor. Kroppens calciumindhold reguleres - forskelligt fra fosforindholdet - primært via absorptionen i tarmen, idet den absorberede mængde calcium normalt svarer til grisens behov. Udskillelsen af calcium i urinen er derfor normalt meget lille (svarende til det endogene obligatoriske tab) hos grise, der er velforsynede med fosfor og calcium. Udskillelsen af calcium i urinen afhænger dog af fosforindtaget og omvendt, idet fosfor og calcium som nævnt aflejres sammen i knoglerne. Det bevirker, at hvis der er underskud af et af mineralerne (i dette forsøg fosfor), så kan det andet mineral (calcium) ikke aflejres, hvorfor det udskilles i urinen. Generelt udskilte alle grupper af grise i forsøget mere calcium i urinen end observeret hos grise i samme vægtklasse tildelt tilstrækkeligt med fosfor (ca. 0,09 g calcium med urin/dag) (Poulsen, 1994). Dette indikerer, at alle grupper af grise i det aktuelle forsøg var underforsynet med fosfor.

Grise, der fik tildelt ikke-varmebehandlet henholdsvis fytasesuppleret foder, udskilte signifikant mindre fosfor i gødningen og havde dermed en signifikant højere fordøjelighed af fosfor i forhold til grise, der fik tildelt varmebehandlet foder henholdsvis foder ikke tilsat fytase. Endvidere aflejrede grise fodret med ikke-varmebehandlet eller fytasesuppleret foder signifikant mere fosfor sammenlignet med grise fodret med henholdsvis varmebehandlet eller ikke fytasesuppleret foder. Udskillelsen af calcium i gødningen var signifikant lavere hos grise fodret med ikke-varmebehandlet eller fytasesuppleret foder (tabel 5). Fordøjelighed og aflejring af calcium var ikke påvirket af varmebehandling, men signifikant forbedret ved fytasetilsætning. Den øgede calciumfordøjelighed og -aflejring kan være et indirekte resultat af, at behovet for og indlejringen af calcium øgedes i takt med, at tilgængeligheden af fosfor øgedes ved tilsætning af fytase, da de to mineraler som nævnt aflejres sammen, og absorptionen af calcium tilpasses grisens behov. Den øgede calciumfordøjelighed kan dog også være et resultat af en større nedbrydning af fytat, hvormed mere calcium er tilgængelig for absorption.

Der var i forsøget ingen signifikant forskel på effekten af at tilsætte 500 FTU/kg foder sammenlignet med 250 FTU/kg foder på nogen af de undersøgte egenskaber (tabel 5). Det skal dog her nævnes, at det ikke var muligt helt at genfinde den forventede tilsatte mængde fytase (jfr. tabel 3). Da tilsætningen af 500 FTU/kg foder ikke førte til en yderligere forbedring af fosforfordøjeligheden sammenlignet med tilsætningen af 250 FTU/kg foder, viste forsøget, at den maksimale fosforfordøjelighed ved tilsætning af fytase lå på omkring 62%. Dette stemmer overens med et litteraturstudium af Johansen & Poulsen (2003), hvor den maksimale fosforfordøjelighed opnået ved tilsætning af fytase højst lå på 65-70% selv ved tilsætning af høje doser fytase (1000-2500 FTU/kg foder) og uanset, om foderet var baseret på ikke-varmebehandlet hvede, byg eller majs. Da foderet i det aktuelle forsøg som udgangspunkt havde en høj fosforfordøjelighed selv efter varmebehandling, var tilsætningen af 250 FTU/kg foder tilsyneladende tilstrækkelig. Havde fosfors fordøjelighed derimod været lavere, havde tilsætningen af 500 FTU/kg foder sandsynligvis resulteret i en ekstra stigning i fordøjeligheden af fosfor i

forhold til 250 FTU/kg foder. Tilsætning af 1000 FTU/kg foder kunne måske have hævet fordøjeligheden til 65-70%.

Forsøget viser, at fosforfordøjeligheden og dermed fosforudnyttelsen i et byg/hvedebaseret foder med forholdsvis høj fytaseaktivitet faktisk er høj, men at varmebehandling af foderet kan reducere udnyttelsen af fosfor markant. Forsøget viser dog også, at tilsætning af fytase kunne kompensere for den negative effekt af varmebehandling og samtidig øge fordøjeligheden og udnyttelsen af fosfor i både varmebehandlet og ikke-varmebehandlet foder. Effekten var dog som forventet størst efter varmebehandling af foderet.

Effekten af fytase i det ikke-varmebehandlede foder var forholdsvis lille sammenlignet med tidligere forsøg (Poulsen, 1996), hvor der blev observeret en stigning på 18 procentenheder ved tilsætning af fytase til blandinger svarende til blandingen i dette forsøg. Den lille effekt af fytase i det aktuelle forsøg skyldes, at foderet som udgangspunkt havde en høj fosforfordøjelighed pga. høj naturligt fytaseaktivitet.

Forsøget viste, at grise tildelt fytasesuppleret foder udskilte generelt mindre fosfor i gødningen, og mængden var den samme, hvad enten foderet var varmebehandlet eller ikke-varmebehandlet.

1.3 Betydning for reducere af svins fosforudskillelse

1.3.1 Hvor meget monocalciumfosfat kan fytasetilsætning erstatte?

For at øge den samlede udnyttelse af fosfor og dermed reducere udskillelsen af fosfor til det omgivende miljø, er det nødvendigt at vide, hvor meget uorganisk fosfor tilsætningen af fytase kan erstatte. I Danmark suppleres svinefoder typisk med uorganisk fosfor i form af monocalciumfosfat (MCP). Tabel 6 viser den gennemsnitlige stigning i indholdet af fordøjeligt fosfor, som tilsætningen af fytase (250-500 FTU/kg foder) medførte i forsøget, samt hvor meget fosfor i form af MCP tilsætning af fytase forventes at kunne erstatte i henholdsvis det ikke-varmebehandlede og det varmebehandlede foder.

Tabel 3. Gennemsnitlig stigning i indholdet af fordøjeligt fosfor efter tilsætning af fytase (250-500 FTU/kg foder) samt mængden g uorganisk fosfor i form af monocalciumfosfat fytasetilsætningen kan erstatte i ikke-varmebehandlet henholdsvis varmebehandlet foder. Den forventede fordøjelighed af fosfor i MCP er vurderet til 67%.

	Ikke-varmebehandlet	Varmebehandlet
Fordøjeligt fosfor (g/kg foder)	0,22	0,35
Uorganisk fosfor i form af MCP (g/kg foder)	0,33	0,52

Tabellen viser, at der efter fytasetilsætning kan forventes frigjort mere fordøjeligt fosfor i varmebehandlet sammenholdt med ikke-varmebehandlet foder. Dette betyder, at fytasetilsætning kan erstatte mest MCP i det varmebehandlede foder. Årsagen hertil er, at det generelt er nødvendigt at supplere med mere MCP efter varmebehandling af foderet end efter hjemmeblanding af foderet, da foderets naturlige fytase inaktiveres gennem varmebehandlingen.

1.3.2 Effekt af fytasetilsætning på fosforudskillelsen

Ved tilsætningen af fytase steg fordøjeligheden af fosfor til i gennemsnit 62%, uanset foderet var varmebehandlet eller ej. Det kan derfor beregnes, at foderet indeholdt omkring 2,2 g fordøjeligt fosfor/kg foder. Som nævnt var det ikke nok til at dække forsøgsgrisenes behov for fosfor (ca. 2,4 g fordøjeligt fosfor/kg foder for ungsvin, 30-45 kg) uden at supplere med lidt ekstra uorganisk fosfor. Slagtesvin (65-100 kg) har imidlertid et lavere fosforbehov pr. kg foder (ca. 2,1 g fordøjeligt fosfor/kg foder), hvorfor det er muligt, at tilsætning af fytase kan dække slagtesvins behov for fosfor uden brug af foderfosfat. Det skønnes, at den gennemsnitlige fordøjelighed af fosfor hos danske ung- og slagtesvin (30-100 kg) ligger på omkring 45% (Poulsen et al., 2001), hvorfor omkring 55% af det fortærede fosfor udskilles i gødningen. Hvis det imidlertid i praksis er muligt at øge fordøjeligheden af fosfor til godt 60% ved tilsætning af fytase, vil udskillelsen af fosfor i gødning fra ung- og slagtesvin blive reduceret med omkring 30%.

1.4 Konklusion

Varmebehandling af den bygdominerede blanding resulterede i en inaktivering af foderets naturlige fytaseaktivitet med 25%, hvilket medførte en reduktion i fordøjeligheden af fosfor fra 57 til 49% i blandinger ikke suppleret med fytase. Det betyder, at varmebehandling af foderblandinger pga. Salmonella hensyn nedsætter fordøjeligheden af fosfor, da en del af foderets naturlige fytaseaktivitet ødelægges under opvarmningen. Herved reduceres grisenes fosforudnyttelse, og udskillelsen af fosfor med gødningen øges. Samtidig øges behovet for MCP-tilskud. Når der ikke anvendes fytasetilsætning er det derfor nødvendigt at skelne mellem hjemmeblandet og fabriksfremstillet foder for at optimere fosforudnyttelsen. Ved hjemmeblanding af foder varmebehandles kornet nemlig ikke. Det kan nævnes, at nogle foderfabrikker formentlig varmebehandler foderet udover de 81° C af hensyn til en mere stabil foderpille. Dette kan betyde, at fordøjeligheden af fosfor i mange tilfælde vil være lavere end i det aktuelle forsøg (49%).

Tilsætningen af fytase øgede fordøjeligheden af fosfor til omkring 62%, uanset om foderet var varmebehandlet eller ej, hvilket medførte en reduktion i udskillelsen af fosfor med gødningen. Effekten af fytase var som forventet størst i det varmebehandlede foder sammenlignet med det ikke-varmebehandlede foder, da fosforfordøjeligheden som udgangspunkt var lavere i det varmebehandlede foder. Det resulterede i en stigning i indholdet af fordøjeligt fosfor på omkring 0,2 g/kg foder (svarende til 0,3 g fosfor i form af MCP) og 0,4 g/kg foder (svarende til 0,5 g fosfor i form af MCP) ved tilsætning af fytase til henholdsvis ikke-varmebehandlet og varmebehandlet foder. Effekten af fytasetilsætning er derfor generelt størst i fabriksfremstillet og mindst i hjemmeblandet foder.

På trods af den større effekt af fytasetilsætning i det varmebehandlede foder, var indholdet af fordøjeligt fosfor det samme i begge typer blandinger efter fytasetilsætning, da tilsætningen af fytase til det varmebehandlede og det ikke-varmebehandlede foder resulterede i omtrent den samme fordøjelighed af fosfor. Grisene udskilte derfor stort set samme mængde fosfor i gødningen efter fytasetilsætning. Overordnet betyder dette, at fytasetilsætning generelt kan forbedre grisenes fosforudnyttelse, og at fytasetilsætning kan opveje den negative effekt, som varmebehandling af foder har på fosforudnyttelsen. Endvidere viste dette forsøg, at det ikke var nødvendigt at skelne mellem hjemme-

blandet og fabriksfremstillet foder for at optimere fosforudnyttelsen, når fytase blev tilsat foderet, idet fordøjeligheden efter tilsætning generelt øgedes til godt 60%.

Fordøjeligheden af fosfor var i forsøget ikke signifikant bedre ved tilsætning af 500 FTU/kg foder sammenlignet med 250 FTU/kg foder, hvorfor den maksimalt opnåede fosforfordøjelighed ved tilsætning af fytase lå på godt 60%.

Ud fra det aktuelle forsøg kan det beregnes, at det formentlig ikke er muligt at dække ungsvinenes behov for fosfor ved tilsætning af fytase uden at supplere med uorganisk fosfor, hverken for det ikke-varmebehandlede eller for det varmebehandlede foder. Det tyder imidlertid på, at det vil være muligt at dække slagtesvins behov for fosfor alene ved at tilsætte fytase og udelade foderfosfat, da slagtesvin har et mindre behov for fordøjeligt fosfor pr. kg foder.

Der mangler generelt forsøg til at undersøge effekten af varmebehandling og effekten af fytasetilsætning til varmebehandlede byg- og hvedebaserede blandinger på fordøjeligheden og udnyttelsen af fosfor. Resultater fra et forsøg gennemført ved DJF tyder på, at fytase i byg er mere varmeresistent overfor en temperatur på omkring 81° C end fytase i hvede (Poulsen et al., manus.). Det er derfor sandsynligt, at den negative effekt af varmebehandling vil være større i hvededomineret foder, hvorved effekten af fytasetilsætning vil være endnu større i varmebehandlet hvedebaseret foder frem for varmebehandlet bygbaseret foder. Der savnes ligeledes undersøgelser af effekten af forskellig varmebehandling, bl.a. ved temperaturer højere end 81° C.

1.5 Referencer

- Engelen, A.J., van der Heeft, F.C., Randsdorp, P.H.G. & Smit, E.L.C. 1994. Journal of AOAC International 77, 760-764.
- Johansen, K. & Poulsen, H.D., 2003. Svinets fosforudnyttelse. Hvilken effekt kan forventes ved fytasetilsætning - review. Grøn Viden, Husdyrbrug nr. 30
- Poulsen, H.D., 1994. Reduceret fosfortildeling til slagtesvin - effekt på produktion og fosforudnyttelse. Forskningsrapport, Statens Husdyrbrugsforsøg nr. 28: 29 pp
- Poulsen, H.D. 1996. Effekten af fytasetilsætning på fordøjeligheden af fosfor i foderblandinger til svin. Forskningsrapport, Statens Husdyrbrugsforsøg nr. 53: 37 pp
- Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Rom, H.B. & Sommer, S.G. 2001. Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning - normtal 2000 . DJF rapport, Husdyrbrug nr. 36: 32-41
- Poulsen, H.D., Sculin-Zeuthen, M. & Carlson, D. Fordøjeligheden af fosfor i udvalgte fodermidler. DJF rapport, Husdyrbrug, manuskript.