

## Optimal udnyttelse af fytaseaktivitet i foderkorn

Mængden af naturligt forekommende fytase i foderkorn og udnyttelsen heraf kan være med til at sikre tilstrækkelig forsyning med fosfor i fodret til økologiske grise og fjerkræ.

### Naturligt forekommende fytase i korn

Fytase er et enzym, som forekommer naturligt i korn, dog med betydelige forskelle mellem kornarterne. Den største fytaseaktivitet findes i rug og den mindste i havre. Fytasen sidder i de yderste lag af kernen samt i kimen. I runde tal befinder 90 procent af fytasen sig i aleuronelaget og 10 procent i kimen. Derfor finder man også et stort indhold af fytase i klid. Ved fjernelse af kim og skaldele sker der altså samtidig en fjernelse af en meget stor andel af fytasen. Fytaseenzymet frigør fosfor fra fytinsyre, hvori 60-80 procent af fosfor i planter er bundet.

Læs mere i artiklen: "Fytase i korn og dets betydning ved fodring af svin og fjerkræ", som kan findes [her](#).

### Sammenhæng mellem fytaseaktivitet og tilgængelighed af fosfor i foder

Den naturlige fytase inaktiveres ved den varmebehandling af foder, der sker ved pillepresning. Aktiviteten af fytaseenzymet er afgørende for frigivelse af fosfor, der er bundet i kernen, så det kan optages i forbindelse med fordøjelsen. Ved lav fytaseaktivitet i foderet er der risiko for, at dyret bliver underforsynet med fosfor. For at kompensere for en lav tilgængelighed af fosfor i foderet er der tre grundlæggende muligheder:

- tilsætning af mineralsk fosfor i form af monocalciumfosfat (anvendes i økologisk produktion),
- tilsætning af kommercielt produceret fytase (ikke muligt i økologisk produktion)
- foderets naturlige indhold af fytase kan øges samtidig med, at man sørger for, at det ikke bliver inaktiveret ved opvarmning.

Tilsætningen af ekstra fosfor til foderet i form af monocalciumfosfat vil ofte resultere i en øget udskillelse af fosfor i gødningen, da ikke al den tilsatte fosfor optages.

### Særligt for økologiske bedrifter – fosfor er en udfordring

Økologer har ikke mulighed for at tilsætte kommercielt produceret fytase til foder, idet disse er produceret ved hjælp af genmodificerede mikroorganismer. Derfor er fordøjeligheden af fosfor i økologiske foderblandinger lavere end i konventionelle foderblandinger. For at kompensere for den lavere fordøjelighed, tilsætter økologer monocalciumfosfat til foderet, og tilsætningen af ekstra fosfor er både en ekstra omkostning til foderet, men kan også være en ekstra miljømæssig belastning på arealerne, der får tildelt husdyrgødningen. På økologiske grise- og fjerkræbedrifter kan det således være fosfor, som bestemmer kravet til areal, som begrænsende faktor ved tildelingen af husdyrgødning pga. fosforlofter.

Derfor er det særligt interessant for økologer, hvis man kan mindske tilsætningen af monocalciumfosfat ved i stedet at udnytte det naturligt forekommende fytase, som findes i de danske kornarter.

### Fytasernes afhængighed af pH

Naturligt forekommende fytase (kornfyttase) har ikke samme egenskaber som kommercielle fytaser. Der skal bruges flere fytaseenheder af en kornfyttase sammenlignet med en kommerciel fytase for at opnå samme effekt.

Fytaseaktiviteten måles ved pH 5,5.

- 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.
- Kommercielle fytaser har samme eller højere aktivitet ved pH 3,5-4 i forhold til den målte fytaseaktivitet ved pH 5,5.

Det betyder fx, at 500 FTU fra kommercielle fytaser har 5-10 gange større aktivitet end 500 FTU fra kornfyttase ved pH i en grisemave. Det formodes dog, at kornfyttasen kan virke inden i kornpartiklerne under opblødningsprocessen, og ligeledes inden i korn, som tømmes hurtigt videre til tyndtarmen, hvor pH er højere.

Læs mere i notatet: "Udnyttelse af kornfyttase i økologisk foder til svin", som kan findes [her](#).

### Fytase – følsomhed overfor varmebehandling

Fytase fra korn er mere følsom overfor varmebehandling end tilsatte fytaser, som dels er selekteret for varmestabilitet og dels er coatet for at kunne modstå varmepåvirkning ved pelleteringsprocessen. Det betyder i praksis, at kornfyttase delvist 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.



I en grise-foderblanding med 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 stort set samme fordøjelighed af fosfor i pelleteret foder som i hjemmeblandet foder.

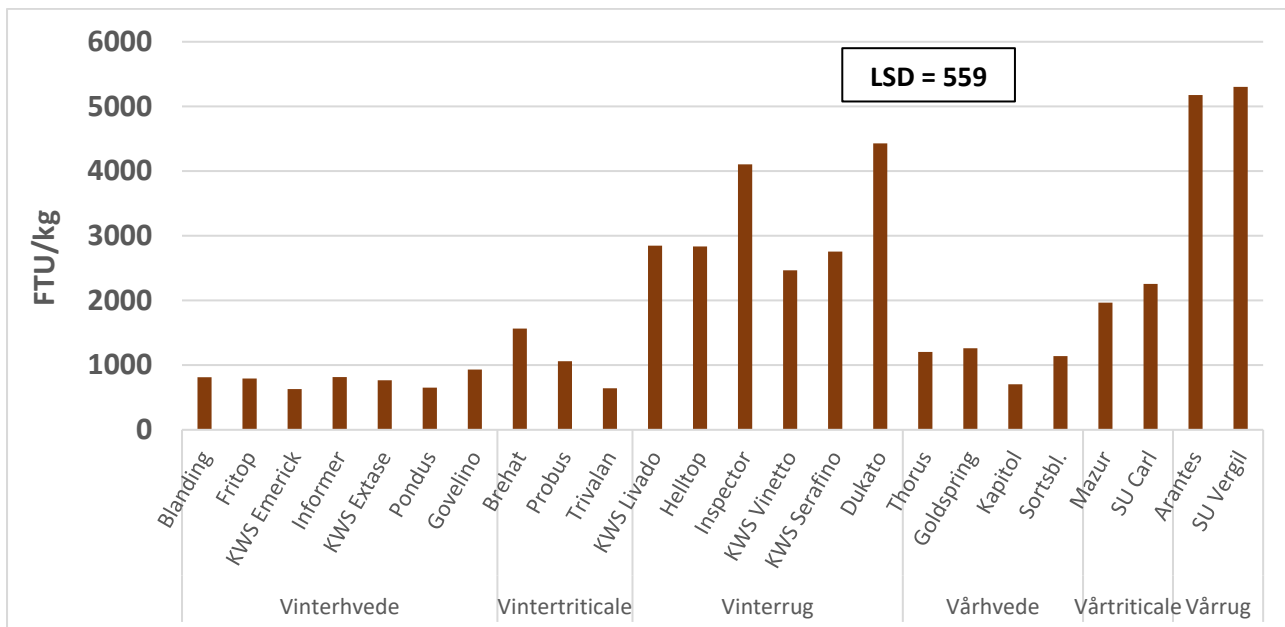
### Optimering af fytaseindhold i foderkorn i marken – store artsforskelle

Økologiske markforsøg viser, at der er meget store artsforskelle og i mindre grad sortforskelle i fytaseindhold, og at der potentielt kan være en fordel ved at høste tidligt, sidstnævnte er dog ikke tilstrækkeligt underbygget. Der er også variation mellem lokaliteter og år.

Det højeste indhold af fytase er fundet i rug – både vinterrug og vårrug, og det laveste indhold er fundet i vår- og vinterhvede. Indholdet af fytase ligger for vår- og vintertriticale mellem det i rug og hvede. I figur 1 nedenfor ses indholdet i vår- og vintersæd i markforsøg for 2021.

Læs mere her:

Læs mere i notater med analyseresultater fra [2019](#), [2020](#) og [2021](#) samt i Oversigten over landsforsøgene 2020 og Landsforsøgene 2021.



Figur 1. Fytaseindholdet i vår- og vintersæd 2021.

Ved at vælge arter med højt fytaseindhold vil man kunne bidrage betydeligt til at øge fordøjeligheden af fosfor i foderblandinger til økologiske grise og fjerkræ, hvis man samtidig er opmærksom på ikke at inaktivere fytasen ved fremstilling af foderet.

### Optimering af fytaseindhold i foderkorn i stalden

I hjemmeblandet foder er der mulighed for at udnytte det naturligt forekommende fytase i foderkornet ved at undgå opvarmning. I en undersøgt case besætning med grise lå den naturlige fytase aktivitet mellem 800-1000 FTU/kg i so- og griseblandinger, her var der meget monocalciumfosfat at spare, da fordøjeligheden af fosfor i råvarerne var underestimeret. Så første step kan være at få lavet en analyse og indregne den naturlige fytaseaktivitet. Ved vådfodring af grise bliver mulighederne endnu bedre, især hvis foderet kan stå i støb eller korndelen kan fermenteres, så har fytasen længere tid til at frigøre fytatbundet fosfor.

Også fjerkræ må fodres med uopvarmet korn, såfremt visse betingelser vedrørende høst og håndtering er overholdt, og såfremt iblanding af korn sker på gården. Det betyder, at fjerkræproducenten ved at fodre efter princippet 'tilskuds-foder + eget korn' faktisk har mulighed for at tilbyde sit fjerkræ foder med et betydeligt indhold af uopvarmet korn og dermed med et naturligt indhold af fytase. Herved kan P-indholdet i foderet reduceres uden, at det går ud over hønernes produktivitet og velfærd.



### Optimering af fytaseindhold i foderkorn på fabrikken

Når foderfabrikkerne laver varmebehandling og pelletering tabes størstedelen af foderets naturlige indhold af fytase. Bestemmelse af fytaseaktivitet i færdigfoder har bekræftet denne antagelse. De fundne resultater indikerer dog, at en mere skånsom opvarmning og fremstillingsproces kan bidrage til, at en del af råvarenes naturlige fytase bevares. Det er praktisk muligt at køre kornet uden om pelletering på fabrikkerne, men bl.a. 'Bekendtgørelse om bekæmpelse af salmonella' foreskriver, at fabriksfremstillet foder skal opvarmes til minimum 81 grader. Det er derfor ikke muligt at anvende uopvarmet korn i fabriksfremstillet foder.

Økologisk svinefoder indeholder ofte en høj andel vårbyg og rug, og den lavere varmefølsomhed i disse kornarter, gør det nærliggende at antage, at en andel af fytasen kan overleve pelleteringen – og at det ved bevidst skånsom pelletering (dvs. lige nøjagtig nok til at leve op til salmonellakrav) vil være muligt at opnå forbedret fordøjelighed af fosfor. En anden mulighed er også at køre fx 15-20 procent rug udenom pelleteringen og valse, hvilket vil give en naturlig fytaseaktivitet på ca. 500 FTU/kg foder. Dette vil kunne reducere tilsætningen af monocalsiumfosfat. Det er også muligt at få en større overlevelse af det naturlige fytase, hvis man anvender grovere formaling af kornet, da fytasen inden i store partikler bedre kan overleve pillepressen.

### Test af minimumsniveau af fosfor til økologiske slagtegrise

Der er i 2020-2021 gennemført forsøg i to økologiske grisebesætninger. Der er indsamlet 256 urinprøver fra økologiske slagtegrise. Den ene besætning fik pelleteret foder, og den anden besætning fik hjemmeblandet melfoder. Der blev udtaget 32 urinprøver 2, 4, 6 og 8 uger efter indsættelse i stalden i begge besætninger, og disse prøver blev analyseret for indhold af calcium og fosfor.

I besætningen med pelleteret foder blev der analyseret ca. 5,3 gram fosfor pr. FEsv og 6,9 - 7,4 gram calcium pr. FEsv. Urinprøverne viste lavt indhold af fosfor og et betydeligt indhold af calcium. Ved sammenligning med fosforindhold i urinprøver fra konventionelle grise til bestemmelse af disses behov konkluderes, at grisene lige netop fik tilstrækkeligt fosfor, når foderet som her var optimeret til at indeholde 2,2 g fordøjeligt fosfor pr. FEsv med de officielle danske tabelværdier for varmebehandlede fodermidler – uden fytasetilsætning.

I besætningen med hjemmeblandet foder var foderet ligeledes optimeret til at indeholde 2,2 g fordøjeligt fosfor pr. FEsv – også beregnet med tabelværdier for varmebehandlet foder. Analyserne af foderet viste et indhold på ca. 5,2 g fosfor pr. FEsv. Urinprøverne viste et lille overskud af calcium og et overskud af fosfor, som svarede til at grisene tabte ca. 0,4 g fordøjeligt fosfor pr. FEsv med urinen.

Det konkluderes, at det er forsvarligt at fodre økologiske slagtegrise med et fosforindhold på 2,2 g fordøjeligt fosfor, hvis der bruges det officielle danske beregningssystem til varmebehandlet foder, henholdsvis hjemmeblandet foder. Det svarer til ca. 5,2 - 5,3 g fosfor pr. FEsv i pelleteret foder og 4,7- 4,8 g fosfor pr. FEsv i hjemmeblandet foder. Det præcise niveau, som kan opnås, vil afhænge af fodermiddelvalget.

Læs mere her i notatet: Test af minimumsniveau af fosfor til økologiske slagtesvin, som kan findes [her](#)

### Fosforlofter og arealkrav

Ved at følge en norm på 2,2 g fordøjeligt fosfor pr. FEsv vil det være muligt at reducere arealkravet ud fra fosforloftet for ovenstående besætning med hjemmeblandet foder – mens besætninger med færdigfoder vil have et fosforindhold i gødningen svarende til det niveau, som er brugt til at beregne normtallet for indhold af fosfor i gødning fra økologiske slagtegrise.

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. Fosforreduktion har størst effekt i fosforfølsomme områder med loft på 30 kg fosfor pr. ha.

Læs mere i notatet: "Udnyttelse af kornfyttase i økologisk foder til svin", som kan findes [her](#).

### Nyt foderblandingskoncept for økologiske grise

Per Tybirk fra SEGES Husdyr Innovation har udviklet en mulig model for bedre hensyntagen til indhold af kornfyttase. I praksis kan effekten af kornfyttase håndteres ved, at byg, hvede, rug og triticale oprettes som hjemmeblandede versioner med højere fordøjelighed og som varmebehandlede versioner med lavere fordøjeligheder i beregningssystemet – og effekten af tilsat fytase er til gengæld mindre på kornet i hjemmeblandet foder.

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. 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. Ved hjemmeblandet grisefoder



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

- om højt fytaseindhold er opnået ved skånsom varmebehandling, så fytasen "ligger på plads" inden i de enkelte kornarter
- 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 rugfyntasen virke fint indeni rugen – men effekten på de andre fodermidler vil være begrænset, da rugfyntase ikke virker ret meget udenfor rug ved mavens lave pH.

Se forslag til håndtering i beregningssystemet i notatet: "Udnyttelse af kornfyntase i økologisk foder til svin", som kan findes [her](#).

### Fodringsforsøg med økologiske høner

For økologiske fjerkræproducenter, er der samme dilemma som hos de økologiske grise. På den ene side skal hønerne have tilstrækkeligt med fosfor til rådighed, på den anden side skal man reducere den mængde, som hønerne udskiller til gødningen. Der er gennemført forsøgsaktiviteter for at belyse muligheden for generelt at sænke indholdet af fosfor i foderet, og i særlig grad at undersøge om kornråvarernes indhold af naturligt fytase kan bidrage til, at øge tilgængeligheden af foderets fosforindhold. Dette blev undersøgt via praksisforsøg og fieldtest.

Læs mere i rapporten: Optimal udnyttelse af naturlig fytaseaktivitet i korn – fjerkræ, som kan findes [her](#)

Det konkluderes at:

Total fosfor i fabriksfremstillet foder til økologiske høner, der er mere end 30 uger gamle, kan sænkes mellem 0,5 og 1 g pr. kg til mellem 5,5 og 6,0 g pr. kg, svarende til 3,2 g tilgængeligt fosfor pr. kg foder.

Jo højere fosforindhold i foderet, jo stærkere blev hønernes æggeskaller og knogler. Tre af de deltagende besætninger havde et meget lavt indhold af total fosfor under 5 g pr. kg. Et så lavt niveau stiller krav til høj tilgængelighed af fosfor, herunder høj fytaseaktivitet og optimal udnyttelse i hønen. I denne forbindelse er strategisk calciumforsyning en vigtig metode til at forsyne hønen med calcium, så behovet for fosfor til indlejring og mobilisering af calcium i knoglerne minimeres. Man skal samtidig sikre, at management altid er optimalt.

### Fodringskoncept med økologiske høner

Der er beskrevet et koncept, der muliggør brug af eget uopvarmet korn til økologiske høner, som sikrer en fytaseaktivitet i foder på 200-500 FTU pr. kg. Det er dog ikke helt nok til at sikre en optimal tilgængelighed af foderets fytatbundne fosfor. Når det ikke har været muligt at komme højere op i fytaseaktivitet, er det bl.a. fordi rug kun i meget begrænset omfang kan bruges til fjerkræ. Rug er den kornart, der har det højeste naturlige indhold af fytase.

Se demonstration af fodringskoncept i praksis: Se [video](#)

### Økonomi

Der kan opnås besparelser ved at

- øge indholdet af naturligt fytase i foderet og dermed fosforfordøjeligheden ved at vælge kornarter med højt indhold af fytase og ved at minimere inaktivering af fytasen ved behandlingen af foderet
- indregne den naturlige fytaseaktivitet i foderoptimeringen og derved mindske tilsætning af monocalciumfosfat til foderet, hvorved der spares 1-2 kr. pr 100 kg foder
- at opnå så lavt indhold af P i gødningen ud fra ovenfor anførte tiltag, at overskridelse af fosforlofterne undgås og deraf følgende restriktioner ved udbringning af gødning. Herved kan der udbringes mere kvælstof, som øger udbytte - og deres spares transportomkostninger til at køre gødning til naboer eller biogas.

Den økonomiske gevinst afhænger dog af hvilke fodermidler, der er tilgængelige og den øvrige foderoptimering. Gevinsten ved at udnytte mere kvælstof afhænger af, om der mangler areal til gødningen - og af den valgte økologiske tilskudsordning for udnytteligt N pr. ha.



STØTTET AF

# Promilleafgiftsfonden for landbrug



**Innovationscenter  
for Økologisk Landbrug**

Forfattere:

Niels Finn Johansen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Per Tybirk, SEGES Innovation

Lars Egelund Olsen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Tove Mariegaard Pedersen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

**Innovationscenter  
for Økologisk Landbrug**