



Deutsch

Español

Français

Italiano

Português

Zusammenfassung

Resumen

Résumé

Riassunto

Resumo

## Optimising phosphorus utilisation in pig and poultry diets

A practical guide on the use of inorganic  
feed phosphates & microbial phytase



# Zusammenfassung

Phosphor (P) ist ein sehr wichtiges Mineral in jedem Tierfutter. Wird weniger Phosphor aufgenommen als erforderlich, so kommt es zu Wachstumsstörungen und gesundheitlichen Schäden bei den Tieren.

Phosphor im Tierfutter stammt aus den enthaltenen Futtermitteln und anorganischen Futterphosphaten. Manchmal ist Enzymphytase im Tierfutter vorhanden; sie setzt den Phosphor in pflanzlichen Futtermitteln frei, da Phytat Phosphor bindet. In dieser Form ist Phosphor für monogastrische Nutztiere (Tiere mit einhöhligen Magen) praktisch nicht verwertbar.

Phytase spaltet den an Phytinsäure gebundenen Phosphor (Inositol-6-phosphat) in niederwertige Inositolphosphate. Für eine optimale Enzymreaktion sollte genügend Substrat (Phytat) vorhanden sein. Die Menge des an Phytat gebundenen Phosphors unterliegt jedoch einer erheblichen Variation. Der Gehalt des phytatgebundenen Phosphors kann niedrig sein und dazu führen, dass die Phytasewirkung in Bezug auf die Freisetzung verdaulichen Phosphors, vor allem in konzentriertem Hühnerfutter, in Flüssigfutter für Schweine und in Ferkelfutter, zu hoch eingeschätzt wird.

## Phosphoräquivalenzwerte von Phytase

Mit Hilfe des Phosphoräquivalenzwertes wird der Ersatz- oder Substitutionswert von Phytase beschrieben; er ist definiert als die Menge anorganischen Phosphors, die mit einer bestimmten Menge Phytase erzeugt werden kann. Er wird auch als Matrixwert der Phytase bezeichnet und fließt in Least-Cost-Optimierungsmodellen für die Futtermittelentwicklung ein.

Der Einfachheit halber wird normalerweise nur ein Matrixwert für alle Zusatzmengen benutzt. Wie für alle Enzyme, folgt jedoch die Beziehung zwischen dem Phytasegehalt im Futter und der Menge des freigesetzten verdaulichen Phosphors einer asymptotischen Kurve. Der freigesetzte Phosphor, in Gramm pro Phytaseeinheit, nimmt mit zunehmender Phytasezugabe ab. Es ist daher sinnvoll, mit zwei oder drei verschiedenen Matrixwerten zu arbeiten, um eine verlässlichere Futtermittelformel zu erhalten und den verdaulichen Phosphorgehalt im Futter nicht zu hoch einzuschätzen.

Je nach den Versuchsbedingungen variiert die Menge verdaulichen Phosphors, die durch Zugabe von Phytase entsteht, erheblich zwischen den Versuchen. Wichtige Faktoren, die die Wirkungsweise der Phytase beeinflussen, sind unter anderem: hohe Kalziummengen, der physiologische Zustand des Tieres und die Zusammensetzung des Futters.

In der Literatur wurde beschrieben, dass sich die Äquivalenz von 500 FTU Phytase pro kg Futter mit 0,65 bis 0,75g verdaulichen Phosphors in Schweine- und Hühnerfutter (verwertbarer Phosphor) berechnen lässt. Dies ist weniger als der empfohlene Wert von 0,8g verdaulichen Phosphoräquivalents. Bei Futtermitteln mit einem relativ hohen Eigengehalt an Phytase wie zum Beispiel Weizen, Gerste und Getreidenebenerzeugnissen ist die Wirkung der Phytase geringer, der Phosphoräquivalenzwert liegt dann zwischen 0,43 und 0,55g verdaulichen Phosphors.

## Nicht-Phosphor-Effekte der Phytase

Nach Aussage mehrerer Studien ist Phytase in der Lage, neben der Wirkung auf Phosphor auch die Verdaulichkeit von Ca und/oder Aminosäuren zu erhöhen. Diese zusätzliche Wirkung steigert natürlich den wirtschaftlichen Wert der Phytase.

Der Wert von Phytase für Hühner ist zu über 70% dieser so genannten Nicht-Phosphor-Wirkung zu verdanken. Bei Schweinen ist der wirtschaftliche Wert dagegen zu 75% auf die erhöhte Phosphorverdaulichkeit zurückzuführen. Zur Vereinfachung wurde bei diesen Berechnungen der Dosiswirkungseffekt nicht berücksichtigt. Aber auch dieser Effekt spielt für die Nicht-Phosphor-Wirkung von Phytase eine Rolle.

## Verringerung des Risikos einer Phosphorunterversorgung

Der Nährstoffgehalt in der Tiernahrung variiert immer auf Grund der natürlichen Schwankung in den Futtermitteln, daher ist normalerweise eine Sicherheitsspanne vorgesehen. Die empfohlenen Mengen verdaulichen oder verwertbaren Phosphors sind in den letzten Jahrzehnten deutlich zurückgegangen und die Sicherheitsspanne für P ist daher in der Tiernahrung relativ klein. Daher wird auch eine niedrige Schwankungsbreite an verdaulichem/verwertbarem P immer wichtiger.

Die Schwankungskoeffizienten für die verschiedenen Phosphorquellen lassen sich anhand der Fachliteratur berechnen. Für pflanzliche Futtermittel liegt der Koeffizient bei 10-20%, für mineralische Phosphate bei 10% und für durch Phytase freigesetzten Phosphor bei bis zu 40%. Anhand dieser Zahlen lässt sich die Schwankung des verdaulichen Phosphorgehalts in Schweinefutter bei einer Bedarfsempfehlung von 2,1g/kg verdaulichen Phosphors für zwei unterschiedliche Szenarien A und B berechnen.

In Szenario A liefert Phytase 0,8g verdaulichen Phosphor pro kg Futter; hier erhalten 95% der Tiere ein Futter mit einem verdaulichen Phosphorgehalt von 1,37 bis 2,83g/kg. In Szenario B werden nur 0,5g verdaulichen Phosphors pro kg durch Phytase geliefert und 0,3g/kg durch einen erhöhten Zusatz mineralischer Phosphate; dies ergibt insgesamt 1,51g bis 2,69g verdaulichen Phosphor pro kg Tierfutter.

Man kann daraus folgern, dass die Gefahr einer Futterzusammensetzung mit einem zu niedrigen verdaulichen Phosphorgehalt in Szenario A, wo mineralischer Phosphor durch Phytase ersetzt wird, deutlich höher ist. In Szenario B mit einem höheren Gehalt an mineralischem Phosphat zur Vermeidung einer P-Unterversorgung sind die Zusatzkosten dagegen sehr gering.

## Schlussfolgerungen

Es ist festzustellen, dass die Verwendung von Phytase in der kommerziellen Tierfutterentwicklung eine wichtige Rolle spielt. In bestimmten Fällen (z.B. Flüssigfutter für Schweine, konzentriertes Hähnchenfutter) ist jedoch der phytatgebundene Phosphorgehalt oft zu niedrig, um eine optimale Wirkung anhand eines Matrixwertes zu erzielen. Auch folgt das Verhältnis zwischen dem mikrobiellen Phytasegehalt und dem freigesetzten Phosphor keinem linearen Verlauf.

Werden dagegen zwei oder drei Matrixwerte für die Bestimmung des Phytasegehalts benutzt, so wird die Ermittlung des Gehalts an verdaulichem/verwertbarem Phosphor im Futter verbessert und auf diese Weise verhindert, dass zu wenig oder zu viel verdaulicher Phosphor im Futter enthalten ist. Dies ist insbesondere bei Futtermitteln mit einem hohen Eigengehalt an Phytase (Weizen/Gerste) von Bedeutung. Die Wirkung von Phytase auf den verdaulichen Phosphorgehalt variiert stärker als bei mineralischen Futterphosphaten, so dass sich hier ein deutlich höherer Schwankungskoeffizient ergibt.

Wird die Freisetzung von Phosphor durch Phytase in zwei oder drei Schritte unterteilt und der Gehalt des phytatgebundenen Phosphors und der Phytaseeigengehalt des Futtermittels berücksichtigt, so kann damit die Gefahr einer Unterversorgung mit Phosphor verringert werden. Auf den Preis des Futtermittels wirkt sich dies nur marginal aus.

# Resumen

El fósforo (P) es un mineral muy importante en la alimentación animal. Si la ingesta de fósforo está por debajo de la necesaria, el resultado será la reducción de la tasa de crecimiento y el deterioro de la salud de los animales.

El fósforo en la alimentación animal se origina a partir de los piensos que incluyen fosfatos inorgánicos. En ocasiones se incluye en los regímenes alimentarios la enzima fitasa con el fin de liberar el fósforo de los alimentos vegetales, que se presenta como fósforo del fitato. Esta forma de fósforo prácticamente no está disponible para animales monogástricos.

La fitasa es capaz de separar el fósforo ligado al ácido fítico (inositol-6-fosfato) en fosfatos de inositol de menor nivel. Para una reacción óptima de la enzima, debería haber suficiente sustrato (fitato) presente para la descomposición. No obstante, la cantidad de P ligado al fitato varía de un régimen a otro. El contenido de P del fitato puede ser de vital importancia, ya que puede dar lugar a una sobrestimación del efecto de la fitasa a la vista de la liberación de fósforo digerible, especialmente en regímenes alimentarios concentrados para pollos, piensos húmedos para cerdos y dietas para lechones.

## Valores equivalentes de fósforo para la fitasa

El valor equivalente de fósforo se utiliza para describir el valor de sustitución de la fitasa, y se define como la cantidad de fósforo inorgánico que se puede producir a partir de una cantidad dada de fitasa añadida. También denominado valor matriz para la fitasa, se utiliza en modelos de optimización de "coste mínimo" para formulación de piensos.

Por cuestiones de simplicidad, normalmente sólo se utiliza un valor de matriz para todas las tasas de inclusión. No obstante, al igual que para el resto de enzimas, la relación entre el contenido de fitasa del pienso y la cantidad de P digerible liberado sigue una curva asintótica. La eficacia en términos de gramos de fósforo liberado por unidad de fitasa desciende al aumentar la tasa de inclusión de fitasa. Por lo tanto, es aconsejable trabajar con dos o tres valores de matriz diferentes para conseguir una formulación de pienso más fiable y evitar la sobrestimación del contenido de P digerible en el régimen alimentario.

Dependiendo de las condiciones experimentales, la cantidad de fósforo digerible que se genera por el uso de fitasa varía mucho entre un experimento y otro. Los factores importantes que influyen en el funcionamiento de la fitasa son, entre otros, los siguientes: altos niveles de calcio, el estado fisiológico del animal y la composición del régimen alimentario.

Según la documentación disponible, la equivalencia de 500 FTU de fitasa por kg de pienso puede calcularse entre 0,65 y 0,75g de P digerible en los regímenes de cerdos y pollos (P disponible), un valor inferior a la recomendación estándar de equivalencia de 0,8g de fósforo digerible. En el caso de regímenes basados en alimentos con un nivel relativamente alto de fitasa intrínseca, como el trigo, la cebada y otros cereales derivados, el efecto de la fitasa se reduce, en cuyo caso el valor equivalente de P estará entre 0,43 y 0,55g de P digerible.

## Efectos no fosfóricos de la fitasa

Además del efecto en el fósforo, la fitasa tiene, conforme a diferentes estudios, el potencial de mejorar la digestibilidad del calcio y/o de los aminoácidos. Naturalmente, este efecto adicional aumentará considerablemente el valor económico de la fitasa.

De hecho, el valor de la fitasa en la cría de pollos es, en más de un 70%, resultado de los efectos llamados no fosfóricos. Con los cerdos, sin embargo, el 75% del valor económico proviene de un aumento de la digestibilidad del P. Para simplificar estos cálculos, no se ha tomado en consideración el efecto de respuesta a la dosis. Sin embargo, este efecto también será válido para el efecto no fosfórico de la fitasa.

## Disminución del riesgo de subcomplementación de P

Siempre existe una cierta variación en el contenido de nutrientes de los regímenes alimentarios debido a la variación natural de los alimentos, por lo que normalmente se incluye un margen de seguridad. Los valores necesarios de P digerible o disponible han disminuido considerablemente en las últimas décadas, lo que ha dado lugar a un menor margen de seguridad para el P en la formulación de regímenes. Por lo tanto, ha adquirido más importancia una pequeña variación en el contenido de P digerible/disponible.

Los coeficientes de variación para las diferentes fuentes de P pueden calcularse a partir de la documentación. Para los alimentos vegetales el coeficiente es 10 - 20%, para los fosfatos minerales es del 10% y para el P liberado por la fitasa es de hasta el 40%. En base a estas cifras, puede calcularse la variación del contenido de P digerible en un pienso para cerdos con unos requisitos de 2,1g/kg de P digerible para dos situaciones distintas, A y B.

En la situación A, en la que se supone que la fitasa libera 0,8g de P digerible por cada kg de pienso, el 95% de los animales recibirán una alimentación con un contenido de P digerible entre 1,37 y 2,83g/kg. En la situación B, en la que la fitasa solo suministra 0,5g de P digerible por kg, se sustituyen 0,3g/kg por un mayor uso de fosfatos minerales, es decir, entre 1,51g y 2,69g de P digerible por kg.

Se puede concluir que el riesgo de formular un régimen alimentario con un contenido de P digerible inferior al necesario es sustancialmente mayor en la situación A, en la que el P mineral es sustituido por fitasa. Por otro lado, en la situación B, en la que se utiliza un mayor contenido de fosfato mineral para evitar la subcomplementación de P, el coste adicional es muy bajo.

## Conclusiones

Se puede concluir que el uso de fitasa tiene un importante papel en la formulación de piensos comerciales. Sin embargo, en distintos casos (p. ej., piensos húmedos para cerdos, regímenes alimentarios concentrados para pollos), el fósforo del fitato es a menudo demasiado bajo para alcanzar un efecto óptimo como el que produce un valor de matriz. Asimismo, la relación entre el contenido de la fitasa microbiana y la liberación de fósforo no es lineal.

La subdivisión de la fitasa en dos o tres valores matriz mejorará la estimación del contenido de fósforo digerible/disponible en la alimentación y, por lo tanto, evitará la sobre o subestimación de dicho contenido. Este es sobre todo el caso de los alimentos que contienen un alto nivel de fitasa intrínseca (regímenes basados en trigo/cebada). Además, el efecto de la fitasa en el contenido de fósforo digerible es más variable que en el caso de los fosfatos minerales, lo que produce un coeficiente de variación considerablemente mayor.

Por lo tanto, la subdivisión de la liberación de fósforo por parte de la fitasa en dos o tres pasos y la consideración del contenido de P del fitato y del nivel de fitasa intrínseca en el alimento disminuirán el riesgo de obtener un nivel demasiado bajo de fósforo digerible/disponible, con un efecto apenas significativo en el precio del pienso.

# Résumé

Le phosphore (P) est un minéral très important dans l'alimentation animale. Si la consommation de phosphore est inférieure aux besoins de l'animal, celui-ci se développera moins vite et sera d'une santé précaire.

Le phosphore contenu dans les aliments pour animaux provient des matières premières, y compris de phosphates alimentaires inorganiques. La phytase est une enzyme parfois incorporée à certains aliments composés afin de libérer le phosphore présent dans les matières premières d'origine végétale sous la forme de phosphore phytatique. Cette forme de phosphore n'est pratiquement pas disponible pour les animaux monogastriques.

La phytase est capable de décomposer le phosphore lié à l'acide phytique (inositol-6-phosphate) en inositol phosphates inférieurs. Pour que la réaction enzymatique soit optimale, une quantité suffisante de substrat (phytate) doit être présente afin de permettre la décomposition. Toutefois, la quantité de phosphore phytatique varie d'un régime alimentaire à l'autre. La quantité de phosphore lié au phytate peut être critique lorsqu'elle conduit à une surestimation de l'effet de la phytase dans la libération du phosphore digestible, notamment dans les aliments pour poulets, les aliments humides pour porcs et les aliments pour porcelets.

## Valeurs d'équivalence en phosphore de la phytase

La valeur d'équivalence en phosphore est utilisée afin de décrire la valeur de substitution ou de remplacement de la phytase et se définit comme la quantité de phosphore inorganique pouvant être remplacée par une quantité donnée de phytase ajoutée. Elle est également appelée « valeur matricielle de la phytase » et est utilisée dans les modèles « bon marché » d'optimisation de la formule des aliments pour animaux.

Pour des raisons de simplicité, une seule valeur matricielle est généralement utilisée pour toutes les concentrations incorporées. Cependant, comme pour toutes les enzymes, le rapport entre la quantité de phytase dans l'aliment et la quantité de phosphore digestible libéré est fonction d'une courbe asymptotique. L'efficacité en termes de grammes de phosphore libérés par unité de phytase décroît à mesure que la concentration de phytase incorporée augmente. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser deux ou trois valeurs matricielles différentes afin d'obtenir une formule plus fiable empêchant une surestimation de la quantité de phosphore digestible contenue dans l'aliment.

Selon les conditions expérimentales, la quantité de phosphore digestible produite par l'utilisation de la phytase varie considérablement d'une expérience à l'autre. Parmi les principaux facteurs ayant un impact sur le fonctionnement de la phytase, citons : une teneur élevée en calcium, l'état physiologique de l'animal et la composition de l'aliment.

Selon les publications, l'équivalence de 500 FTU de phytase par kilo d'aliment est comprise entre 0,65 et 0,75g de phosphore digestible dans les aliments pour porcs et poulets (phosphore disponible). Cette valeur est inférieure à la recommandation générale de 0,8g d'équivalence en phosphore digestible. Si la base des aliments consiste en des matériaux alimentaires contenant une concentration relativement élevée en phytase intrinsèque (blé, orge et sous-produits céréaliers, par exemple), l'effet de la phytase est accru. Dans un tel cas, la valeur d'équivalence sera comprise entre 0,43 et 0,55g de phosphore digestible.

## Effets de la phytase autres que sur le phosphore

Des études ont montré qu'en plus de son effet sur le phosphore, la phytase peut améliorer la digestibilité du calcium et/ou des acides aminés. Il va de soi que cet effet supplémentaire consolide nettement la valeur économique de la phytase.

En effet, la valeur de la phytase pour les poulets résulte pour plus de 70% de ses « effets autres que sur le phosphore ». En ce qui concerne les porcs, toutefois, la valeur économique résulte de l'augmentation de la digestibilité du phosphore. Dans un souci de simplicité, lors de ces calculs,

l'effet de réaction à la dose n'a pas été pris en considération. Cependant, cet effet devrait aussi être pris en compte pour l'action de la phytase autre que sur le phosphore.

## Diminution du risque de sous-supplémentation en phosphore

En raison de la différence naturelle entre les matières premières alimentaires, il existe toujours une différence entre le contenu en nutriments des aliments. Par conséquent, une marge de sécurité est généralement incluse. Les valeurs de phosphore digestible/disponible requises ont diminué sensiblement au cours des dernières décennies, ce qui a conduit à la diminution de la marge de sécurité pour le phosphore. Il est donc de plus en plus important que la teneur en phosphore digestible/disponible varie peu.

Les coefficients de variation des différentes sources de phosphore peuvent être calculés à partir des publications. Pour les matières premières végétales, le coefficient est de 10-20% ; pour les phosphates alimentaires minéraux, il est de 10% ; et pour le phosphore libéré par la phytase, il peut atteindre 40%. En se basant sur ces chiffres, la variation de la teneur en phosphore digestible dans un aliment pour porcs (dont le phosphore digestible doit être de 2,1g/kg) peut être calculée pour deux situations différentes, A et B.

Dans la situation A, où la phytase est supposée libérer 0,8g de phosphore digestible par kilo d'aliment, 95% des animaux recevront une alimentation dont la teneur en phosphore digestible est comprise entre 1,37 et 2,83g/kg. Dans la situation B, où seulement 0,5g de phosphore digestible par kilo sont libérés par la phytase et où 0,3g/kg seront remplacés par une quantité plus importante de phosphates alimentaires inorganiques, les animaux recevront un aliment d'une teneur de 1,51 g à 2,69g de phosphore digestible par kilo.

Nous pouvons conclure que le risque de formuler un aliment avec une teneur en P insuffisante est nettement plus important dans la situation A, où le phosphore inorganique est remplacé par la phytase. Par ailleurs, l'utilisation d'une plus grande quantité de phosphates minéraux pour prévenir une carence en P n'entraîne qu'un surcoût très faible.

## Conclusions

Nous pouvons conclure que l'utilisation de phytase joue un rôle important dans la formule commerciale des aliments. Cependant, dans différents cas (système d'alimentation humide chez les porcs, aliments concentrés pour les poulets, par exemple), la quantité de phosphore phytatique est souvent trop faible pour obtenir un effet optimal tel qu'il est indiqué comme valeur matricielle. De plus, la relation entre la teneur en phytase microbienne et la libération de phosphore n'est pas linéaire.

Subdiviser la phytase en deux ou trois valeurs matricielles permettrait d'améliorer l'estimation de la quantité de phosphore digestible/disponible contenue dans l'aliment et ainsi, de prévenir toute sous-estimation ou surestimation de la teneur en phosphore digestible d'un aliment, ce qui est souvent le cas avec les aliments contenant un taux élevé de phytase intrinsèque (aliments à base de blé/d'orge). Mais l'action de la phytase sur la teneur en phosphore digestible est surtout plus aléatoire que dans le cas de phosphates alimentaires inorganiques, ce qui entraîne une élévation importante du coefficient de variation.

Par conséquent, subdiviser la libération de phosphore par la phytase en deux ou trois étapes et prendre en compte la quantité de phosphore phytatique ainsi que le taux de phytase intrinsèque dans l'aliment, sont deux mesures qui permettront de réduire le risque d'une teneur en P digestible trop faible. Ces mesures auront un impact négligeable sur le prix de l'aliment.

Il fosforo (P) è un minerale molto importante nell'alimentazione animale. Un apporto di fosforo inferiore al fabbisogno causa la riduzione nel tasso di crescita e danni alla salute degli animali.

Nell'alimentazione animale, il fosforo viene fornito da sostanze nutritive che comprendono fosfati alimentari inorganici. L'enzima fitasi a volte è previsto nell'alimentazione allo scopo di rilasciare il fosforo contenuto nelle sostanze alimentari vegetali, che è presente come fosforo legato alla fitasi. Questa forma di fosforo praticamente non è disponibile per gli animali monogastrici.

La fitasi è in grado di scomporre il fosforo legato all'acido fitico (inositolo-6-fosfato) in fosfati a basso contenuto di inositolo. Per una reazione ottimale degli enzimi ci deve essere un sostrato sufficiente (fitato) per la scomposizione. In ogni caso, l'apporto di P legato alla fitasi varia nei diversi regimi alimentari. Dal punto di vista del rilascio di P assimilabile, il contenuto di P legato al fitato può dare conseguenze negative in caso di sovra stimolazione degli effetti della fitasi, in particolar modo nell'alimentazione concentrata dei polli, nel mangime umido per suini e nell'alimentazione dei maiali giovani.

## Valori di equivalenza del fosforo della fitasi

Il valore di equivalenza del fosforo viene utilizzato per descrivere il valore di ricambio o di sostituzione della fitasi ed è definito come la quantità di P inorganico che può essere prodotto da una determinata quantità di fitasi aggiunta. È chiamato anche valore di matrice per fitasi e utilizzato nei modelli di ottimizzazione a basso costo per la formulazione dei mangimi.

Per motivi di semplicità viene normalmente usato un solo valore di matrice per tutti i tassi di inclusione. Comunque, per tutti gli enzimi, il rapporto tra il contenuto di fitasi dei mangimi e la quantità di P assimilabile rilasciato segue una curva asintotica. L'efficacia in termini di g di P rilasciati per unità di fitasi diminuisce all'aumentare del tasso di inclusione della fitasi. Per ottenere una formulazione del mangime più affidabile, che eviti una sovra stimolazione del contenuto di P assimilabile nell'alimentazione, è perciò consigliabile lavorare con due o tre valori di matrice differenti.

A seconda delle condizioni sperimentali, la quantità di P assimilabile prodotta dall'uso della fitasi varia ampiamente tra gli esperimenti. Fattori importanti che influiscono sul funzionamento della fitasi sono, tra gli altri: alti livelli di calcio, lo stato fisiologico dell'animale e la composizione dell'alimentazione.

Sulla base della documentazione, l'equivalenza di 500 FTU di fitasi per kg di mangime può essere calcolata tra 0,65 e 0,75g di P assimilabile nei mangimi per suini e polli (P disponibile). Questo è inferiore allo standard consigliato di 0,8g di equivalenza di fosforo. In caso di alimentazione basata su sostanze alimentari con un livello relativamente alto di fitasi intrinseca come grano, orzo e sottoprodotti dei cereali, l'effetto della fitasi diminuisce ulteriormente, nel qual caso il valore di equivalenza del P sarà tra 0,43 e 0,55g P assimilabile.

## Effetti non fosforosi della fitasi

Secondo diversi studi, oltre all'effetto del fosforo, la fitasi ha il potenziale per migliorare l'assimilabilità del Ca e/o degli aminoacidi. Questo effetto supplementare, naturalmente, aumenta considerevolmente il valore economico della fitasi.

Infatti il valore della fitasi per i polli è costituita per più del 70% dal risultato di questo cosiddetto effetto non fosforoso. Con i suini, tuttavia, il 75% del valore economico è il risultato di un aumento nell'assimilabilità del P. Per semplicità nei calcoli, l'effetto dose-risposta non è stato preso in considerazione. Questo effetto sarà comunque valido per l'effetto non fosforoso della fitasi.

## Diminuzione del rischio della sottointegrazione del P

C'è sempre una variazione nel contenuto nutrizionale dell'alimentazione a causa del mutamento naturale delle sostanze nutritive, motivo per il quale è normalmente previsto un margine di sicurezza. I valori richiesti per il P assimilabile o disponibile sono notevolmente diminuiti negli ultimi decenni grazie al basso margine di sicurezza nella formulazione di P. Una bassa variazione per il contenuto di P assimilabile/disponibile è diventata quindi più importante.

I coefficienti di variazione per le diverse fonti di P possono essere ricavati dalla documentazione. Per le sostanze nutritive vegetali il coefficiente è del 10-20%, per i fosfati da sostanze minerali è del 10% e per il P liberato dalla fitasi arriva fino al 40%. Sulla base di queste cifre, si è calcolata la variazione del P assimilabile nel mangime per suini con un fabbisogno di 2,1g/kg per due diverse situazioni A & B.

Nella situazione A, nella quale la fitasi dovrebbe liberare 0,8g di P assimilabile per kg di mangime, il 95% degli animali riceverà un'alimentazione con un contenuto di P assimilabile compreso tra 1,37 e 2,83g/kg. Per la situazione B nella quale solo 0,5g di P assimilabile sono forniti dalla fitasi, e 0,3g/kg sono sostituiti da un ampio utilizzo di fosfati da alimentazione minerale, questi sono tra 1,51g e 2,69g di P/kg assimilabile.

Si può concludere che il rischio di formulare un mangime con un contenuto di P inferiore al fabbisogno è sostanzialmente maggiore nella situazione A, nella quale il P minerale viene sostituito dalla fitasi. Dall'altro lato, nella situazione B, in cui viene usata una quantità maggiore di fosfato da sostanze minerali per evitare la sottointegrazione del P, il costo supplementare è molto basso.

## Conclusioni

Si può concludere che l'uso della fitasi ha un ruolo importante nella formulazione commerciale dei mangimi. Comunque in diversi casi (per es. sistemi di alimentazione umida per suini, mangimi concentrati per polli) il fosforo legato alla fitasi spesso è troppo basso per raggiungere un effetto ottimale come valore di matrice. Anche il rapporto tra il contenuto di fitasi microbica e il rilascio di fosforo non è lineare.

La suddivisione della fitasi in due o tre valori di matrice migliorerà la stima del contenuto di fosforo assimilabile/disponibile nel mangime ed eviterà quindi l'eccessiva sovra- o sottostima del fosforo assimilabile presente nel mangime. Questo è il caso di mangimi che contengono un alto livello di fitasi intrinseca (alimentazione a base di grano e orzo). Oltre a tutto, l'effetto della fitasi sul contenuto di fosforo assimilabile è maggiormente variabile rispetto a fosfati da mangimi minerali, che causano un coefficiente di variazione sostanzialmente più alto.

Quindi, suddividere il rilascio di fosforo tramite fitasi in due o tre fasi e prendere in considerazione il contenuto del P legato alla fitasi e il livello di fitasi intrinseco nel mangime diminuirà il rischio di un livello troppo basso di fosforo assimilabile/disponibile. Questo avrà un effetto irrilevante sul prezzo del mangime.

# Resumo

O fósforo (P) é um mineral muito importante na nutrição animal. Caso o aporte de fósforo seja inferior aos requisitos, tal resultará numa redução da taxa de crescimento e em problemas de saúde nos animais.

O P nas rações para animais origina-se a partir de matérias-primas que incluem fosfatos inorgânicos. A enzima fitase é por vezes incluída nas dietas para disponibilizar o P contido em matérias-primas vegetais, presente na forma de P fítico. Esta forma de P tem uma baixa disponibilidade no caso dos animais monogástricos.

A fitase tem a capacidade de quebrar a ligação P - ácido fítico (inositol-6-fosfato) em fosfatos de inositol de peso molecular mais baixo. A actividade enzimática é optimizada na presença de substrato suficiente (fitatos). No entanto, a quantidade de P fítico varia com as dietas. O teor de P fítico pode ser crítico, resultando numa sobre-estimativa do efeito da fitase como promotora da digestibilidade do P, especialmente em dietas concentradas para frangos, alimentação líquida para suínos e nas dietas formuladas para leitões.

## Unidades de P equivalente da fitase

O valor Unidades de P equivalente é utilizado para descrever o valor de substituição da fitase e é definido como a quantidade de P digestível que pode ser produzida por uma dada quantidade de fitase adicionada e determina o valor na matriz da fitase utilizado nos modelos de optimização a "custo mínimo" na formulação de rações.

Por razões de simplicidade, utiliza-se normalmente um único valor na matriz para todas as taxas de inclusão. No entanto, tal como acontece com todas as enzimas, a relação entre o conteúdo de fitase no alimento e a quantidade de P digestível resultante é representada por uma curva assintótica. A eficácia em termos de g de P libertado por unidade de fitase decresce com o aumento da taxa de incorporação de fitase. Assim, é aconselhável trabalhar com dois ou três valores diferentes na matriz, para que a formulação do alimento seja mais fiável, evitando sobrestimar o conteúdo de P digestível na dieta.

Dependendo das condições experimentais, a quantidade de P digestível resultante da utilização de fitase varia bastante entre diferentes experiências. Os factores mais importantes que influenciam a actividade da fitase são, entre outros: níveis elevados de cálcio, o estado fisiológico do animal e a composição da dieta.

Com base na bibliografia, a equivalência de 500 FTU de fitase por kg de ração pode ser calculada como estando compreendida entre os 0,65 e 0,75g de P digestível em dietas para suínos e frangos (P disponível). Estes valores são inferiores à recomendação standard de 0,8 g de equivalência em P digestível. No caso de dietas baseadas em matérias-primas com um nível intrínseco de fitase relativamente elevado, tais como trigo, cevada e subprodutos de cereais, o efeito da fitase é reduzido, sendo o valor de equivalência em P compreendido entre os 0,43 - 0,55g de P digestível.

## Efeitos da fitase em relação a outros parâmetros

De acordo com vários estudos, para além do efeito sobre a absorção de P, a fitase tem também a capacidade de melhorar a digestibilidade do Ca e/ou dos aminoácidos. Este efeito adicional irá, evidentemente, aumentar consideravelmente o valor económico da fitase.

De facto, o valor da fitase no caso de frangos é, em mais de 70%, resultante destes efeitos sobre outros parâmetros que não o fósforo. No entanto, no caso dos suínos, 75% do valor económico resulta do seu efeito promotor da digestão de P. Para simplificar estes cálculos, o efeito dose - resposta não foi tido em consideração. No entanto, este efeito será também válido nos casos em que não é relacionado com o P da fitase.

## Redução do risco de suplementação insuficiente de P

Existe sempre uma variação no conteúdo dos diversos nutrientes nas dietas, devido à variabilidade natural das matérias-primas utilizadas na produção de rações para animais. Assim, normalmente, considera-se uma margem de segurança. Os valores requeridos de P digestível ou disponível reduziram-se marcadamente durante as últimas décadas, resultando numa margem de segurança baixa relativa ao P nas formulações das dietas. Assim, está a tornar-se cada vez mais importante que a variação de P digestível/disponível seja baixa.

Os coeficientes de variação de diferentes fontes de P podem ser determinados a partir da literatura. No caso de matérias-primas de origem vegetal o coeficiente encontra-se entre 10 - 20%; no caso de fosfatos minerais este valor é de 10%; e no caso do P libertado pela fitase este atinge os 40%. Com base nestes valores, é possível calcular a variação do teor em P digestível numa ração para suínos com um requisito de 2,1g/kg de P digestível para duas situações A e B.

Na situação A, na qual a fitase supostamente resulta em 0,8g de P digestível por kg de ração, 95% dos animais irão receber uma dieta com um conteúdo em P digestível entre 1,37 e 2,83g/kg. Na situação B, na qual apenas 0,5g de P digestível por kg são fornecidos pela fitase, 0,3g/kg são substituídos por um uso superior de fosfatos minerais para rações, esta estará entre 1,51 e 2,69g de P digestível/kg.

Pode concluir-se que o risco de formular uma dieta com um conteúdo de P digestível abaixo dos requisitos é substancialmente mais elevado na situação A, na qual o P mineral é substituído pela fitase. Por outro lado, na situação B, na qual a taxa de incorporação de fosfatos minerais nas rações é mais elevada para evitar o suplemento insuficiente em P, o custo extra é muito baixo.

## Conclusões

Pode concluir-se que a utilização de fitase tem um papel importante na formulação comercial de alimentos para animais. No entanto, em casos diferentes (p. ex. em sistemas de alimentação líquida de suínos, dietas concentradas de frangos), o P fítico é frequentemente demasiado reduzido para permitir atingir um efeito óptimo tal como é dado pelo valor da matriz. Da mesma forma, a relação entre o conteúdo de fitase microbiana e a libertação de fósforo não é linear.

Atribuir à fitase dois ou três valores na matriz irá tornar mais fiável a estimativa do conteúdo de fósforo digestível/disponível na dieta, evitando a sub ou sobre-estimativa do mesmo. Este é, especialmente, o caso dos alimentos que contêm um nível elevado de fitase intrínseca (dietas baseadas em trigo/cevada). Acima de tudo, o efeito da fitase sobre o conteúdo de fósforo digestível é mais variável que no caso dos fosfatos minerais para rações, resultando num coeficiente de variação substancialmente mais elevado.

Desta forma, subdividir a libertação de fósforo pela fitase em dois ou três passos e entrar em conta com o conteúdo de P fítico, bem como com o nível de fitase intrínseca do alimento irá reduzir o risco de fornecer um nível demasiado baixo de fósforo digestível/disponível. Tal apenas terá um efeito negligenciável sobre o preço da ração.