

Fytaseprodukters varmestabilitet

Sally Veronika Hansen og Sabine Stoltenberg Grove

SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

STØTTET AF

Svineavgiftsfonden

Hovedkonklusion

Der er testet varmestabilitet af seks fytaseprodukter ved 70, 85, 92 og 100 °C. Alle seks fytaseprodukter var varmestabile ved 85 °C, men fytaseaktiviteten faldt for halvdelen af produkterne ved 92°C. Alle produkter havde et fald i fytaseaktiviteten ved 100°C.

Sammendrag

En afprøvning af varmestabiliteten i fytaseprodukterne Ronozyme HiPhos, HiPhorious, Axta Phy Gold, Natuphos E, Quantum Blue og Optiphos Plus G viste, at alle var varmestabile op til 85 °C.

Ved 92°C - efter korrektion for tabt naturlig fytase fra kornet - var der fortsat 90-100 % aktivitet for Natuphos E, Axta Phy Gold og HiPhorious, ca. 85 % for Ronozyme HiPhos, Optiphos Plus G og Quantum Blue, hvilket var et statistisk sikkert fald i forhold til aktiviteten ved 70 °C.

Ved 100 °C havde alle produkter et statistisk sikkert fald i fytaseaktivitet, som var størst for Quantum Blue og Optiphos Plus G og procentvis mindst for Axta Phy Gold.

For foderstoffabrikker, som kan undgå temperaturer over ca. 92 °C, er alle produkter anvendelige, hvis der anvendes en passende sikkerhedsmargin. Kommer temperaturen ofte herover, bør man enten bruge en stor sikkerhedsmargin ved doseringen og/eller gå efter de mest varmestabile produkter.

Varmestabiliteten i fytaseprodukter blev undersøgt på et forsøgsanlæg på Teknologisk Institut i Kolding, hvor temperatur og varighed af pelletering kunne kontrolleres nøje. Der blev testet seks fytaseprodukter i temperaturintervallet 70-100 °C.

Baggrund

Tilsat fytase til grisefoder hjælper med at frigive fosfor i fodermidlerne, som er bundet i fytat, hvilket sikrer en bedre udnyttelse af fosfor i foderet og sænker fosforudledningen fra griseproduktionen. Fytaseaktiviteten påvirkes imidlertid af temperatur, hvilket kan være et problem ved pelleteret foder, hvor det er et krav, at temperaturen skal være mindst 81 °C for at bekæmpe Salmonella. Temperaturen

under pelleteringen er i en afprøvning på en dansk foderfabrik blevet målt til at variere mellem 84 og 92 °C [1], det er derfor vigtigt, at den tilsatte fytase kan holde aktiviteten trods høje temperaturer.

I dag er der flere fytaseprodukter på det danske marked, som kan benyttes i færdigfoder, men en undersøgelse i 2023 viste en varierende fytaseaktivitet i færdigfoder [2]. Fytaseaktiviteten påvirkes negativt ved øgning i pelleteringstemperaturen, men er afhængig af fytaseproduktets varmestabilitet. Forsøg i perioden 2008-2010 har vist, at fytaseaktiviteten fra før til efter pelleteringen reduceres med op til 35 % ved pelletering med 93 °C [3] og med omkring 10 % reduktion i fytaseaktiviteten ved at øge pelleteringstemperaturen fra 80 til 95 °C for fytaserne Ronozyme NP og Phyzyme XP [4].

Udover temperaturen kan holdetiden i pelleteringsprocessen også påvirke fytaseaktiviteten [5]. Det meste af inaktiveringen af fytase skyldes dampen under pelleteringen [6], derfor er flere fytaseprodukter beskyttet mod dampen – enten naturligt eller kemisk – fx coating med et vandafvisende materiale [7], ændring i aminosyrestruktur [8], eller ved at finde enzymer, som naturligt er mere termostabile.

Formålet med dette projekt var at teste varmestabilitet af forskellige fytaseprodukter for at dokumentere, om den tilsatte fytase kan genfindes efter opvarmning i pelleteringsproces.

Materialer og metoder

Varmestabilitetstesten blev gennemført af Teknologisk Institut i Kolding på et minifoderproduktionsanlæg, hvor pelleteringsprocessen blev gennemført ved forskellige kontrollerede temperaturer. Der blev anvendt de samme metoder, hvad angår produktion af melblandingen, blandeteknik, hviletid, ydeevne og køletid for alle produkter i forsøget. De eneste faktorer, der varierede, var tilsætningen af fytaseproduktet og tilførslen af damp i kaskadeblanderen til at opnå den ønskede pelleteringstemperaturer på 70, 85, 92 og 100 °C.

Varmestabilitet af det naturligt forekommende fytase i foder samt seks fytaseprodukter blev testet (Tabel 1). Foderet i hver forsøgsgruppe blev pelleteret ved de fire ønskede pelleteringstemperaturer, hvorefter anlægget blev rengjort før det næste fytaseprodukt blev sat til pelleteringsprocessen. Pelleteringsprocessen blev kun lavet en gang for hver gruppe på den måde, at der blev udtaget foderprøver efterhånden som temperaturen steg med en kort holdetid ved hver temperatur. I Appendiks 1 er foderproduktionsanlæg beskrevet.

Tabel 1. Testede fytaseprodukter.

Producent	Fytaseprodukt	Koncentration, FTU/g produkt ¹	Dosering af produkt, g/t foder
Naturlig fytase	-	-	-
AB Vista	Quantum Blue	10.000	200
BASF	Natuphos E	10.000	200
Danisco	Axtra Phy Gold	10.000	200
DSM	HiPhorious	10.000	200
DSM	Ronozyme HiPhos	20.000	100
HuvePharma	Optiphos Plus G	10.000	200

¹ Deklareret koncentration.

Der blev brugt den samme foderblanding igennem hele forsøget og vandprocenten i melfoderet var 12,1 %. Fodersammensætningen svarede til standardslagtegrise foder og kan ses i Appendiks 2. De seks fytaseprodukter blev tilsat, så den forventede tilsatte koncentration var 2.000 FTU/kg foder. Alle fytaseprodukterne blev tilsat foderet i granuleret form inden pelleteringen.

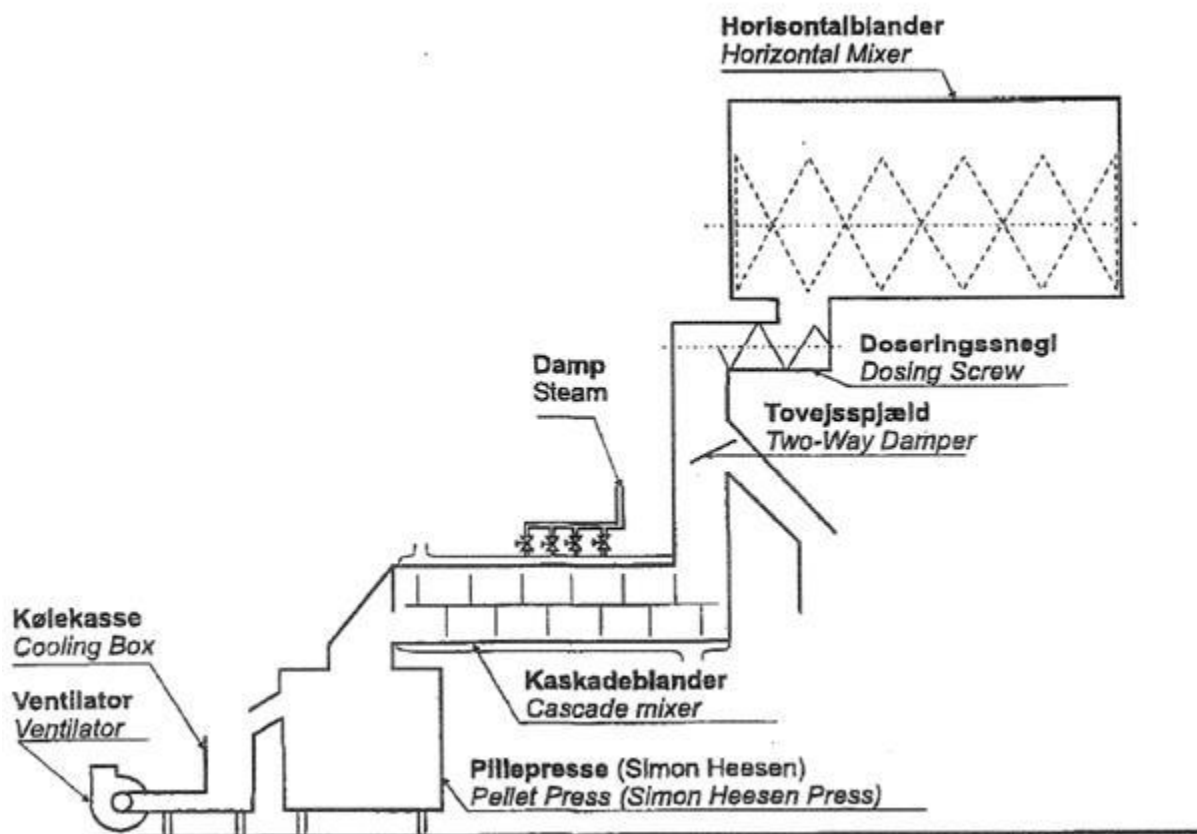
Foderproduktion og pelletering

Der blev på Teknologisk Instituts forsøgsanlæg produceret en grundfoderblanding, som fremgår af Appendiks 2. Melfoderblandingen blev produceret ad én gang og alle råvarerne kom fra samme parti. Før produktion af melfoderblanding, blev alle foderrester fjernet i mølle og blandeudstyr og blanderen blev støvsuget. Minifoderproduktionsanlæg blev rengjort før hver forsøgsgruppe, hvor blander og doseringssnegl blev støvsuget, mens kaskadeblander var selvtømmende og fra køleboksen blev rester fjernet manuelt.

Der blev udtaget 280 kg af melfoderblandingen til hver forsøgsgruppe, hvorfra der blev udtaget 10 kg melfoder til at iblande den udvejede mængde fytase i en tvangsblender. Tvangsblenderen blev tømt og rengjort mellem hver fytaseprodukt (forsøgsgruppe). De 10 kg melfoder med fytaseproduktet blev blandet med de resterende 270 kg melfoder i 10 minutter i minifoderproduktionsanlæggets horisontalblender. Fra hver forsøgsgruppe blev der udtaget en prøve på 1 kg af melfoderet direkte fra horisontalblenderen.

Derefter blev forsøgsfoderet opvarmet med damp i kaskadeblander for at opnå den ønskede temperatur mellem 70 og 100 °C (Figur 1 og Appendiks 3). Mængden af damp blev reguleret af en ekspansionsventil og et samlerør. Holdetiden i kaskadeblander var 60 sekunder, hvorefter foderet blev pelleteret. Temperaturen af melfoderet i kaskadeblander blev løbende registreret, og det foder, som blev pelleteret ved en lavere temperatur end ønsket blev kasseret. Da temperaturen i kaskadeblander ramte det ønskede, blev det efterfølgende pelleterede foder indsamlet i 90 sekunder til en køleboks, hvor det blev afkølet i 15 minutter via en blæser. Da prøvetagningen ved den givne temperatur var færdig, blev temperaturen i kaskadeblander øget til at gøre klar til næste ønskede temperatur, hvorefter proceduren med prøvetagningen gentog sig. I Appendiks 4 fremgår de opnåede temperaturer i kaskadeblander under pelletering. Det er altså temperaturen i kaskadeblander, som blev styret, mens der ikke er målt temperatur i pillepressen.

Den totale mængde udtagne prøver blev neddelt i delprøver á 500 gram efter TOS-princippet (Theory Of Sampling) [9], blev mærket og sendt til analyse for fytaseaktivitet.



Figur 1. Illustration af anlægget brugt ved Teknologisk Institut til pelletering af foder.

Foderanalyser

Fytaseaktiviteten blev analyseret ved Eurofins Steins for alle produkter (inkl. tilbageværende naturlig fytaseaktivitet) samt det naturlige fytase i foder uden tilsat fytase ved alle testede temperaturer inklusive i melfoderet. Der blev lavet tre analyser på melfoderet per gruppe og fem analyser på det pelleterede foder ved hver temperatur per gruppe.

Statistik

Det procentvise fald i fytaseaktiviteten mellem kontroltemperaturen (70 °C) og hver af de målte temperaturer (85, 92 og 100 °C) for hver gruppe blev analyseret med en t-test i R. Der blev ikke lavet statistiske analyser af fytaseaktivitet før pelletering i forhold til efter pelletering og faldet i fytaseaktiviteten er ikke blevet sammenlignet på tværs af fytaseprodukterne. Statistisk sikre forskelle er angivet på 5 procentniveau.

Resultater og diskussion

Foderblandingen havde et naturligt fytase niveau på 287 FTU/kg før pelleteringen, og ved 70 °C var niveauet numerisk set ens (Tabel 2), men ved temperaturer på 85 °C eller mere, faldt aktiviteten under detektionsgrænsen på 180 FTU/kg. Aktivitetsniveauet var lavere end hvad der var målt i et tilsvarende dansk forsøg, hvor fytaseaktiviteten ved 80 °C var målt til 431 FTU/kg [4]. Dog stemmer forløbet i de to forsøg godt overens, da aktiviteten ved 100 °C kun var cirka 12 % af niveauet ved 80 °C [4], hvilket svarer til et niveau under detektionsgrænsen i dette forsøg. Den relative fytaseaktivitet i forhold til niveauet i melfoderet faldt ved stigende temperatur og var forskelligt for de seks produkter, hvor der især var forskelle ved 100 °C (Appendiks 5).

Tabel 2. Middelverdierne ($\pm$ standardafvigelsen) for fytaseaktiviteten (FTU/kg) i foderet enten uden fytaseprodukt (kontrol) eller med et af de seks fytaseprodukter i melfoder før pelletering og ved de fire pelleteringstemperaturer.

Fytaseprodukt	Mel	70 °C (kontroltemperatur)	85 °C	92 °C	100 °C
Naturlig fytase	287 $\pm$ 5	256 $\pm$ 9	U.D. ¹	U.D.	U.D.
Quantum Blue	3.291 $\pm$ 1.299	2.390 $\pm$ 333	2.652 $\pm$ 331	1.850 $\pm$ 75*	U.D.
Natuphos E	3.185 $\pm$ 195	2.588 $\pm$ 324	2.300 $\pm$ 377	2.243 $\pm$ 351	1.233 $\pm$ 49*
Axtra Phy Gold	2.205 $\pm$ 425	1.951 $\pm$ 352	1.902 $\pm$ 72	1.878 $\pm$ 303	1.315 $\pm$ 142*
HiPhorious	3.038 $\pm$ 559	2.965 $\pm$ 476	2.445 $\pm$ 328	2.551 $\pm$ 508	1.429 $\pm$ 372*
Ronozyme HiPhos	2.766 $\pm$ 351	2.635 $\pm$ 347	2.405 $\pm$ 596	2.059 $\pm$ 635*	1.059 $\pm$ 236*
Optiphos Plus G	2.857 $\pm$ 77	2.911 $\pm$ 107	2.506 $\pm$ 245	2.363 $\pm$ 166*	356 $\pm$ 51*

¹U.D.: Under detektionsgrænsen på 180 FTU/kg. * viser statistisk sikre fald i fytaseaktiviteten på 5 procentniveau i forhold til kontroltemperaturen (70 °C).

Fytaseaktiviteten i melfoderet i de seks forsøgsgrupper med fytaseprodukter var 10-65 % højere end de forventede 2.000 FTU/kg (Tabel 2), hvilket skyldes, at de fleste producenter har en sikkerhedsmargin på 3.000-4.000 FTU/g produkt. Foderet indeholdt derudover de fundne ca. 287 enheder naturlig fytase og som forventet blev fytaseaktiviteten ikke påvirket af pelletering ved 70 °C. Der kunne ikke detekteres en forskel i fytaseaktiviteten ved 70 °C og 85 °C for de seks fytaseprodukter, og derved kan alle testede fytaseprodukter holde til minimum 81 °C, som kræves for at bekæmpe Salmonella. Fytaseaktiviteten faldt med cirka 20 % for Ronozyme HiPhos, Quantum Blue og Optiphos Plus G ved 92 °C sammenlignet med kontroltemperaturen ($P \leq 0,04$), men kun med ca. 15 %, når der korrigeres for tab af naturlig fytase. De øvrige tre fytaseprodukter havde ikke et signifikant fald i fytaseaktiviteten.

Pelletering ved 100 °C resulterede i et fald i fytaseaktiviteten for alle fytaseprodukter på minimum 30 % ($P \leq 0,03$), hvor Quantum Blue faldt under detektionsgrænsen, ligesom der kun var 10-15 % tilbageværende aktivitet for Optiphos Plus G.

Derved bør alle de testede fytaseprodukter være varmestabile under pelleteringsprocessen, hvis man kan holde denne under ca. 92 °C. Andre forsøg har også vist, at fytaseaktiviteten efter pelleteringen er relativt upåvirket op til temperaturer omkring 85-90 °C [5,6,10] og at aktiviteten falder ved temperaturer over 90 °C [5].

Den beregnede relative fytaseaktivitet ved de fire temperaturer i forhold til niveauet i melfoder kan ses i Appendiks 5, hvor der er korrigeret for indhold af naturlig fytase ved de forskellige temperaturer. Alle fytaseprodukterne opnår minimum 70 % relativ aktivitet op til og med 85 °C, men ved 100 °C falder aktiviteten for Quantum Blue og Optiphos Plus G til under 15 % af aktiviteten i melfoderet, hvorimod aktiviteten er på 68 % for Axtra Phy Gold. Herefter følger HiPhorious, Natuphos E og Ronozyme HiPhos med 52, 43 og 42 % overlevende aktivitet – dog kan de fundne forskelle mellem disse tre være tilfældige, da der ikke er gentagelser nok til at adskille dem.

Denne undersøgelse understøtter eksisterende viden om, at temperaturer under 90 °C under pelleteringsprocessen har minimal indflydelse på fytaseaktiviteten [5,6,10] for kommercielle fytaseprodukter, som angives at være varmestabile, mens der er betydelige forskelle mellem produkter ved 100 °C.

Konklusion

Samlet kan det konkluderes, at Ronozyme HiPhos, HiPhorious, Axtra Phy Gold, Natuphos E, Quantum Blue og Optiphos Plus G er varmestabile under pelleteringsprocessen ved 85 °C, men Ronozyme HiPhos, Quantum Blue og Optiphos Plus G skiller sig ud ved at være mindre varmestabile ved 92 °C, hvor aktiviteten falder med omkring 20 %, dog kun 15 %, når der korrigeres for det naturlige fytaseindhold.

Alle produkter mister en betydelig del af aktiviteten ved 100 °C og for Optiphos Plus G og Quantum Blue er der under 15 % genfinding. Genfindingen af Ronozyme Hiphos, Natuphos E og HiPhorious ligger på 40-55 % efter korrektion for tab af naturligt fytaseindhold, mens Axtra Phy Gold bevarede 68 % af aktiviteten ved 100 °C. På foderfabrikker, hvor temperaturen ofte kommer over 90 °C, bør man fokusere på sikkerhedsmargin og/eller anvendelse af de mest varmestabile produkter, mens fabrikker, som kan holde sig under ca. 90 °C kan vælge flere produkter og køre med mindre sikkerhedsmargin ved doseringen af fytase.

Denne undersøgelse siger kun noget om varmestabilitet af fytaseaktiviteten, men ikke noget om effekten i grisen. Man kan sikre sig, at der er de deklarerede mængder af fytase i foderet ved at analysere fytaseaktiviteten i foderet.

Referencer

- [1] Hansen, S.; Rasmussen, D.K. (2009). Afprøvning af Ronozyme WX til slagtesvin. Meddelelse 848. Dansk Svineproduktion, Den rullende Afprøvning.
- [2] Grove, S. S. og Tybirk, P. (2023): Kontrol af færdigfoder. Meddelelse 1287. SEGES Innovation P/S.
- [3] Timmons, J.R.; Angel, R.; Harter-Dennis, J.M.; Saylor, W.W.; Ward, N.E. (2008). Evaluation of heatstable phytases in pelleted diets fed to broilers from day zero to thirty-five during the summer months. *Journal of Applied Poultry Research* 17, 482-489.
- [4] Rasmussen, D. K. (2010). Forskel i varmestabilitet for fytase- og xylanaseprodukter i foder. Meddelelse 875. Dansk Svineproduktion, Den rullende Afprøvning.
- [5] Promdonkoy, P.; Tang, K.; Sornlake, W.; Harnpicharnchai, P.; Kobayashi, R.S.; Ruanglek, V.; Upathanpreecha, T.; Vesaratchavest, M.; Eurwilaichitr, L.; Tanapongpipat, S. (2009). Expression and characterization of *Aspergillus* thermostable phytases in *Pichia pastoris*. *FEMS Microbiology Letters*, 290,18–24, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2008.01399.x>
- [6] Wang, Y; Zhao, F; Zhang, H; Zhang, Q; Zhao, W; Sa, R; Xie, J. 2023. Effects of Phytase Source and Dose on Its Stability during Pelleting Process under Different Conditioning Temperatures. *Animals* 13, no. 23: 3741. <https://doi.org/10.3390/ani13233741>
- [7] Yang, E; Dong, H; Khongkomolsakul, W; Dadmohammadi, Y; Abbaspourrad, A. 2023. Improving the thermal stability of phytase using core-shell hydrogel beads. *Food Chem X* 16, no. 21: 101082. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.101082>
- [8] Xing, H; Wang, P; Yan, X; Yang, Y; Li, X; Liu, R; Zhou, Z. 2023. Thermostability enhancement of *Escherichia coli* phytase by error-prone polymerase chain reaction (epPCR) and site-directed mutagenesis. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 11. 10.3389/fbioe.2023.1167530.
- [9] Jørgensen, L.; Fisker, B. (2006). Udtagning af foderprøver. Info Svin, Videncenter for Svineproduktion.
- [10] De Jong J.A; Woodworth, J.C.; DeRouchey, J.M.; Goodband, R.D.; Tokach, M.D.; Dritz, S.S.; Stark, C.R.; Jones, C.K. (2017). Stability of four commercial phytase products under increasing thermal conditioning temperatures. *Translational Animal Science*, 1, 255–260, <https://doi.org/10.2527/tas2017.0030>.

Deltagere

Tekniker: Linda Sandberg Pedersen

Statistikere: Mai Britt Friis Nielsen

Andre deltagere: Teknologisk Institut

Øvrig information

Projekt: 101128 / afp. 1942

//JAHP//

Appendiks 1

Beskrivelse af minifoderproduktionsanlæg

Anlægget består af:

Horisontalblander: 700l volumen og en hastighed på 48 rpm (rounds per minute), hvor der kan blandes mængder fra 80 til 300 kg.

Doseringssnegl: Skjold TR med variabel hastighed. Denne bruges til tømning af blander og til dosering af melblanding.

Kaskadeblander: KAHL blander med en længde på 130 cm og en diameter på 30 cm. Blanderen har en hastighed på 155 rpm og 37 justerbare paller. Hviletiden i kaskadeblanderen er ca. 30 sekunder ved en produktion på 300 kg pr. time.

Et samlerør er monteret på siden af kaskadeblanderen med en vandforsyning og tre dampventiler, hvorfra damp tilføres melfoderet.

Højtrykskedel: Dan Stroker typen med en maksimal kapacitet på 400 kg damp pr. time. Dampen tilføres melfoderet via en ekspansionsventil, som styrer tilførslen af damp til kaskadeblanderen. De tre ventiler på samlerøret anvendes til finjustering af den ønskede temperatur i melblandingen. Ved tilsætning af 1 % damp, stiger temperaturen i melet med 14 °C.

Temperaturen i melet måles med et digitalt termometer af typen Testo 925 med en Pt 100 sensor. Sensoren er placeret ved udløbet af kaskadeblanderen. Termometeret er kalibreret med et godkendt kviksølvtermometer af typen Goldbrand/39 Q9732-818.

Pillepresse: Simon Hessen af typen labor (monovalse) med en 7,5 kW motor. Den indvendige diameter på matricen er 173 mm med en sold på 3,5 x 35 mm. Højden på pressevalsen er 50 mm og diameteren er 140 mm.

Prøverne nedkøles i en rumopdelt køleboks med hullet bund, hvor foderet ventileres med en ventilator med en kapacitet på 1.500 m³ luft pr. time.

Appendiks 2

Foderblanding

Råvare	Procent
Hvede	40,00
Byg	38,23
Sojaskrå	17,00
Rapsolie	2,00
Vitamin- og mineralforblanding	2,77

Appendiks 3

Minifoderproduktionsanlæg



- 1 – Horisontalblander
- 2 – Kaskadeblander
- 3 – Pillepresse
- 4 – Kølekasse

Appendiks 4

Målte temperaturer

De målte temperaturer ved hver af de syv forsøgsgrupper i kaskadeblanderen (°C)

Producent	Fytaseprodukt	Ønskede temperaturer			
		70 °C	85 °C	92 °C	100 °C
Naturlig fytase	-	69,9-70,3	84,6-84,9	92,0-92,2	100,0-100,2
AB Vista	Quantum Blue	69,9-70,2	85,1-85,3	92,0-92,2	99,9-100,2
BASF	Natuphos E	69,7-70,0	85,0-85,2	92,0-92,2	100,0-100,2
Danisco	Axtra Phy Gold	69,8-70,0	84,9-85,2	92,0-92,2	99,9-100,1
DSM	HiPhorious	69,9-70,2	84,9-85,2	92,0-92,2	100,0-100,2
DSM	Ronozyme HiPhos	69,9-70,2	84,9-85,2	92,0-92,2	100,1-100,3
HuvePharma	Optiphos Plus G	70,0-70,3	84,9-85,1	92,0-92,2	99,9-100,1

Appendiks 5

Relativ fytaseaktivitet

Den relative fytaseaktivitet ved 70, 85, 92 og 100 °C i forhold til aktiviteten i melfoderet er beregnet ud fra følgende formel:

$$\frac{\text{Fytaseaktiviteten i produkt}_x \text{ ved temperatur}_i - \text{Naturlig fytaseaktivitet ved temperatur}_i}{\text{Fytaseaktiviteten i produkt}_x \text{ i melfoder} - \text{Naturlig fytaseaktivitet i melfoder}} * 100$$

Tabel A. Værdierne for fytaseaktiviteten under detektionsgrænsen (180 FTU/kg) er skønnet ud fra tidligere erfaringer (røde tal).

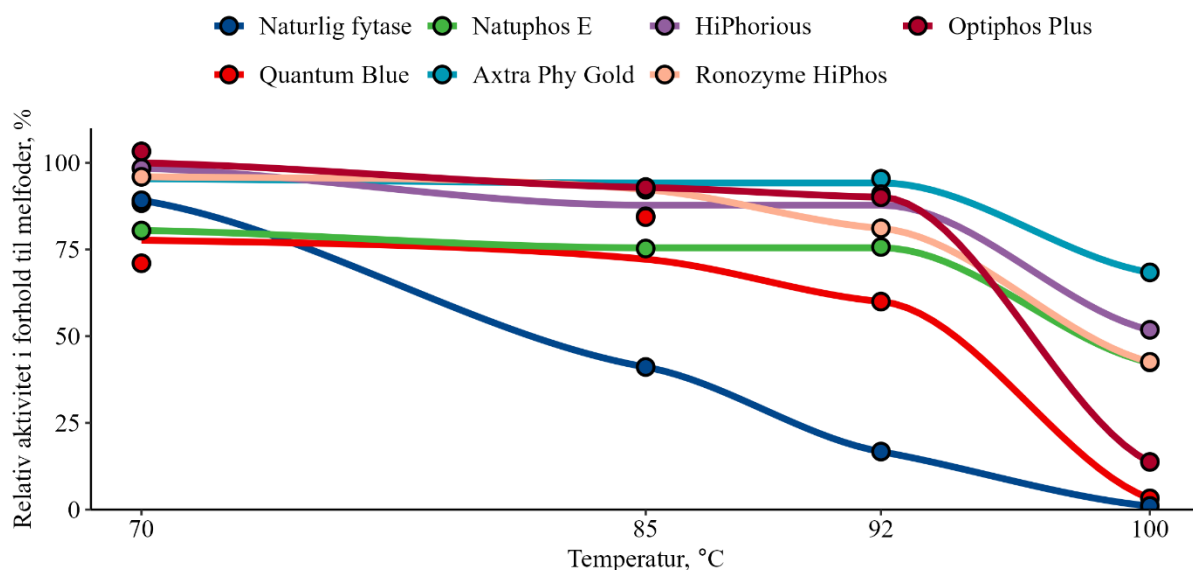
Fytaseprodukt	Mel	70 °C	85 °C	92 °C	100 °C
Naturlig fytase	287	256	118	48	3
Quantum Blue	3.291	2.390	2.652	1.850	100
Natuphos E	3.185	2.588	2.300	2.243	1.233
Axtra Phy Gold	2.205	1.951	1.902	1.878	1.315
HiPhorious	3.038	2.965	2.445	2.551	1.429
Ronozyme HiPhos	2.766	2.635	2.405	2.059	1.059
Optiphos Plus G	2.857	2.911	2.506	2.363	356

Grundet analyseusikkerheden opnås en relativ fytaseaktivitet på over 100 % for Optiphos Plus ved 70 °C og der opnås en højere relativ fytaseaktivitet for Quantum Blue, Axtra Phy Gold og HiPhorious ved højere temperatur (85 °C, 90 °C) i forhold til ved lavere temperatur (70 °C, 85 °C).

Tabel B. Den relative fytaseaktivitet ved 70, 85, 92 og 100 °C i forhold til aktiviteten i melfoderet, aktiviteten i melfoderet anses som 100 %.

Fytaseprodukt	70 °C	85 °C	92 °C	100 °C
Naturlig fytase	89,2 %	41,1 %	16,7 %	1,0 %
Quantum Blue	71,0 %	84,4 %	60,0 %	3,2 %
Natuphos E	80,5 %	75,3 %	75,7 %	42,4 %
Axtra Phy Gold	88,4 %	93,0 %	95,4 %	68,4 %
HiPhorious	98,5 %	84,6 %	91,0 %	51,8 %
Ronozyme HiPhos	96,0 %	92,3 %	81,1 %	42,6 %
Optiphos Plus G	103,3 %	92,9 %	90,1 %	13,7 %

Grundet måleusikkerheden er udviklingen i den relative fytaseaktivitet justeret i nedenstående Figur A, den beregnet relative fytaseaktivitet fra tabel B er illustreret med en cirkel.



Figur A. Udviklingen i fytaseaktiviteten i foder pelleteret ved stigende temperatur relativt i forhold til fytaseaktiviteten i melfoderet.