

Udnyttelse af kornfyttase i økologisk foder til svin

Ved Per Tybirk, SEGES, Svineproduktion.

Brief: Der er naturlig fyttase i rug, tritikale, hvede og byg, som har betydelig effekt på fosforfordøjeligheden indenfor den aktuelle kornart i ikke varmebehandlet foder. Kornfyttase har kun begrænset effekt på andre fodermidler end sig selv, især fordi kornfyttase virker dårligt ved mavens lave pH.

Sammendrag.

Der er betydelig fyttaseaktivitet i rug, hvede, tritikale og byg, hvilket betyder, at disse kornarter har en højere fosforfordøjelighed i ikke varmebehandlet foder end i pelleteret færdigfoder, hvor hovedparten af den naturlige fyttase tabes under pelleteringsprocessen.

Fyttase fra korn virker bedst indeni den aktuelle kornart, mens fyttase fra korn kun virker lidt på andre fodermidler, når det kommer i opløsning ved mavens lave pH, fordi fyttase fra korn har et forholdsvis smalt pH-optimum ved pH 4,5-6. Kommercielle fyttaser har derimod i de fleste tilfælde en pH-profil med optimum ved pH 3-4,5. Ved en målt fyttaseaktivitet på fx 1000 FTU (ved pH 5,5) vil kommercielle fyttase typisk have 5-10 gange større aktivitet end kornfyttase ved pH 3-4 som er typisk i mavesækken på grise.

Det er ikke tilladt at tilsætte kommercielt fremstillet fyttase til økologisk foder, da disse fyttaser involverer GMO, hvilket betyder, at fosforindholdet i gødningen ofte bestemmer kravene til harmoniareal. Det vil dog været muligt at mindske indholdet af fosfor i foderet og dermed i gødningen ved at tage bedre hensyn til indholdet af kornfyttase, dels ved at optimere pelleteringsprocessen mod mindre varmeskade og dels ved at indregne den lille effekt af kornfyttase på andre fodermidler. Hertil kan man f.eks. køre rug udenom pelleteringen.

I dette notat foreslås nogle praktiske muligheder for at udnytte kornfyttase bedre end i dag – og der ses på de mulige effekter på kravet til harmoniareal, som kan mindskes betydeligt, hvis kornfyttasen udnyttes maksimalt.

Baggrund

På økologiske svinebedrifter er det i mange tilfælde fosfor, som bestemmer kravet til areal. Det skyldes, at der er mere fosfor i økologisk foder end i konventionelt foder, fordi fordøjeligheden af fosfor er lavere i økologisk foder. Sidstnævnte skyldes, at det ikke er tilladt at tilsætte fyttase, som er et enzym som frigør fosfor fra fyttinsyre, som er det molekyle som 60-80% af fosfor i planter er bundet i. Er der ikke fyttase i foderet er disse 60-80% af plantefosforet praktisk taget ufordøjeligt.

Da det ikke er tilladt at tilsætte kommercielt produceret fyttase, fordi disse stammer fra genmodificerede mikroorganismer, er det interessant, om man kan komme et stykke af vejen ved at udnytte den fyttase, som findes i de danske kornarter rug, hvede, tritikale og byg. Det kan især være interessant, om man kunne udnytte det meget høje indhold af fyttase i rug til at nedbryde fyttinsyre i den øvrige del af blandingen.

Forskelle mellem kornfytaser og mikrobielt fremstillede kommercielle fytaser

Der er principielle forskelle mellem tilsatte fytaser og kornfytase – og i denne sammenhæng skal desuden bemærkes, at de kommercielle fytaser har varierende egenskaber, som betyder, at der ikke skal bruges lige mange fytaseenheder til at opnå en given effekt. Det skyldes, at fytaseenheder måles ved pH 5,5, mens de tilsatte fytaser primært virker i mavesækken ved pH 3-4,5. Der er en principiel forskel mellem fytase fra korn og fytase fra de mest udbredte kommercielle fytaser:

1. Fytase fra korn virker bedst ved pH 5-5,5, mens effekten ved pH 4-4,5 kun er 10-25% af aktiviteten målt ved pH 5,5.
2. Kommercielle fytaser har samme eller højere aktivitet ved pH 3,5-4 i forhold til den målte fytaseaktivitet ved pH 5,5. Det betyder, at f.eks. 500 FTU kommercielle fytaser har 5-10 gange større aktivitet end 500 FTU kornfytase ved mavens pH.

Når fytinsyre fra planter opløses i maven, vil fytinsyre reagere med tilsat calcium fra foderkridt, og der dannes calciumfyttat. Der opstår en kemisk balance mellem calciumfyttat og fri fytinsyre, som er stærkt pH afhængigt. Ved pH over 5 er næsten alt fytinsyre bundet i calciumfyttat, som fytasen ikke kan virke på – men calciumfyttat opløses ved faldende pH og er stort set helt opløst ved pH under 4. Det betyder, at tilsatte fytaser har optimale muligheder for at virke ved mavens pH, da fytinsyren er opløst, og da de har høj aktivitet ved pH 3,0-4,5. Omvendt er kornfytasen hæmmet af, at der mangler substrat ved pH over ca. 4,5 pga. binding af fytinsyre i calciumfyttat – og når dette opløses, er pH så lavt, at kornfytase har meget reduceret aktivitet.

Forsøgene har dog vist, at kornfytasen virker ret fint på den kornart, som det kommer fra – mens kornfytasen kun har begrænset effekt på de andre råvarer end "sig selv". Hypotesen er her, at kornfytase kan virke inden i kornpartiklerne under opblødningsprocessen og inden fytinsyre kommer i kontakt med opløste calciumioner fra kridt. Kornfytase kan ligeledes virke indeni kornpartikler, som tømmes hurtigt videre til tyndtarmen, hvis der ikke er kontakt til calcium indeni partiklerne. Hvor godt kornfytasen virker indeni kornarten afhænger formentlig også af, præcis hvordan fytinsyre og fytase er placeret i forhold til hinanden og af graden af indkapsling i fibre. Der er således ikke højere fordøjelighed af fosfor i rug end i hvede, selv om der er mere fytase i rug.

Generelt viser forsøg, at fordøjeligheden af andre råvarers fosfor er højere i byg-hvede baseret foder end i majs baseret foder – hvilket viser, at kornfytasen har lidt effekt på de andre fodermidler. Det er tilsvarende vist, at fordøjeligheden af fosfor i en blanding af rug og sojaskrå er en smule højere end beregnet ud fra fordøjeligheden af de to råvarer undersøgt hver for sig. Der er altså en lille effekt af kornfytase på de andre råvarers fosforfordøjelighed.

Fytase fra korn er mere følsom overfor varmebehandling end de tilsatte fytaser, som dels er selekteret for varmemestabilitet og dels er coatet for at kunne modstå varmepåvirkning ved pelleteringsprocessen. Det betyder i praksis, at kornfytase delvis nedbrydes under pelletering – mens de anvendte kommercielle fytaser næsten ikke påvirkes af pelleteringen. Forsøg på Aarhus universitet har vist, at fytaser fra de danske kornarter ikke er lige følsomme for varmebehandling, da fytase fra hvede er meget følsom, mens fytase fra rug og byg er mere resistente. Triticale var intermedier. Der er kun fundet denne ene undersøgelse, der har set på denne problematik, og der er en vis usikkerhed, da det kan være svært at sikre sig, at procesbetingelserne har været helt identiske – men resultaterne var slående, se tabel 1.

Tabel 1. Fordøjelighed af fosfor afhængig af varmebehandling for danske kornarter.

	Ikke varmebehandlet	Varmebehandlet
Byg	48	44
Hvede	57	30
Rug	53	51
Tritikale	54	36

Denne undersøgelse, som er publiceret ved et foredrag i 2007, har desværre ikke angivet fytaseindhold før og efter varmebehandling – men den eneste logiske årsag må være, at fytase fra byg og rug er mere varme-resistent end fytase fra hvede.

Da økologisk foder ofte indeholder en høj andel vårbyg og rug er det nærliggende at antage, at der er en betydelig andel af fytasen, som overlever pelleteringen – og at det ved bevidst skånsom pelletering (dvs. lige nøjagtig nok til at leve op til salmonellakrav om 81 grader) vil være muligt at opnå en stort set samme fordøjelighed af fosfor i pelleteret foder som i hjemmeblandet foder.

Mulig model for bedre hensyntagen til indhold af kornfyttase

I praksis er effekten af kornfyttase håndteret ved, at byg, hvede, rug og tritikale er oprettet som hjemmeblandede versioner med højere fordøjelighed og som varmebehandlede versioner med lavere fordøjeligheder – og effekten af tilsat fytase er til gengæld mindre på kornet i hjemmeblandet foder. Se tabel 2, der indeholder fordøjeligheder for de vigtigste råvarer til økologisk svinefoder – og hvor der er indføjet en ekstra søjle med en effekt på 30% af en standarddosis – en søjle som ikke er tilgængelig i konventionel foderoptimering, fordi den ikke er relevant (og heller ikke godkendt), da der doseres meget højere fytasedosis i praksis.

Men da der er en lille krydseffekt af kornfyttase på de andre råvarer, kunne en model være, at når der er nok fytase målt på den færdige blanding, så vil det være sikkert at anvende en fordøjelighed svarende til 30% af en standarddosis. Det foreslås, at der skal være minimum 800 fytaseenheder i den færdige blanding for at kunne bruge fordøjeligheder ved 30% fytasedosis. Det svarer til, at 800 enheder kornfyttase i en foderblanding har samme effekt på tværs af råvarer som en tilsætning på ca. 150 fytaseenheder kommercielt fremstillet Natuphos fytase (30% af en standarddosis) – svarende til en effektivitet pr. FTU målt ved pH 5,5 på ca. 20% af Natuphos fytase - ved mavens pH.

Det fremgår af tabel 1, at der er stor forskel for fosforfordøjeligheden afhængig af, om kornet er varmebehandlet. Tabelværdier for varmebehandlet korn svarer til så høj temperatur, at der er under 100 FTU tilbage. I praksis er der typisk 150-300 FTU tilbage efter varmebehandling ved normale procesbetingelser – men det er sandsynligt, at man kan opnå et væsentligt større fytaseindhold i økologisk foder med høj andel byg og rug i kombination med lidt skånsom varmebehandling – som indikeret ud fra resultaterne i Tabel 1.

Der har hidtil ikke været indregnet, at fytase fra korn også har en effekt på proteinfodermidlerne – men det er muligt at indføre en sådan indregning af en lille effekt af kornfyttase på de andre fodermidler. Dette er i Tabel 2 angivet som fordøjeligheder ved 30 % fytasedosis. En sådan lille effekt på proteinfodermidler er vist i flere forsøg – men har ikke været indregnet ved konventionelt foder, da brug af en sådan effekt ville kræve et mere kompliceret system og desuden er effekten lille sammenlignet med tilsætning af kommercielle fytaser.

Tabel 2. Tabelværdier for fordøjelighed af fosfor fra korn og relevante proteinfodermidler til økologiske grise

Fytasedosis, % af standard	0	30*	60	100	150
Hvede, varmebehandlet	28	35	42	47	52
Hvede, ikke VB	50	53	55	57	59
Vinterbyg, varmebehandlet	30	36	41	46	50
Vinterbyg, ikke VD	39	43	47	50	53
Vårbyg, varmebehandlet	30	36	41	46	50
Vårbyg, ikke VD	43	46	49	52	54
Rug, varmebehandlet	28	35	41	46	51
Rug, ikke VD	50	52	54	56	57
havre	27	33	39	43	47
Sojakage	39	45	51	56	60
Rapskage	27	34	40	45	50
Ærter	45	49	53	56	58
Hestebønner	37	39	41	43	44
monocalciumfosfat	67	67	67	67	67

*En dosering på 30% er endnu ikke inkluderet i beregningssystemet – men kunne være en relevant løsning for økologisk foder ved højt indhold af kornfyttase - fra f.eks. rug.

Ved hjemmeblandet foder foreslås, at man kan bruge fordøjeligheder ved 30 % fytasedosis, hvis indholdet af fytase i den færdige foderblanding overstiger 800 FTU. Det vil normalt være tilfældet, hvis foderet indeholder 20% rug eller mere, da rug ofte indeholder mere end 3000 FTU pr. kg, og da der også er fytase i hvede og byg.

For pelleteret færdigfoder er håndteringen vanskeligere, da effekten af fytase vil være ret forskellig, afhængig af

1. Om højt fytaseindhold er opnået ved skånsom varmebehandling, så fytasen "ligger på plads" inden i de enkelte kornarter
2. Om højt fytaseindhold er opnået ved at tilsætte rug udenom pelletering til grundigt varmebehandlede piller.

Hvis der f.eks. kan måles 400 FTU på en sådan færdigfoderblanding, så vil fordøjeligheden af fosfor være betydeligt højere i situation 1, da fytasen kan virke lokalt indeni kornpartiklerne.

I situation 2 vil rugfyttasen virke fint indeni rugen – men effekten på de andre fodermidler vil være begrænset, da rugfyttase ikke virker ret meget udenfor rug ved mavens lave pH.

I beregningssystemet vil en mulig håndtering være:

Situation A: ingen korn udenom:

1. Hvis fytaseindholdet i blandingen er mellem 200 og 400 FTU, så vil fordøjeligheden være minimum som ved 50% hjemmeblandet foder – og man kan optimere foderet med fx 15% hjemmeblandet byg og 15% varmebehandlet byg, dvs. med halvdelen af hver kornart som varmebehandlet henholdsvis ikke varmebehandlet.
2. Hvis fytaseindholdet i færdigfoderet overstiger 400 FTU kan man regne som hjemmeblandet foder.

Situation B. Fytaseindholdet er opnået med rug udenom pelleteringen:

1. Her vil det mest korrekte være at regne med fordøjeligheder for varmebehandlet korn + 30% fytasedosis, da man ikke kan vide, om der har været tilstrækkelig med fytase tilstede indeni de enkelte kornpartikler. Dog kan man for den tilsatte rug regne med fordøjelighed for ikke varmebehandlet rug. Det vil i praksis sige, at man i foderoptimeringen bruger varmebehandlet byg og hvede og ikke varmebehandlet rug – men så optimerer med fordøjelighederne ved 30% fytase.

Hvis man nærlæser tabel 2, vil man se, at effekten af at tilsætte fytase via rug (30% dosis til varmebehandlet hvede = fordøjelighed på 35%) udenom pelleteringen er meget mindre, end hvis man ved moderat varmebehandling kan bevare fytasen indeni i de enkelte kornarter (50% fordøjelighed for ikke varmebehandlet hvede). Det skyldes at kornfyttase ikke virker ret godt ved lavt pH, når det er i opløsning i maven.

Det vil derfor forsøgsmæssigt være relevant (og ret billigt) at undersøge, hvor stor en del af fytasen, der overlever pelleteringen ved en typisk økologisk blanding, der jo til søer og slagtesvin ofte indeholder meget byg og rug, som er mere varmestabile end hvedefytase. Så kan man ud fra analyserne vurdere – om man skal regne som i situation A eller B. Betydning af indregning af fytaseeffekt for nødvendigt fosforniveau til at overholde normer for fordøjeligt fosfor er vist med et eksempel for slagtesvinefoder i tabel 3.

Tabel 3. Nødvendigt fosforniveau, g pr. FEsv til at opnå 2,3 g ford. fosfor pr. FEsv afhængig af fytaseniveau.

Fodertype	Varmebehandlet < 200 FTU >200*		Hjemmeblandet Min 400 FTU	Hjemmeblandet Min 800 FTU	Hjemmeblandet (min 400 FTU fra korn)***
Råvarer eksempel			Varmebehandlet Min 400 FTU*	(30% dosis)**	+60% dosis kommerciel fytase
Byg, %	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Hvede, %	20,1	20,2	20,3	20,4	20,5
Rug, %	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
Havre, %	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Sojakage, %	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
Hestebønner, %	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Rapskage, %	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Kridt, %	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
MCP, %	0,70	0,6	0,50	0,40	0,30
Beregnet indhold af udvalgte næringsstoffer					
Ford. protein, g/FEsv	134	134	134	134	134
Ford. lysin, g/FEsv	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Total fosfor, g/FEsv	5,4	5,15	4,9	4,7	4,5
Ford fosfor uden tilsat Fytase, g/FEsv	2,3	2,3	2,3	2,3	2,0
Ford. fosfor med 60% fytase, g/FEsv					2,3

*Håndtering, se tekst

**indregning af effekt svarende til 30% kommerciel fytase er ikke pt. muligt i det officielle beregningssystem – men kan løses ved et indføre et niveau ekstra for valg af fordøjelighed – midt imellem ingen fytase og 60% fytasedosis.

***effekt af 60% fytasedosis i hjemmeblandet foder er medtaget til sammenligning – er ikke muligt at opnå i økologisk foder.

Betydning for arealkravet til økologisk svineproduktion.

Som eksempel på muligheden for at reducere fosforindholdet i gødningen ses på normtal for slagtesvin med økologisk produktion. Her er normtallet ved delvis fast gulv indenfor og løbegård udenfor lig med 808 g fosfor i gødningen pr. gris fra 31-113 kg. Forudsætningen er et foderforbrug på 2,94 FEsv pr. kg tilvækst og et fosforindhold på 5,2 g fosfor pr FEsv – og et fosforindhold i strøelsen på 5 gram pr. gris.

Normtallet stammer fra 50% hjemmeblandet og 50% færdigfoder – hvilket betyder, at det umiddelbart er ret svært for besætninger med færdigfoder at komme længere ned i fosfor end normtallet i foderets indhold – men er foderforbruget under 2,94 FEsv pr. kg tilvækst kan man få arealbesparelse pga. mindre foderforbrug.

Siden normtallet blev oprettet, er normen for fordøjelig fosfor ved foderudnyttelse på mere end 2,75 FEsv pr. kg tilvækst dog reduceret fra 2,3 til 2,2 g ford. fosfor pr FEsv – hvilket muliggør 0,15 g mindre totalfosfor pr FEsv. Det betyder, at det ved hjemmeblandet foder med minimum 800 FTU fra kornfytase vil være muligt at overholde normen for fordøjeligt fosfor med 4,7 g total fosfor pr. FEsv ved fodersammensætning som i tabel 2 og en foderudnyttelse på 2,94 FEsv pr kg tilvækst, som er landsgennemsnittet for økologiske slagtesvin.

Betydningen af at have 4,7 g total fosfor i stedet for 5,2 g total fosfor – ved samme foderudnyttelse som i normtal - kan beregnes med den officielle foderkorrektionsligning som følger:

Korrektion af fosformængde ved afvigende fodermængde- og sammensætning:

Der korrigeres med følgende faktor:

$((FE_{sv} \text{ pr. produceret svin} \times \text{g fosfor pr. FE}_{sv} / 1000) - ((\text{afgangsvægt} - \text{indgangsvægt}) \times 0,0055 \text{ kg P pr. kg tilvækst})) / 0,803$

$= ((2,94 \times 82 \times 4,6) / 1000 - 82 \times 0,0055) / 0,803 = (1,133 - 0,451) / 0,803 = 0,85$

Indholdet i gødningen er ifølge normtallene ved 5,2 g fosfor pr. FEsv lig med 808 gram fosfor pr. slagtesvin. Når der kun er 4,7 g total fosfor pr. FEsv og 2,94 FEsv pr. kg tilvækst kan indholdet i gødningen beregnes som $= 808 \times 0,85 = 687$ g fosfor pr svin.

Omregnet til harmonikrav ud fra et fosforkrav på 35 kg fosfor pr. ha betyder dette, at der ved normtal er mulighed for gødning fra $35 / 0,808 = 43,3$ slagtesvin pr ha, mens der ved optimeret fodring med maksimal udnyttelse af naturlig fytase er mulighed for $35 / 0,687 = 50,9$ slagtesvin pr. ha – eller 18% flere grise pr ha.

I praksis er det ikke sikkert, at denne mulighed slår igennem i arealkravet, da man risikerer i stedet at ramme kvælstoflofterne, som kan være:

- 170 kg total N
- 107 eller 65 kg udnyttet N pr. 1. august 2020, hvor udnyttelseskravet er hævet.

I normtallet for det aktuelle gødningssystem er der således 2,91 kg N ab lager, som i 2020 skal udnyttes 80% for svinegyde, dvs. 2,33 kg udnytteligt N pr slagtesvin.

$170 \text{ kg total N} / 2,91 = 58,4$ slagtesvin pr. ha (35 kg fosfor er mest begrænsende)

$107 \text{ kg udnytteligt N pr. ha} / 2,33 = 45,9$ slagtesvin pr. ha – dette vil fjerne det meste af fordelene ved fosforminimering

$65 \text{ kg udnyttet N pr. ha} / 2,33 = 27,9$ slagtesvin pr. ha – og fosforindholdet er så uden betydning, da de 65 kg udnytteligt N er langt mere begrænsende.

I praksis afhænger disse regnestykker af gødningstypen og hvilken økologisk ordning, man er underlagt – men man skal være opmærksom på, hvilken regel, der er mest begrænsende på en aktuel ejendom – inden

der f.eks. iværksættes en indsats for fosforreduktion. Fosforreduktion har størst effekt i områder med loft på 30 kg fosfor pr. ha.

Slutbemærkninger:

Det er endnu ikke muligt i foderoptimeringsprogrammer at indregne effekt af 30% fytasedosis - svarende til højt indhold af kornfytase. Men det er en mulighed at indføre dette i programmerne, hvis det vurderes relevant.

Det vurderes, at det er relevant at se på procesbetingelser ved produktion af økologisk færdigfoder og at analysere indhold af fytase i typiske pelletere foderblandinger for at undersøge, om der faktisk kan regnes med fordøjeligheder for hjemmeblandet foder.

Litteratur:

Brejnholt, S.M., G. Dionisio, V. Glitsoe, L.K. Skov & H. Brinch-Pedersen. 2011. The degradation of phytate by microbial and wheat phytases is dependent on the phytate matrix and the phytase origin. J.Sci. Food Agric 2011: 91: 1398.1405.

Poulsen, H.D & K. Johansen. Aarhus Universitet. Fosforfordøjelighed i foder og foderstoffer. Bilag til foredrag på fodringsseminar 2007.

Tybirk, P. 2016. Justering af beregningsmodel til højere dosering af fytase. Notat nr. 1620, SEGES, Svineproduktion.

Tybirk P. 2008. Justering af fosforfordøjeligheder i fodermidler til svin ved stigende fytasetilsætning. Notat nr. 0814, SEGES, Svineproduktion.