



Česky

Po slovensky

Magyar

Polski

По-руски

Hrvatski

Srpski

Závěrečné shrnutí

Závěrečné zhrnutie

Összefoglalás

Abstrakt

Резюме

Sažetak

Sažetak

## Optimising phosphorus utilisation in pig and poultry diets

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



# Závěrečné shrnutí

Fosfor (P) je velmi důležitý minerální prvek ve výživě zvířat. Pokud je příjem fosforu nedostatečný, výsledkem bude snížená míra růstu a negativně ovlivněné zdraví zvířat.

Fosfor obsažený v krmivech pochází z krmných surovin, které zahrnují také anorganické krmné fosfáty. Enzym fytáza bývá zařazen do krmiv proto, aby uvolňoval fosfor v surovinách rostlinného původu, kde je přítomen ve formě fytátově vázaného fosforu. Tato forma fosforu je pro monogastrická zvířata prakticky nevyužitelná.

Fytáza je schopna uvolnit fytátově vázaný fosfor (inositol-6-fosfát) na nižší inositol fosfáty. Pro optimální enzymatickou reakci by mělo být pro rozštěpení vazby přítomno dostatečné množství substrátu (fytátu). Nicméně množství fosforu vázaného na fytát se v jednotlivých krmivech liší. Obsah fytátově vázaného fosforu může být kritický a výsledkem může být nadhodnocení efektu fytázy z hlediska uvolnění stravitelného fosforu, zvláště v koncentrovaných krmivech pro brojlery, v mokřém krmivu pro prasata a krmivech pro selata.

## Ekvivalentní hodnoty fosforu s fytázou

Ekvivalentní hodnota fosforu se používá k popsání náhrady nebo hodnoty náhrady fytázy a je definována jako množství anorganického fosforu, který lze vyprodukovat pomocí daného množství přidané fytázy. Nazývá se rovněž zápočtovým ekvivalentem pro fytázu, který se používá v optimalizačních programech pro snižování nákladů při výrobě krmiv.

Z důvodů zjednodušení se pro všechny dávky běžně používá jedna hodnota ekvivalentu. Nicméně stejně jako u všech enzymů je vztah mezi obsahem fytázy a množstvím uvolněného stravitelného fosforu dán asymptotickou křivkou. Účinnost ve smyslu množství uvolněného P na jednotku fytázy se snižuje se zvyšujícím se dávkou fytázy. Proto je doporučováno pracovat se dvěma nebo třemi zápočtovými ekvivalenty, aby bylo dosaženo spolehlivějšího složení krmiv a předešlo se nadhodnocení obsahu stravitelného P v krmivu.

V závislosti na experimentálních podmínkách se množství stravitelného P uvolněné při pokusech pomocí fytázy výrazně liší. Mezi důležité faktory, které mají dopad na funkci fytázy, patří mimo jiné: vysoké hladiny vápníku, fyziologický stav zvířete a složení krmiva.

Podle literatury se vypočtený ekvivalent 500 FTU fytázy na kilogram krmiva pro prasata a brojlery pohybuje v rozpětí 0,65 a 0,75g stravitelného P (využitelného P). To je méně než standardní doporučení ekvivalentu 0,8g stravitelného P. V případě krmiv založených na rostlinných survinách s relativně vysokou úrovní vlastní fytázy jako je pšenice, ječmen a vedlejší obilné produkty, je efekt fytázy snížen a v takovém případě je hodnota ekvivalentu P mezi 0,43 až 0,55g stravitelného P.

## Účinky fytázy nesouvisející s uvolňováním fosforu

Kromě účinku na P má fytáza podle různých studií potenciál ke zvýšení stravitelnosti Ca nebo aminokyselin. Tento dodatečný efekt samozřejmě výrazně zvýší ekonomickou hodnotu fytázy.

Pro brojlery je ve skutečnosti hodnota fytázy z více než 70% tvořena právě těmi tzv. vedlejšími nefosforovými účinky. U prasat však činí 75% ekonomické hodnoty fytázy výsledek ze zvýšení obsahu stravitelného P. Pro zjednodušení nebyl v těchto výpočtech uvažován vliv dávky na účinek. Tento efekt nicméně rovněž přispívá k účinku fytázy nesouvisejícího s fosforem.

## Snížení rizika nedostatečné dodávky P

Obsah živin v krmivech vždy kolísá vzhledem k přirozeným odchylkám v krmných survinách a proto je normálně zahrnován bezpečnostní interval. Požadované hodnoty stravitelného nebo využitelného P se během posledních desetiletí výrazně snížily, což mělo za následek malý bezpečnostní interval pro P v recepturách krmiv. Nízká odchylka obsahu stravitelného/využitelného P se tudíž stává stále důležitější.

Koeficienty odchylky pro různé zdroje P lze vypočítat na základě dostupné literatury. Pro rostlinné suroviny je koeficient 10 - 20%, pro anorganické krmné fosfáty je to 10% a pro P uvolněný fytázou je to až 40%. Na základě těchto údajů lze vypočítat odchylku obsahu stravitelného P v krmivech pro prasata s požadavkem 2,1g/kg stravitelného P pro různé alternativy A a B.

V případě A, kdy se předpokládá, že fytáza dodá 0,8 g stravitelného P na kg krmiva, obdrží 95% zvířat krmivo s obsahem stravitelného P mezi 1,37 a 2,83g/kg. V případě B, kde je fytázou dodáno pouze 0,5g stravitelného P na kg, je 0,3g P/kg nahrazeno vyšším využitím fosfátů v minerálním krmivu, tj. rozpětí mezi 1,51 a 2,69g/kg stravitelného P/kg.

Z toho můžeme učinit závěr, že nebezpečí výroby krmiva s nižším obsahem stravitelného P než je požadováno je výrazně vyšší v případě A, kdy je minerální P nahrazen fytázou. Na druhé straně v případě B, kdy je použit vyšší obsah fosfátů v minerální formě jako prevence možného poddávkování P, jsou dodatečné náklady velmi nízké.

## Závěr

Můžeme učinit závěr, že využití fytázy má důležitou roli při komerční výrobě krmiv. Nicméně v některých případech (např. u mokřého systému krmení u prasat, u koncentrovaných krmiv pro brojlery) je obsah fosforu vázaného na fytát často příliš nízký, aby bylo dosaženo optimálního účinku daného zápočtovým ekvivalentem. Také vztah mezi obsahem mikrobiální fytázy a uvolněním fosforu není lineární.

Dalším rozdělením fytázy do dvou nebo tří zápočtových ekvivalentů se zlepšil odhad obsahu stravitelného/využitelného fosforu v krmivu a tudíž zabránil podhodnocení nebo nadhodnocení obsahu stravitelného fosforu v krmivu. To platí zvláště pro krmiva obsahující vysokou hladinu vlastní fytázy (krmiva založená na pšenici/ječmeni). Navíc účinek fytázy na obsah stravitelného fosforu je mnohem variabilnější než v případě anorganických krmných fosfátů, což má za následek výrazně vyšší koeficient odchylky.

Proto se dalším rozdělením uvolňování fosforu fytázou do dvou nebo tří kroků a zvážení obsahu P vázaného fytátem a hladiny obsahu vlastní fytázy v krmivu sníží nebezpečí příliš nízké úrovně stravitelného/využitelného fosforu. Na finální cenu krmiva to bude mít pouze zanedbatelný vliv.

# Záverečné zhrnutie

Fosfor je veľmi dôležitým minerálom vo výžive zvierat. Nedostatočný prísun fosforu vedie k spomaleniu rastu a poškodeniu zdravia zvierat.

Fosfor v krmivách pre zvieratá pochádza z krmív obsahujúcich anorganické fosforečnany. Do potravy sa občas pridá enzým fytáza, aby uvoľnil fosfor viazaný vo fytátoch v krmivách rastlinného pôvodu. Fosfor je v takej forme pre monogastrické zvieratá prakticky nedostupný.

Fytáza je schopná odbúrať fosfor viazaný na kyselinu fytovú (inozitol-6-fosfát) na jednoduchšie inozitol-fosfáty. Enzymová reakcia pre optimálne odbúranie vyžaduje prítomnosť dostatočného množstva substrátu (fytátu). Množstvo fosforu viazaného vo fytátoch sa však v rôznych potravinách líši. Obsah fosforu viazaného vo fytátoch môže byť kritický a výsledkom môže byť nadhodnotenie účinku fytázy z hľadiska uvoľnenia stráviteľného fosforu, najmä v koncentrovanom krmive pre brojlery, v mokrom krmive pre ošípané a v krmive pre prasiatka.

## Ekvivalentné hodnoty fosforu s fytázou

Ekvivalentná hodnota fosforu sa používa na popísanie hodnoty náhrady fytázy a je definovaná ako množstvo anorganického fosforu, ktorý je možno vyprodukovať pomocou daného množstva pridanej fytázy. Nazýva sa tiež maticová hodnota pre fytázu a používa sa v modeloch optimalizácie „najnižších nákladov“ pre zloženie krmiva.

Pre jednoduchosť sa väčšinou používa jedna maticová hodnota pre všetky miery zahrnutia. Na druhej strane však – ako u všetkých enzýmoch – je vzťah medzi obsahom fytázy a množstvom uvoľneného stráviteľného fosforu daný asymptotickou krivkou. Efektivita s ohľadom na množstvo uvoľneného fosforu na jednotku fytázy sa znižuje so zvyšujúcou sa mierou zahrnutia fytázy. Je preto vhodné pracovať s dvomi alebo tromi maticovými hodnotami, aby sa dosiahlo spoľahlivejšie zloženie krmiva a predišlo sa nadhodnoteniu obsahu stráviteľného fosforu v krmive.

V závislosti od experimentálnych podmienok sa množstvo stráviteľného fosforu vyprodukovaného pomocou fytázy pri pokusoch výrazne líši. Medzi dôležité faktory, ktoré majú dopad na funkciu fytázy, patria mimo iné: vysoké hladiny vápnika, fyziologický stav zvieratá a zloženie krmiva.

Podľa literatúry sa vypočítaný ekvivalent 500 FTU fytázy na kilogram krmiva pohybuje medzi 0,65 a 0,75g stráviteľného (využiteľného) fosforu v krmive pre ošípaných a brojlery. To je menej než štandardné odporúčanie ekvivalentu 0,8g stráviteľného fosforu. V prípade potravy založenej na krmivách s relatívne vysokou úrovňou vlastnej fytázy ako je pšenica, jačmeň a vedľajšie obilné produkty sa efekt fytázy znižuje a v takom prípade je hodnota ekvivalentu fosforu medzi 0,43 až 0,55g stráviteľného fosforu.

## Ďalšie (s fosforom nesúvisiace) účinky fytázy

Okrem účinku na fosfor má fytáza podľa rôznych štúdií potenciál na zvýšenie stráviteľnosti vápnika a aminokyselín. Tento dodatočný efekt samozrejme výrazne zvýši ekonomickú hodnotu fytázy.

Hodnota fytázy pre brojlery je v skutočnosti viac než 70% výsledku týchto takzvaných účinkov nesúvisiacich s fosforom. U ošípaných však činí 75 % ekonomickej hodnoty výsledok zo zvýšenia stráviteľného fosforu. Pre zjednodušenie sa v týchto výpočtoch nezohľadňoval efekt reakcie na dávku. Tento efekt však tiež prispieva k účinkom fytázy nesúvisiacich s fosforom.

## Zníženie rizika nedostatočnej dodávky fosforu

Obsah živín v krmných dávkach sa vždy líši vzhľadom na prirodzené odchýlky v krmivách, a preto sa normálne zahŕňa bezpečnostná rezerva. Požadované hodnoty stráviteľného alebo využiteľného fosforu sa počas posledných desaťročí výrazne znížili, čo malo za následok malé bezpečnostné rezervy pre fosfor v zložení krmnej dávky. Malá odchýlka obsahu stráviteľného/využiteľného fosforu sa preto stáva stále dôležitejšou. Koeficienty odchýlky pre rôzne zdroje fosforu je možné vypočítať na základe dostupnej literatúry.

Pre krmivá rastlinného pôvodu je koeficient 10 - 20%, u fosfátov v minerálnych krmivách 10% a pre fosfor uvoľnený fytázou až 40%. Na základe týchto údajov je možné vypočítať odchýlku obsahu stráviteľného fosforu v krmive pre ošípané s požiadavkou 2,1g/kg stráviteľného fosforu pre rôzne situácie A a B.

V prípade A, kde sa predpokladá, že fytáza dodá 0,8g stráviteľného fosforu na kg krmiva, obdrží 95% zvierat krmivo s obsahom stráviteľného fosforu medzi 1,37 a 2,83g/kg. V prípade B, kde sa predpokladá, že fytáza dodá iba 0,5g stráviteľného fosforu na kg, nahradí 0,3g/kg vyššie využitie fosfátov v minerálnom krmive, a tak je obsah stráviteľného fosforu medzi 1,51 a 2,69g/kg.

Môžeme urobiť záver, že nebezpečie vytvorenia potravy s nižším obsahom stráviteľného fosforu, než je požadovaný, je výrazne vyššie v prípade A, kde sa minerálny fosfor nahradí fytázou. Na druhej strane v prípade B, kde sa vyšší obsah fosfátov v minerálnom krmive používa k zabráneniu nedostatočnej dodávky P, sú dodatočné náklady veľmi

## Záver

Môžeme vyvodiť záver, že využitie fytázy hrá dôležitú rolu v príprave komerčných krmív. V niektorých prípadoch (napr. pri mokrom kŕmení ošípaných alebo pri koncentrovaných krmných zmesiach pre brojlery) je však obsah fosforu viazaného na fytát často príliš nízky pre dosiahnutie optimálneho účinku daného maticovou hodnotou. Ďalej, vzťah medzi obsahom mikrobiálnej fytázy a uvoľnením fosforu nie je lineárny.

Ďalším rozdelením fytázy do dvoch alebo troch maticových hodnôt sa zlepšuje odhad obsahu stráviteľného/využiteľného fosforu v potrave a dá sa tak zabrániť podhodnoteniu alebo nadhodnoteniu obsahu stráviteľného fosforu v potrave. To platí zvlášť v prípade krmív obsahujúcich vysokú úroveň vlastnej fytázy (krmivá založené na pšenici/jačmeni). Účinok fytázy na obsah stráviteľného fosforu je predovšetkým variabilnejší než v prípade fosfátov v minerálnom krmive, čo má za následok výrazne vyšší koeficient odchýlky.

Preto sa ďalším rozdelením uvoľňovania fosforu fytázou do dvoch alebo troch krokov a zohľadnením obsahu fosforu viazaného vo fytátoch a úrovne vlastnej fytázy zníži nebezpečie príliš nízkej úrovne stráviteľného/využiteľného fosforu. Na cenu krmiva to bude mať len zanedbateľný dopad.

# Összefoglalás

A foszfor rendkívül fontos ásványi anyag az állatok táplálkozásában. Ha a foszforbevitel nem éri el a szükséges szintet, ez a növekedés lassulását és egészségkárosodást okozhat az állatoknál.

A takarmányban található foszfor különböző alapanyagokból, köztük szervesen takarmányfoszfátokból származik. Az étrendben időnként a fitáz enzim is szerepel, mely fel tudja szabadítani a fitáthoz kötött foszfort a növényi takarmányokban. Az ilyen formájú foszfort az egygyomrú állatok gyakorlatilag képtelenek hasznosítani.

A fitáz képes a fitinsav által megkötött foszfor (inozitol-6-foszfát) egyszerűbb inozitol-foszfátokra történő lebontására. Az optimális enzimreakció biztosítása érdekében elegendő szubsztrátnak (fitátnak) kell jelen lennie a lebontáshoz. A fitáthoz kötött foszfor mennyisége azonban étrendenként különbözik. Ez a mennyiség kritikus kérdés, a fitáz hatása az emészthető foszfor felszabadítása terén könnyen túlbecsülhető, különösen a koncentrált broilertápok, a nedves sertéstakarmányok és a malactápok esetében.

## A fitáz foszforekvivalencia-értékei

A fitáz helyettesítési értékét leíró foszforekvivalencia-érték az adott mennyiségű hozzáadott fitáz segítségével nyerhető szervesen foszfor mennyiségét határozza meg. A fitáz mátrixértékének is nevezett érték a takarmánykialakítás „minimálköltséges” optimalizációs modelljeiben használatos.

Az egyszerűség kedvéért általában minden egyes beépülési arányhoz csak egy mátrixértéket használnak. Ugyanakkor, mint minden enzim esetében, a takarmány fitáz tartalma és a felszabadított emészthető foszfor mennyisége közötti viszony egy aszimptotikus görbével fejezhető ki. A fitáz növekvő beépülési arányával csökken a fitázegységenkénti felszabadított foszfor gramm-mennyiségével (g) kifejezett hatékonyság. Tanácsos tehát két-három különböző mátrixértékkel dolgozni, megbízhatóbbá téve a takarmánykialakítást, s ezzel megelőzve az étrend emészthetőfoszfát-mennyiségének túlbecsülését.

A fitáz használatával felszabadított emészthető foszfor mennyisége a kísérleti körülményektől függően nagyfokú eltérést mutatott az egyes kísérletek között. A fitáz működésére egyebek mellett a következő fontos tényezők vannak hatással: a magas kalciumszint, az állat fiziológiai állapota és az étrend összetétele.

A szakirodalom alapján a takarmánykilogrammonkénti 500 FTU fitáz ekvivalenciaértéke a számítások alapján 0,65 és 0,75g emészthető (hasznosítható) foszfor a sertés- és broilertápokban. Ez elmarad a rendszeren javasolt 0,8g emészthető ekvivalens foszformennyiségtől. A viszonylag magas valódi fitáz tartalommal rendelkező takarmányokra, például búzára, árpára és gabona-melléktermékekre épülő étrendek esetében a fitáz hatása csökken, s így a foszfor ekvivalenciaértéke 0,43 - 0,55g emészthető foszfor lesz.

## A fitáz egyéb, nemfoszforos hatásai

Különböző tanulmányok szerint a fitáz a foszforfelszabadító hatás mellett a kalcium és/vagy az aminosavak emésztését is javítja. Ez a kiegészítő hatás természetesen jelentősen növeli a fitáz gazdasági értékét.

Brojlerek esetén a fitáz értékének több mint 70%-át az ún. nemfoszforos hatások adják. Sertéseknél ezzel szemben a gazdasági érték 75%-a foszfor emésztésének javításából származik. Ezekben a számításokban az egyszerűség kedvéért a dózis-hatás összefüggést nem vették figyelembe. Ez az effektus azonban a fitáz nemfoszforos hatásában is érvényesül.

## Az elégtelen foszforkiegészítés veszélyének csökkentése

A takarmányok természetes ingadozása miatt az étrendek tápanyagtartalmában mindig vannak bizonyos eltérések, ezért általában biztonsági többletet alkalmaznak. Az utóbbi évtizedek során az emészthető vagy hasznosítható foszfor esetében jelentősen csökkentek a szükségleti értékek, így kisebb biztonsági foszfortöbblettel kell számolni az étrend kialakításában. Így még fontosabbá vált, hogy az emészthető/hasznosítható foszfor mennyisége kisebb mértékben ingadozzon.

A különböző foszforforrásokra vonatkozó relatív szórás a szakirodalom alapján kiszámítható. A növényi takarmányok esetében a szórás 10 - 20%-os, az ásványi takarmányok foszfátjai esetében 10%-os, a fitáz által felszabadított foszfor esetében pedig a 40%-ot is eléri. Ezen adatok az alapján kiszámítható, hogy milyen a szórása a sertéstakarmány emészthető foszfortartalmának 2,1g/kg-os emészthetőfoszfor-szükséglet esetén, két különböző („A” és „B”) esetben.

„A” esetben, melyben feltételezzük, hogy a fitáz takarmánykilogrammonként 0,8 g emészthető foszfort biztosít, az állatok 95%-a 1,37 és 2,83g/kg közötti emészthetőfoszfor-tartalmú tápot kap. „B” esetben, ahol a fitáz mindössze 0,5g kilogrammonkénti emészthető foszfort biztosít, 0,3g/kg pedig az ásványi takarmányok foszfátjainak nagyobb mértékű használatából származik, az emészthető foszfor mennyisége 1,51 - 2,69g/kg.

Azt a következtetést vonhatjuk le tehát, hogy „A” esetben, ahol az ásványi foszfort a fitáz hatásával helyettesítik, lényegesen nagyobb annak a veszélye, hogy az így kialakított étrendben az emészthető foszfor mennyisége elmarad a szükségletektől. Ráadásul „B” esetben, ahol nagyobb mennyiségű ásványitakarmány-foszfát használatával előzik meg az elégtelen foszforkiegészítést, nagyon alacsonyak a többletköltségek.

## Következtetések

Az a következtetés vonható le, hogy a fitáz használata jelentős szerepet játszik a kereskedelmi forgalomba kerülő takarmányok kialakításában. Bizonyos esetekben (pl. nedves sertéstakarmányozási rendszer, koncentrált broilertápok) azonban a fitáthoz kötött foszfor gyakran túlságosan alacsony szintű ahhoz, hogy elérje a mátrixértékként kifejezett optimális hatást. Ugyanakkor a mikrobiás fitáz mennyisége és a foszforfelszabadítás közötti összefüggés nem lineáris.

Ha a fitáz tovább osztjuk két vagy három mátrixértékre, az javítja az étrend emészthető/hasznosítható foszfortartalmának becslését, megelőzve az emészthetőfoszfor-tartalom alá- vagy túlbecsülését az étrendben. Ez különösen érvényes a magas valódi fitáz tartalommal rendelkező takarmányokra (búza/árpa alapú étrendek). Ezenfelül a fitáz hatása az emészthetőfoszfor-tartalomra nagyobb ingadozást mutat, mint az ásványi takarmányok foszfátjai, lényegesen nagyobb szórási értékhez vezetve.

Ha tehát két vagy három lépésre osztjuk a fitázzal történő foszforfelszabadítást, és figyelembe vesszük a fitáthoz kötött foszfor mennyiségét és a valódi fitáz szintjét a takarmányban, csökken annak a veszélye, hogy a túlságosan alacsony lesz az emészthető/hasznosítható foszfor szintje. Mindez elhanyagolható hatással van a takarmány árára.

Fosfor (P) jest bardzo ważnym składnikiem zwierzęcej diety. Niedobór fosforu może powodować zmniejszone tempo wzrostu i pogorszenie zdrowia zwierząt.

Fosfor w paszach zwierzęcych pochodzi ze składników paszy, w tym z pasz z zawartością fosforanów nieorganicznych. Fitaza to enzym włączany czasami do diety w celu uwolnienia fosforu z paszy roślinnej, w której jest obecny w postaci fitynianowych związków fosforu. Fosfor w takiej postaci jest prawie nieprzyswajalny przez zwierzęta jednożołądkowe.

Fitaza powoduje rozpad wiązań fitynianowych związków fosforu (6-fosforan inozytolu) do niższych fosforanów inozytolu. Optymalne działanie enzymu wymaga obecności odpowiedniej ilości substratu (fitynianu) do rozłożenia. Jednakże zawartość fitynianowych związków fosforu różni się w zależności od paszy. Zawartość fitynianowych związków fosforu może mieć kluczowe znaczenie i powodować przecenienie działania fitazy z punktu widzenia uwalniania się przyswajalnego fosforu, szczególnie w koncentratkach paszowych dla brojlerów, paszach mokrych dla świń i paszach dla prosiąt.

## Fitaza a ilość uwolnionego fosforu

Współczynnik zastąpienia fosforu to wielkość służąca określeniu ekwiwalentu fosforu uwalnianego przez fitazę i jest definiowana jako ilość nieorganicznego P, jaka może być uwolniona przez określoną ilość dodanej fitazy. Współczynnik ten jest również określany jako wartość macierzowa fitazy i jest wykorzystywany w modelach optymalizacyjnych „najmniejszych kosztów” do opracowywania pasz.

Dla uproszczenia stosuje się jedną wartość macierzową. Jednakże, podobnie jak w przypadku pozostałych enzymów, stosunek pomiędzy zawartością fitazy w paszy a ilością uwalnianego przyswajalnego fosforu jest opisany przez krzywą asymptotyczną. Skuteczność, rozumiana jako ilość gramów uwalnianego fosforu na jednostkę fitazy, maleje wraz ze wzrostem zawartości fitazy. Zaleca się zatem posługiwanie się dwoma lub trzema różnymi wartościami macierzowymi, w celu opracowania bardziej odpowiedniej mieszanki, zapobiegając przeszacowaniu zawartości przyswajalnego fosforu w diecie.

W zależności od warunków badania, ilość przyswajalnego fosforu, uwalnianego się po podaniu fitazy różni się znacząco. Najważniejszymi czynnikami, które wpływają na działanie fitazy są m.in.: wysoki poziom wapnia, stan fizjologiczny zwierzęcia, skład diety.

Na podstawie danych literaturowych równowartość 500 FTU fitazy na kg paszy wynosi od 0,65 do 0,75g przyswajalnego fosforu w diecie świń i brojlerów (dostępny fosfor). Jest to poniżej standardowo zalecanej równowartości 0,8g przyswajalnego fosforu. W przypadku diet opartych na składnikach o stosunkowo wysokiej zawartości fitazy, takich jak pszenica, jęczmień, oraz produkty uboczne zbożowe, działanie fitazy jest obniżone i w takim przypadku równowartość fosforu wynosi od 0,43 do 0,55g przyswajalnego fosforu.

## Pozafosforowe skutki działania fitazy

Oprócz działania uwalnianego fosforu, fitaza, według różnych badań, poprawia przyswajalność wapnia i/lub aminokwasów. Dodatkowe działanie fitazy w sposób oczywisty podnosi również jej wartość ekonomiczną.

W istocie, wartość fitazy dla brojlerów wynosi ponad 70% skutku tzw. działań pozafosforowych. Jednakże u świń 75% wartości ekonomicznej bierze się ze wzrostu przyswajalności fosforu. W celu uproszczenia powyższych obliczeń nie brano pod uwagę reakcji na dawkę. Reakcja ta jednak będzie miała miejsce również w przypadku pozafosforowego działania fitazy.

## Obniżanie ryzyka niedoboru fosforu

Zróżnicowanie w zawartości składników odżywczych w dietach występuje zawsze i wynika z naturalnego zróżnicowania pasz, zatem zazwyczaj zakłada się margines bezpieczeństwa. W ciągu ostatnich kilku dziesięcioleci wymagania dotyczące zawartości przyswajalnego lub dostępnego fosforu zostały istotnie obniżone, co spowodowało powstanie niskiego marginesu bezpieczeństwa dla fosforu w diecie. Bardziej istotne staje się zatem niskie zróżnicowanie zawartości przyswajalnego/dostępnego fosforu.

Współczynnik odchylenia dla różnych źródeł fosforu można wyliczyć na podstawie danych literaturowych. W przypadku pasz roślinnych współczynnik ten wynosi 10 - 20%, w przypadku pasz z zawartością fosforanów mineralnych - 10%, a dla fosforu uwalnianego przez fitazę - do 40%. Na podstawie powyższych danych liczbowych można wyliczyć odchylenie zawartości przyswajalnego fosforu w paszy dla świń o zawartości przyswajalnego fosforu 2,1g/kg dla dwóch różnych wariantów: A i B.

W wariancie A, w którym fitaza uwalnia 0,8g przyswajalnego fosforu na kg paszy, 95% zwierząt otrzymuje paszę o zawartości przyswajalnego fosforu pomiędzy 1,37 a 2,83g/kg. W wariancie B, w którym fitaza uwalnia zaledwie 0,5g przyswajalnego fosforu na kg, pozostałe 0,3g/kg jest uzupełniane przez pasze z zawartością fosforanów mineralnych, tj. pomiędzy 1,51 a 2,69g przyswajalnego fosforu/kg.

Można wnioskować, że ryzyko opracowania diety o zawartości fosforu poniżej wymagań jest znacznie wyższe w wariancie A, w którym fosfor mineralny zastępowany jest przez fitazę. Z drugiej strony, w wariancie B, w którym stosuje się wyższą zawartość fosforu mineralnego, w celu zapobiegnięcia niedoborom fosforu, dodatkowy koszt jest bardzo niewielki.

## Wnioski

Na podstawie powyższych obserwacji można wnioskować, że stosowanie fitazy odgrywa istotną rolę w opracowywaniu pasz przemysłowych. Jednakże w różnych przypadkach (np. pasze mokre dla świń, koncentraty paszowe dla brojlerów) zawartość fitynianowych związków fosforu jest często zbyt niska, by osiągnąć optymalny efekt, który podano jako wartość macierzową. Ponadto stosunek zawartości fitazy mikrobiologicznej do uwalnianego fosforu jest nieliniowy.

Rozdzielenie fitazy na dwie lub trzy wartości macierzowe poprawia dokładność oszacowania zawartości przyswajalnego / dostępnego fosforu w diecie, tym samym zapobiegając niedoszacowaniu lub przeszacowaniu zawartości przyswajalnego fosforu w diecie. Jest to szczególnie istotne w przypadku pasz o wysokiej zawartości fitazy (opartych na pszenicy/jęczmieniu). Oprócz wyżej wymienionych działań fitazy, jej wpływ na zawartość przyswajalnego fosforu jest bardziej zróżnicowany niż w przypadku pasz z zawartością fosforanów mineralnych, co powoduje występowanie istotnie wyższego współczynnika odchylenia.

Zatem proces uwalniania fosforu przez fitazę można podzielić na dwa lub trzy etapy. Wzięcie pod uwagę zawartości fitynianowych związków fosforu oraz zróżnicowanego poziomu fitazy w paszach obniży ryzyko wystąpienia zbyt niskiego poziomu przyswajalnego/dostępnego fosforu. Wpływ na cenę paszy będzie bardzo niewielki.

# Резюме

Фосфор (P) - это весьма важный минерал в животноводческих кормах. Потребление фосфора ниже нормы приводит к снижению темпов прироста и показателей здоровья животных.

Фосфор в животноводческих кормах содержится в кормовых средствах, в том числе в неорганических кормовых фосфатах. Фермент фитаза иногда включается в рацион для высвобождения фосфора из кормов растительного происхождения, где он содержится в виде солей фитатов. Такая форма фосфора фактически недоступна для одножелудочных животных.

Фитаза способна расщеплять фитиновую кислоту, содержащую фосфор (инозитол-6-фосфат), в инозитфосфаты, соединения более низкого уровня. Для оптимальности ферментативной реакции необходимо присутствие достаточного количества субстрата (фитата), обеспечивающего расщепление. Однако количество связанного фитатами фосфора в разных рационах колеблется. Содержание связанного фитатами фосфора может иметь определяющее значение, приводя к преувеличению влияния фитазы с учетом высвобождения усвояемого фосфора, особенно в концентрированных рационах для бройлеров, полужидких кормах для свиней и в рационах для поросят.

## Эквивалентное содержание фосфора в фитазе

Эквивалентное содержание фосфора применяется для определения замещающей или заменяющей ценности фитазы и определяется как количество неорганического фосфора, которое можно получить от имеющегося количества добавленной фитазы. Она называется еще матричной ценностью фитазы и применяется для расчетов моделей оптимизации при наименьших издержках при составлении рецептур кормов.

Для упрощения, как правило, для всех норм ввода применяется одна матричная ценность. Однако, как и у всех ферментов, соотношение между содержанием фитазы в кормах и количеством усвояемого фосфора при высвобождении соответствует асимптотической кривой. В пересчете на количество эффективность высвобожденного фосфора на единицу фитазы снижается с увеличением норм ввода фитазы. Поэтому рекомендуется привлекать два или три различных матричных значения для получения более качественной рецептуры кормов во избежание переоценки содержания усвояемого фосфора в рационе.

В зависимости от условий эксперимента количество усвояемого фосфора, которое вырабатывается при использовании фитазы, имеет большой разброс значений. Существенными же факторами, которые влияют на действие фитазы, среди прочих являются высокие уровни кальция, физиологическое состояние животного и состав рациона.

Согласно имеющимся материалам, эквивалент 500 единиц фитазной активности (FTU) фитазы на 1 кг кормов по расчетам может составить 0,65 - 0,75 г усвояемого фосфора в рационах для свиней и бройлеров (доступный P). Это меньше, чем типовой рекомендованный эквивалент 0,8 г усвояемого фосфора. Если рационы составляются на основе кормовых материалов с относительно высоким содержанием собственной фитазы, например пшеницы, ячменя и отходов переработки зерна, воздействие фитазы снижается, в этом случае эквивалентное содержание фосфора составит 0,43 - 0,55 г усвояемого фосфора.

## Нефосфорическое действие фитазы

Помимо высвобождения фосфора фитаза по результатам различных исследований имеет потенциал для повышения усвояемости кальция и/или аминокислот. Этот дополнительный эффект, естественно, существенно повышает экономическую ценность фитазы.

В действительности, ценность фитазы для бройлеров более чем на 70% является результатом такого, так называемого, нефосфорического действия. Однако для свиней 75%

экономической ценности является результатом увеличения усвояемости фосфора. Для упрощения данных расчетов в учет не принимался фактор "доза-ответная реакция". Такой фактор, тем не менее, будет все же важен для нефосфорического действия фитазы.

## Снижение риска недостаточного содержания фосфора

Всегда существуют колебания в содержании питательных веществ в рационах ввиду естественных различий кормовых материалов, поэтому, как правило, закладывается коэффициент запаса. Параметры требований к усвояемому или доступному фосфору за последние десятилетия существенно снизились, приведя к понижению коэффициента запаса по фосфору в рецептурах кормов. Поэтому большее значение приобретает понижение колебаний наличия усвояемого/доступного фосфора.

Коэффициенты вариативности для различных источников фосфора можно рассчитать по данным имеющихся материалов. Для кормовых материалов растительного происхождения коэффициент составляет 10-20%, для фосфатов из неорганических источников он равен 10%, а для фосфора, высвобожденного из фитазы, значение доходит до 40%. С учетом этих данных можно рассчитать вариативность содержания усвояемого фосфора в кормах для свиней из расчета 2,1 г усвояемого фосфора на 1 кг кормов для двух разных условий А и В.

Для условия А, где фитаза должна обеспечить 0,8 г усвояемого фосфора на 1 кг корма, 95% животных получают рацион с содержанием усвояемого фосфора в диапазоне 1,37 - 2,83 г/кг. Для условия В, где фитаза дает только 0,5 г усвояемого фосфора на 1 кг, 0,3 г компенсируется повышением потребления фосфатов неорганического происхождения, что составляет 1,51 - 2,69 г усвояемого фосфора на 1 кг кормов.

В качестве вывода можно отметить, что риск составления рецептуры рациона, в котором содержание усвояемого фосфора ниже потребности, существенно выше в условиях А, где фосфор минерального происхождения замещается фитазой. С другой стороны, в случае В, где повышенное содержание фосфатов неорганического происхождения вводится для предотвращения недостаточного содержания фосфора, дополнительные издержки весьма невысоки.

## Закключение

В заключение можно отметить, что применение фитазы играет важную роль в составлении рецептур кормов производителями. Однако в различных случаях (например в системе полужидких кормов для свиней, концентрированных кормах для бройлеров) связанный фитатом фосфор зачастую содержится в слишком малой концентрации, чтобы иметь оптимальность, приведенную в матричной ценности. Также зависимость между содержанием микробной фитазы и высвобождением фосфора не является линейной.

Разделяя фитазу на два или три матричных значения, можно усовершенствовать оценку содержания усвояемого/доступного фосфора в рационе и, следовательно, избежать недо- или переоценки содержания усвояемого фосфора в рационе. Это особенно важно для кормов с высоким содержанием собственной фитазы (рационы на основе пшеницы, ячменя). И самое главное - влияние фитазы на содержание усвояемого фосфора более переменчиво, чем в случае с фосфатами неорганического происхождения, что приводит к значительно более высокому коэффициенту вариативности.

Следовательно, разделив процесс выделения фосфора из фитазы на два или три этапа и учитывая содержание связанного фитатом фосфора и уровень содержания собственной фитазы в кормах, можно уменьшить риск чересчур низкого уровня усвояемого/доступного фосфора. Все это будет иметь совсем незначительное влияние на стоимость кормов.

# Sažetak

Fosfor (P) predstavlja vrlo važan mineral u prehrani životinja. Ako je unos fosfora ispod zahtjevanog, to će rezultirati smanjenim rastom i ugroženim zdravljem životinja.

Fosfor u hranu za životinje stiže iz prehrambenih materijala uključujući anorganske prehrambene fosfate. Enzim fitaza ponekad se uključuje u prehranu kako bi oslobodio fosfor u biljnom prehrambenom materijalu koji je prisutan kao fosfor vezan na fitate. Taj oblik fosfora gotovo nije dostupan monogastričnim životinjama.

Fitaza može razbiti fosfor u fitičnoj kiselini (inositol-6-fosfat) u niže inositol fosfate. Za optimalnu enzimsku reakciju trebalo bi biti dovoljno supstrata (fitata) kako bi došlo do razbijanja. Međutim, količina fosfora vezanog u fitate razlikuje se u hrani. Sadržaj fosfora vezanog u fitate može biti kritičan, što rezultira precjenjivanjem učinaka fitaze u smislu oslobađanja probavljivog fosfora, posebno u koncentriranim načinima prehrane pilića te vlažnoj hrani za svinje i prasad.

## Vrijednosti fosfora u fitazi

Ekvivalentna vrijednost fosfora koristi se za opisivanje zamjenske vrijednosti fitaze i definirana je kao količina anorganskog fosfora koja se može proizvesti danom količinom dodane fitaze. Također se naziva i matričnom vrijednošću za fitazu i koristi se u modelima optimizacije s "najmanjim troškom" za formulaciju prehrane.

Radi jednostavnosti uobičajeno se koristi samo jedna matrična vrijednost za sve slučajeve. Međutim, kao i kod svih enzima, odnos između sadržaja fitaze u prehrani i količine probavljivog oslobođenog fosfora odgovara asimptotskoj krivulji. Učinkovitost u smislu grama oslobođenog fosfora po jedinici fitaze smanjuje se s povećanjem uključivanja fitaze. Zato se preporučuje da se radi s dvije ili tri različite matrične vrijednosti kako bi se postigla pouzdanija formulacija hrane koja sprečava precjenjivanje sadržaja probavljivog fosfora u hrani.

Ovisno o eksperimentalnim uvjetima, količina probavljivog fosfora koja se stvara iskorištavanjem fitaze vrlo se razlikuje u raznim eksperimentima. Važni čimbenici koji imaju učinka na funkcioniranje fitaze su, između ostalog, sljedeći: visoke razine kalcija, fiziološki status životinje i sastav hrane.

Na temelju literature ekvivalent 500 FTU fitaze po kg hrane može se izračunati između 0,65 i 0,75g probavljivog fosfora u prehrani svinja i pilića (dostupni fosfor). To je manje od preporučenog standarda od ekvivalenta od 0,8g probavljivog fosfora. U slučaju prehrane bazirane na prehrambenim materijalima s relativno visokim razinama intrinzične fitaze kao što su pšenica, ječam i nusporizvodi žitarica, učinak fitaze smanjen je, a u tom slučaju ekvivalentna vrijednost fosfora bit će između 0,43 - 0,55g probavljivog fosfora.

## Ostali učinci fitaze

Uz učinak fosfora fitaza ima, prema različitim studijama, potencijal da poboljša probavljivost kalcija i/ili aminokiselina. Taj dodatni učinak će, naravno, znatno povećati ekonomsku vrijednost fitaze.

U stvari, vrijednost fitaze za piliće više od 70% čini rezultat tih takozvanih ne-fosfornih učinaka. Kod svinja, međutim, 75% ekonomske vrijednosti rezultira iz povećanja probavljivosti fosfora. Radi jednostavnosti ovih izračuna učinak odgovora na dozu nije uzet u obzir. Taj efekt će, međutim, također vrijediti za ne-fosforne efekte fitaze.

## Smanjenje rizika od prehrane s manjim udjelom fosfora

Uvijek postoji varijacija u prehrambenom sadržaju zbog prirodne varijacije u prehrambenim materijalima i zato se uobičajeno uključuje sigurnosna granica. Zahtijevane vrijednosti za probavljivi ili dostupni fosfor značajno su smanjene tijekom posljednjih desetljeća, što je rezultiralo niskom sigurnosnom granicom za fosfor u formulaciji

prehrane. Niska varijacija za probavljivi/dostupni sadržaj fosfora zato postaje sve važnija. Koeficijent varijacije za različite izvore fosfora može se izračunati iz literature.

Za biljne prehrambene materijale koeficijent je 10 - 20%, za fosfate u mineralnoj prehrani koeficijent je 10%, a za fosfor oslobođen fitazom on je do 40%. Na osnovi tih brojk varijacija probavljivog sadržaja fosfora u hrani za svinje sa zahtjevom od 2,1g/kg probavljivog fosfora može se izračunati za dvije različite situacije A i B.

U situaciji A, u kojoj bi fitaza trebala donijeti 0,8 g probavljivog fosfora po kg hrane, 95% životinja dobit će prehranu sa sadržajem probavljivog fosfora između 1,37 i 2,83g/kg. U situaciji B u kojoj se iz fitaze dobiva samo 0,5g probavljivog fosfora po kg, 0,3g/kg zamjenjuje se većim korištenjem fosfata iz mineralne hrane, i to između 1,51 g i 2,69g probavljivog fosfora/kg.

Može se zaključiti da je rizik formuliranja prehrane sa sadržajem probavljivog fosfora ispod zahtjeva mnogo veći u situaciji A u kojoj se mineralni fosfor zamjenjuje fitazom. S druge strane, u situaciji B u kojoj se viši sadržaj fosfata u mineralnoj hrani koristi za sprečavanje smanjene količine fosfora, dodatni trošak je vrlo mali.

## Zaključci

Može se zaključiti da korištenje fitaze igra važnu ulogu u komercijalnoj formulaciji hrane. Međutim, u različitim slučajevima (npr. sustav vlažnog hranjenja u svinja, koncentrirana prehrana pilića) fosfor vezan u fitate često je preznak da bi se postigli optimalni učinci koji su dani u matričnoj vrijednosti. Također, odnos između sadržaja mikrobnog fitaze i oslobađanja fosfora nije linearan.

Podjelom fitaze u dvije ili tri matrične vrijednosti poboljšat će procjenu sadržaja probavljivog/dostupnog fosfora u prehrani i tako spriječiti podcjenjivanje ili precjenjivanje sadržaja probavljivog fosfora u prehrani. To je posebno slučaj kod hrane koja sadrži visoke razine intrinzičnih fitaza (prehrana bazirana na pšenici/ječmu). Iznad svega učinak fitaze na sadržaj probavljivog fosfora varijabilniji je u slučajevima fosfata u mineralnim materijalima, što rezultira znatno višim koeficijentom varijacije.

Zato podjela oslobađanja fosfora iz fitaze u dva ili tri koraka i uzimanje u obzir sadržaj fosfora vezanog u fitate i razinu intrinzične fitaze u prehrani smanjit će rizik preniske razine probavljivog/dostupnog fosfora. To će imati zanemariv učinak na cijenu hrane.

Fosfor (P) je veoma važan mineral u ishrani životinja. Ako je unosen fosfora ispod potreba, to će dovesti do smanjene stope rasta i narušenog zdravlja životinja.

Fosfor u ishrani životinja potiče iz materijala koji se koriste za ishranu, uključujući neorganske fosfate u ishrani. Enzimska fitaza se ponekad uključuje u ishranu radi oslobađanja fosfora u materijalima ishrane koji se sastoje od povrća, koji je prisutan kao fosfor vezan fitazom. Ovaj oblik fosfora je praktično nedostupan za monogastrične životinje.

Fitaza može da razlaže fosfor koji je vezan za fitičku kiselinu (inozit-6-fosfat) u niže inozit fosfate. Za optimalnu enzimsku reakciju potrebno je da bude dovoljno substrata (fitata) da bi došlo do razlaganja. Međutim, količina fosfora vezanog za fitat varira u različitim ishranama. Sadržaj fosfora vezanog fitatom može da bude kritičan što može da dovede do prekomerne procene uticaja fitaze u smislu oslobađanja digestibilnog fosfora, naročito u koncentrat ishranama za brojlere, tečnoj hrani za svinje i prasiće.

## Fosforne ekvivalentne vrednosti fitaze

Fosforna ekvivalentna vrednost se koristi da se opiše zamenska ili supstituciona vrednost fitaze i definiše se kao količina neorganskog fosfora koja može da se dobije putem date količine dodate fitaze. Ona se takođe zove matrična vrednost za fitazu i koristi se u modelima optimizacije "najmanjeg troška" za pravljenje formula ishrane.

Radi jednostavnosti obično se koristi samo jedna matrična vrednost za odnose svih uključenih sastojaka. Međutim, što se tiče svih enzima, odnos između sadržaja fitaze u hrani i količine digestibilnog fosfora koji se oslobađa u skladu je sa asimptotičkom krivom. Efikasnost u gramima fosfora koji se oslobađa po jedinici fitaze smanjuje se sa povećanjem srazmere uključenja fitaze. Stoga je preporučljivo raditi sa dve ili tri različite matrične vrednosti da bi se postigla pouzdanija formula ishrane koja će sprečiti preteranu procenu sadržaja digestibilnog fosfora u ishrani.

Zavisno od eksperimentalnih uslova, količina digestibilnog fosfora koja se generiše korišćenjem fitaze mnogo se razlikuje od eksperimenta do eksperimenta. Važni faktori koji zaista utiču na funkcionisanje fitaze, između ostalih, su: visoki nivoi kalcijuma, fiziološko stanje životinje i sastav ishrane.

Na osnovu literature, može se izračunati da će ekvivalentna količina od 500 FTU fitaze po kg hrane dati između 0,65 i 0,75g digestibilnog fosfora u ishrani za svinje i brojlere (fosfor koji se može iskoristiti). To je manje od standardne preporuke ekvivalentnosti od 0,8g digestibilnog fosfora. U slučaju ishrana koje se zasnivaju na materijalima za ishranu sa relativno visokim nivoom sopstvene fitaze, kao što su pšenica, ječam, i zrnasti nus proizvodi, efekat fitaze se smanjuje, pa će u tom slučaju ekvivalentna vrednost fosfora biti između 0,43 i 0,5 g digestibilnog fosfora.

## Drugi efekti fitaze (nevezani sa fosforom)

Pored fosfornog /P/ efekta, prema različitim studijama, fitaza ima i mogućnost da poveća digestibilnost Ca i/ili amino kiselina. Dodatni efekat će naravno znatno uticati na povećanje ekonomske vrednosti fitaze.

Ustvari, vrednost fitaze za brojlere je preko 70% od rezultata ovih takozvanih nefosfornih uticaja. Kod svinja, međutim, 75% ekonomske vrednosti rezultat je povećanja digestibilnosti fosfora. Zbog jednostavnosti ovih kalkulacija efekat reakcije na dozu nije uzet u obzir. Međutim, ovaj efekat će važiti i za nefosforni efekat, odnosno uticaj, fitaze.

## Smanjenje rizika od prehrane s manjim udjelom fosfora

Uvijek postoji varijacija u prehrambenom sadržaju zbog prirodne varijacije u prehrambenim materijalima i zato se uobičajeno uključuje sigurnosna granica. Zahtijevane vrijednosti za probavljivi ili dostupni fosfor značajno su smanjene tijekom posljednjih desetljeća, što je rezultiralo niskom sigurnosnom granicom za fosfor u formulaciji prehrane. Niska varijacija za probavljivi/dostupni sadržaj fosfora zato postaje sve važnija. Koeficijent varijacije za različite izvore fosfora može se izračunati iz literature.

Za biljne prehrambene materijale koeficijent je 10 - 20%, za fosfate u mineralnoj prehrani koeficijent je 10%, a za fosfor oslobođen fitazom on je do 40%. Na osnovi tih broji varijacija probavljivog sadržaja fosfora u hrani za svinje sa zahtjevom od 2,1g/kg probavljivog fosfora može se izračunati za dvije različite situacije A i B.

U situaciji A, u kojoj bi fitaza trebala donijeti 0,8 g probavljivog fosfora po kg hrane, 95% životinja dobit će prehranu sa sadržajem probavljivog fosfora između 1,37 i 2,83g/kg. U situaciji B u kojoj se iz fitaze dobiva samo 0,5g probavljivog fosfora po kg, 0,3g/kg zamjenjuje se većim korištenjem fosfata iz mineralne hrane, i to između 1,51g i 2,69g probavljivog fosfora/kg.

Može se zaključiti da je rizik formuliranja prehrane sa sadržajem probavljivog fosfora ispod zahtjeva mnogo veći u situaciji A u kojoj se mineralni fosfor zamjenjuje fitazom. S druge strane, u situaciji B u kojoj se viši sadržaj fosfata u mineralnoj hrani koristi za sprečavanje smanjene količine fosfora, dodatni trošak je vrlo mali.

## Zaključci

Može se zaključiti da korištenje fitaze igra važnu ulogu u komercijalnoj formulaciji hrane. Međutim, u različitim slučajevima (npr. sustav vlažnog hranjenja u svinja, koncentrirana prehrana pilića) fosfor vezan u fitate često je prenikak da bi se postigli optimalni učinci koji su dani u matričnoj vrijednosti. Također, odnos između sadržaja mikrobnog fitaze i oslobađanja fosfora nije linearan.

Podjelom fitaze u dvije ili tri matrične vrijednosti poboljšat će procjenu sadržaja probavljivog/dostupnog fosfora u prehrani i tako spriječiti podcjenjivanje ili precjenjivanje sadržaja probavljivog fosfora u prehrani. To je posebno slučaj kod hrane koja sadrži visoke razine intrinzičnih fitaza (prehrana bazirana na pšenici/ječmu). Iznad svega učinak fitaze na sadržaj probavljivog fosfora varijabilniji je u slučajevima fosfata u mineralnim materijalima, što rezultira znatno višim koeficijentom varijacije.

Zato podjela oslobađanja fosfora iz fitaze u dva ili tri koraka i uzimanje u obzir sadržaj fosfora vezanog u fitate i razinu intrinzične fitaze u prehrani smanjit će rizik preniske razine probavljivog/dostupnog fosfora. To će imati zanemariv učinak na cijenu hrane.