



Česky

Po slovensky

Magyar

Polski

По-русски

Hrvatski

Srpski

Závěrečné shrnutí

Závěrečné zhrnutie

Összefoglalás

Abstrakt

Резюме

Sažetak

Sažetak

## Considerations on the use of microbial phytase

# Závěrečné shrnutí

Cílem tohoto dokumentu „Posouzení využití mikrobiálních fytáz“ je předložení objektivní studie o použití fytáz při výkrmu zvířat. Všichni, kdo se pohybují na tomto poli živočišné výroby, tak budou sami moci posoudit význam mikrobiální fytázy.

## Působení fytázy

Fosfor, který zvířata konzumují, se částečně vylučuje ve výkalech. Z větší části k tomu přispívá kyselina fytátová obsažená v krmivech rostlinného původu, která váže 60-80 % celkového množství přítomného fosforu. Fosfor vázaný ve fytátech není pro monogastriční zvířata (s jedním žaludkem) stravitelný, neboť tato zvířata nemají k efektivnímu trávení fytátů dostatečné množství střevních enzymů.

Fytáza je enzym schopný fosfor vázaný ve fytátech uvolnit a monogastričním zvířatům tak jeho trávení umožnit. Fytázy se komerčně vyrábějí pomocí různých geneticky modifikovaných mikrobiálních kmenů, mají nestejnou účinnost a jsou k dispozici v různých fyzikálních podobách.

Přestože cílový substrát, fytát, je přesně definován, jeho obsah v lepkové vrstvě zrna (např. v pšenici) nebo v jádře (např. olejnatých semen), stejně jako jeho koncentrace v různých rostlinných krmivech se liší. Z toho vyplývá i odlišná reakce na fytázu v závislosti na rozpustnosti rostlinného materiálu ve střevním prostředí. Hlavním místem hydrolyzy fytátu pomocí mikrobiální fytázy je žaludek (u prasat) a volec a žaludek (u kuřat).

Fytáza by proto měla působit v kyselých podmínkách, neboť kyselé prostředí umožňuje rozpustnost fytátu a působení fytázy. Protože reakce fytázy při uvolňování fosforu není lineární a proto, že množství vlastních fytátů ve složkách rostlinné potravy bývá značně rozdílné, existují stále nezodpovězené otázky o správném poměru hodnot fosforu a fytázy.

## Účinnost mikrobiální fytázy

Od roku 1990 byla s mikrobiálními fytázami uskutečněna řada pokusů, které prokázaly, jak mikrobiální fytázy zlepšují využití fosforečného fytátu při výkrmu prasat a kuřat. Dodnes však není jasně stanoveno přesné množství fytázy potřebné k využití adekvátního množství fosforu. Tato informace je pochopitelně zásadním předpokladem pro určení správného složení krmiva.

Jedná se zejména o rostlinná krmiva jako je pšenice nebo ječmen, která mají vysokou hladinu endogenní fytázové aktivity. Rovněž bylo dokázáno, že absolutní hodnota fosforu, který si zvíře díky přídatku fytázy uchová, je menší než v případě krmiv s anorganickými fosforečnami. Tím je možné částečně vysvětlit menší účinnost fytázy na výstavbu kostí.

## Účinky fytázy nesouvisějící s fosforem

Pokusy na zvířatech nasvědčují tomu, že přínos fytázy se nemusí omezovat na pouhé uvolňování fosforu. Molekula fytátu může svým záporným nábojem vázat bílkoviny a tím zapříčinit jejich horší stravitelnost. Dodání fytázy má proto vliv na lepší trávení aminokyselin.

Výzkum v oblasti kvalitnějšího využití proteinů však přináší rozporuplné výsledky. Zdá se, že vědecky podložených záznamů potřebných pro stanovení hodnot aminokyselin trávených pomocí fytázy je málo a jsou nepřesvědčivé.

Jakékoli zlepšení stravitelnosti by se za normálních okolností mělo projevit lepší kondicí zvířat. Normálně by nejprůběžnější metodou hodnocení účinnosti fytázy na zlepšení využití proteinů bylo sledování růstových reakcí či konverze krmiva. Odborné rešerše však svědčí o tom, že váhové přírůstky či účinnost krmiv jsou různé a nenastávají pokaždé, když se do potravy přidá fytáza.

## Ovlivnění technologie a životního prostředí

Enzymy, včetně fytázy, jsou proteiny, degradující vlivem určitých přírodních podmínek, jako horka nebo vlhkosti. Standardní výrobní podmínky, například peletování, negativně ovlivňují regeneraci enzymů a enzymatické aktivity.

Výrobci enzymů proto vyvinuli nejrůznější postupy, aby vytvořili stabilnější sloučeniny, které odolají výrobním a skladovacím podmínkám. Příkladem takového vývoje může být třeba použití granulovaných a potahovaných fytáz nebo aplikace kapalné fytázy po peletování.

Ačkoli jsou potahované fytázy stabilnější, přesto mají vysoké peletační teploty za následek citelné snížení jejich aktivity. Tento problém se řeší postpeletační aplikací tekuté fytázy, jsou tu ale další překážky. Pro mladá a malá zvířata je samozřejmě zásadní přesnost nástřiku aditiv na pelety. Pneumatické ošetření pelet má však opět za následek citelné omezení aktivity fytáz. Kromě toho v letním období mohou ve skladových prostorech aktivitu fytázy do značné míry snížit i extrémní teploty.

Přidávání fytázy do potravy ukázalo, že fytáza dokáže snížit hladiny fosforu v exkrementech. Může ale také ovlivnit formu vylučovaného fosforu a potenciálně ovlivnit úbytek fosforu z půd. Několik pokusů jasně prokázalo, že trus kuřat krměných fytázou obsahoval více rozpuštěného fosforu než trus kuřat s kontrolovaným složením krmiva. Tato vyšší rozpustnost fosforu může mít za následek proniknutí fosforu do vodních toků a způsobit jejich kontaminaci.

## Závěr

Schopnost fytázy uvolnit fosfor vázaný ve fytátech a umožnit jeho využití monogastričním zvířatům je dobře známa a obecně uznávána. Ačkoli se použití fytázy stalo v mnoha směrech standardní praxí pro výkrm monogastričních zvířat, je třeba poznamenat, že nutriční přínos pokud jde o fosfor, aminokyseliny i metabolizovatelnost energie je omezený; hodnoty nejsou definované a výsledky jsou nekonzistentní.

Omezené a nepřesné výsledky zlepšení prosperity zvířat nesvědčí rozhodujícím způsobem o nutnosti zvýšení stravitelnosti aminokyselin. Navíc rozdíl mezi úrovněmi vlastních fytátů v rostlinných krmivech znesnadňuje určení specifického množství fosforu odpovídajícího určitému množství fytázy. Existují důkazy, že fytázou uvolněný fosfor nemá na maximální sílu kostí stejný vliv jako fosfor získaný z anorganických fosforečnanů.

Kromě toho jsou enzymy jako fytáza citlivé na náročné výrobní podmínky během peletování i při skladování, což nutně snižuje aktivitu enzymů a do značné míry ve výsledku ovlivňuje i kapacitu fytázy pro uspokojení nároků zvířat na přísun fosforu.

Všechny tyto faktory mají vliv na nestejné množství fosforu přístupného v rostlinném krmivu doplněného fytázami. Protože znalost množství fosforu, který je v krmivu obsažen, je pro optimální živočišnou výrobu extrémně důležitá, neměla by být úloha mikrobiální fytázy přeceňována. Nadhodnocený odhad potřebného množství fosforu může mít závažné ekonomické důsledky.

# Záverečné zhrnutie

Cieľom dokumentu „Posúdenie využitia mikrobiálnych fytáz“ je predloženie objektívnej štúdie o použití fytázy vo výžive zvierat. Všetkým zainteresovaným na živočíšnej výrobe umožní prehodnotiť význam mikrobiálnej fytázy.

## Pôsobenie fytázy

Fosfor, ktorý zvieratá konzumujú, sa čiastočne vylučuje vo výkaloch. Z väčšej časti k tomu prispieva kyselina fytová obsiahnutá v krmivách rastlinného pôvodu, ktorá viaže 60-80 % z celkového množstva prítomného fosforu. Fosfor viazaný vo fytátoch nie je pre monogastrické zvieratá (s jedným žalúdkom) stráviteľný, lebo tieto zvieratá nemajú k efektívnemu tráveniu fytátov dostatočné množstvo črevných enzýmov.

Fytáza je enzým schopný uvoľniť fosfor viazaný vo fytátoch a sprístupniť ho tým pre monogastrické zvieratá. Fytázy sa komerčne vyrábajú pomocou rôznych geneticky modifikovaných mikrobiálnych kmeňov, majú nerovnakú účinnosť a sú k dispozícii v rôznych fyzikálnych podobách.

Aj keď cieľový substrát, fytát, je presne definovaný, jeho obsah v lepkovej vrstve zrna (napr. v pšenici) alebo v jadrách (napr. olejnatých semien) a tiež aj jeho vnútorná koncentrácia sa líši v rôznych rastlinných krmivách. Z toho vyplýva aj nerovnaká reakcia na fytázu v závislosti od rozpustnosti rastlinného materiálu v črevnom prostredí. Hlavným miestom hydrolyzy fytátu pomocou mikrobiálnej fytázy je žalúdok (u prasiat) a hrvoľ a žalúdok (u kurčiat).

Fytáza by preto mala pôsobiť v kyslom prostredí, lebo také pH umožňuje rozpustnosť fytátu a pôsobenie fytázy. Keďže účinok fytázy na uvoľňovanie fosforu nie je lineárny a tiež vnútorný obsah fytátov v zložkách rastlinnej potravy býva značne rozdielny, existujú stále nezodpovedané otázky o správnej náhrade fosforu fytázou.

## Účinnosť mikrobiálnej fytázy

Od roku 1990 bolo s mikrobiálnou fytázou uskutočnené veľké množstvo pokusov, ktoré preukázali, ako fytáza zlepšuje využitie fosforu z fytátov vo výžive prasiat a kurčiat. Dodnes však nie je jasne stanovené presné množstvo fytázy potrebné k využitiu ekvivalentného množstva fosforu. Táto informácia je pochopiteľne zásadným predpokladom pre určenie správneho zloženia krmiva.

Jedná sa najmä o rastlinné krmivá ako je pšenica alebo jačmeň, ktoré majú vysokú hladinu endogénnej aktivity fytázy. Takisto bolo dokázané, že absolútna hodnota množstva fosforu, ktorý si zviera vďaka prídavku fytázy zadrží, je menšie než v prípade krmív s anorganickými fosforečnanmi. Tým je možné čiastočne vysvetliť menšiu účinnosť fytázy na výstavbu kostí.

## Ďalšie (s fosforom nesúvisiace) účinky fytázy

Pokusy na zvieratách nasvedčujú tomu, že prínos fytázy sa nemusí obmedzovať len na samotné uvoľňovanie fosforu. Molekula fytátu môže svojim záporným nábojom viazať bielkoviny a tým zapríčiniť ich horšiu stráviteľnosť. Prídavanie fytázy má preto vplyv na lepšie trávenie aminokyselín.

Výskum v oblasti kvalitnejšieho využitia proteínov však prináša rozporuplné výsledky. Zdá sa, že vedecky podložených záznamov potrebných pre stanovenie hodnôt aminokyselín trávených pomocou fytázy je málo a sú nepresvedčivé.

Akékoľvek zlepšenie stráviteľnosti by sa za normálnych okolností malo prejavovať lepšou kondíciou zvierat. Normálne by najpriamočiarejšou metódou hodnotenia účinnosti fytázy na zlepšenie využitia proteínov bolo sledovanie odozvy v raste zvierat či konverzie krmiva. Odborné rešerše však svedčia o tom, že váhové prírastky či účinnosť krmív sú rôzne a nenastávajú zakaždým, keď sa do potravy pridá fytáza.

## Obmedzenia vyplývajúce z technológie a životného prostredia

Enzýmy, vrátane fytázy, sú proteíny, ktoré za určitých podmienok prostredia, napríklad pri vyššej teplote alebo vlhkosti, sú náchylné k rozkladu. Štandardné výrobné podmienky, napríklad peletovanie, negatívne ovplyvňujú regeneráciu enzýmov a enzymatickej aktivity.

Výrobcovia enzýmov preto vyvinuli najrôznejšie postupy, aby vytvorili stabilnejšie zlúčeniny, ktoré odolajú výrobným a skladovacím podmienkam. Príkladom takého vývoja môže byť použitie granulovaných a potaňovaných fytáz alebo aplikácia kvapalnej fytázy po peletovaní. Hoci sú potaňované fytázy stabilnejšie, aj tak majú vysoké peletačné teploty za následok citeľné zníženie ich aktivity.

Tento problém sa rieši postpeletačnou aplikáciou tekutej fytázy, existujú ale i ďalšie prekážky. Pre mladé a malé zvieratá je samozrejme zásadná presnosť nastreknutia aditív na pelety. Manipulácia na vzduchu s takto spracovanými peletami má opäť za následok citeľné obmedzenie aktivity fytáz. Okrem toho v letnom období extrémne teploty v skladových priestoroch môžu aktivitu fytázy tiež do značnej miery znížiť.

Prídavanie fytázy do výživy ukázalo, že fytáza dokáže znížiť hladiny fosforu v exkrementoch. Môže ale tiež ovplyvniť formu vylučovaného fosforu a potenciálne ovplyvniť úbytok fosforu z pôd. Niekoľko pokusov jasne preukázalo, že trus kurčiat kŕmených fytázou obsahoval viacero rozpusteného fosforu než trus kurčiat s kontrolovaným zložením krmiva. Táto vyššia rozpustnosť fosforu môže mať za následok prenikanie nadbytku fosforu do vodných tokov a spôsobiť ich eutrofizáciu.

## Záver

Schopnosť fytázy uvoľniť fosfor viazaný vo fytátoch a umožniť jeho využitie monogastrickým zvieratám je dobre známa a všeobecne uznávaná. Hoci sa použitie fytázy stalo v mnohých smeroch štandardnou praxou pre výživu monogastrických zvierat, je treba poznamenať, že nutričný prínos pokiaľ ide o fosfor, aminokyseliny i metabolizovateľnosť energie je obmedzený; hodnoty nie sú definované a výsledky sú nekonzistentné.

Obmedzené a nepresné výsledky zlepšenia úžitkovosti zvierat nepodporujú presvedčivo tvrdenia o zvýšení stráviteľnosti aminokyselín. Navyiac rozdiely medzi úrovňami vnútorných fytátov v rastlinných krmivách sťažujú určenie špecifického množstva fosforu zodpovedajúceho určitému množstvu fytázy. Existujú dôkazy, že fytázou uvoľnený fosfor nemá na maximálnu pevnosť kostí rovnaký vplyv ako fosfor získaný z anorganických fosforečnanov.

Okrem toho sú enzýmy ako fytáza citlivé na náročné výrobné podmienky počas peletovania aj pri skladovaní, čo nutne znižuje aktivitu enzýmov a do značnej miery nakoniec ovplyvňuje aj schopnosť fytázy na uspokojenie nárokov zvierat na fosfor.

Všetky tieto faktory majú vplyv na nerovnaké množstvo fosforu prístupného v rastlinnom krmive doplneného fytázami. Pretože znalosť dostupnosti fosforu, ktorý je v krmive obsiahnutý, je pre optimálnu živočíšnu výrobu extrémne dôležitá, je treba úlohu mikrobiálnej fytázy nepreceňovať. Nadhodnotený odhad ekvivalentného dostupného množstva fosforu by mohol mať závažné ekonomické dôsledky.

# Összefoglalás

A dokumentum „A mikrobiális fitázok használatának néhány szempontja” általános célja, hogy objektív tanulmányként szolgáljon a fitáz használatáról a takarmányozásban. Ez lehetővé teszi az állattenyésztéssel foglalkozók számára, hogy a mikrobiális fitáz jelentőségét áttekinthessék.

## A fitáz működése

Az állatok által elfogyasztott foszfor részben a trágyában választódik ki. Ehhez jelentős mértékben hozzájárul a növényi takarmányokban található fitinsav, mely a összes jelen lévő foszfor 60-80%-át megköti. A fitáthoz kötött foszfort az eggyomrú állatok nem képesek feldolgozni, mivel bélenzimeik alkalmatlanok a fitát hatékony megemésztésére.

A fitáz a fitáthoz kötött foszfor felszabadítására képes enzim, mely az eggyomrúak számára is feldolgozhatóvá teszi azt. A forgalomban lévő fitázok különböző, genetikailag módosított mikrobiális törzsekben alapulnak, hatékonyságuk eltérő, és különböző fizikai formákban állnak rendelkezésre.

Habár a célszubsztrát, a fitát jól meghatározott, előfordulása az aleuron rétegben (pl. búzában) vagy a mag teljes állományában (pl. olajos magvak), illetve tényleges koncentrációja a különböző növényi takarmányokban különböző. Ez eredményezi az eltérő fitázreakciókat a bélkörnyezetben, a növényi anyag oldhatóvá tételei képességétől függően. A gyomrot (sertésekénél), illetve a begyet és a zúza proventriculust (csirkékénél) azonosították a mikrobiális fitáz fitáthidrolízisének fő helyeként.

Ezért a fitáz biztosan képes savas körülmények közt működni, mivel a fitát ezen a pH-szinten oldható és érzékeny a fitáz általi támadásra. A foszforfelszabadítás nemlineáris fitázreakciója és a növényi takarmányok valódi fitáttartalma közötti jelentős különbségek miatt vannak még megoldandó kérdések a fitáz foszforekvivalencia-értékére vonatkozóan.

## A mikrobiális fitáz hatékonysága

1990 óta sok kísérletet végeztek a mikrobiális fitázzal, melyekben a fitáz javulást mutatott a fitát foszforhasznosításában a sertések és baromfik takarmányában. Azonban még ma sem határozták meg egyértelműen a fitáz foszforekvivalenciáját, ami természetesen előfeltétele lenne a helyes takarmányozás kialakításának. Ez különösen érvényes az olyan növényi takarmányokra, mint a búza vagy az árpa, amelyek magas endogén fitázaktivitással rendelkeznek.

Azt is kimutatták, hogy fitázkiegészítéssel az állat által visszatartott foszfor abszolút mennyisége kevesebb, mint a szerves takarmánnyal bevitt foszfátok esetében. Részben ez magyarázza azt a megfigyelést, hogy a fitáz kevésbé hatékony a csont paramétereinek helyreállításában.

## A fitáz nemfoszforos hatásai

Az állatkísérletek szerint a fitáz előnyei nemcsak a foszfor felszabadítására vonatkoznak. Negatív töltése miatt a fitátmolekula megköti a proteineket, ezáltal kevésbé emészthetővé téve azokat. A fitázkiegészítés ezért megnövekedett aminosav-emésztéssel jár.

A jobb fehérjefelhasználással kapcsolatos kutatások azonban ellentétes eredményeket mutatnak. Úgy tűnik, hogy ha van is a fitáz aminosavértékének kiszámításához szükséges, tudományosan megfelelően megalapozott bizonyíték, az kevés és nem meggyőző.

A protein emészthetőségének bármilyen javulását normál esetben az állat jobb teljesítményének kellene tükröznie. A növekedési erély ill. a takarmányértékesülés általában a legcélszerűbb mód lenne a fitáz hatékonyságának értékelésére a jobb fehérjeértékesülés tekintetében. A kutatások szerint azonban a súlynövekedés vagy a táplálási hatékonyság javulása változó, és nem mindig fordul elő, ha fitázt adnak a takarmányhoz.

## Technológiai és környezetvédelmi korlátozások

Az enzimek, így a fitáz is fehérje, mely érzékeny a környezeti tényezőkre (pl. a hőre és nedvességre). A normál takarmánygyártási eljárások, mint pl. a pelletálás negatív hatással vannak az enzimmivisszanyerésre és az enzimaktivitásra.

Az enzimgyártók ezért különböző elveket dolgoztak ki stabilabb vegyületek készítésére, melyek ellenállnak a feldolgozási és tárolási körülményeknek. A granulált vagy bevont fitáz használata vagy a pelletálás utáni folyékony fitáz alkalmazása az ilyen fejlesztésekre szolgál példával.

Azonban, bár a bevont fitáz stabilabb, a magas pelletálási hőmérséklet miatt a fitáz aktivitása jelentősen csökken. Erre a problémára megoldás a folyékony fitáz pelletálás utáni alkalmazása, de itt egyéb korlátozásokkal találkozhatunk. Az adalékanyag pontos porlasztása a szemcséken kritikus, főleg a fiatal és kis testű állatok esetében. A kezelt szemcsék pneumatikus kezelése jelentősen csökkenti a fitáz aktivitását. Ezenkívül nyáron a tárolósilók szélsőséges hőmérséklete szintén csökkenti a fitáz aktivitását.

A fitáz takarmányozási alkalmazása azt mutatja, hogy a fitáz képes csökkenteni a trágyában található összes foszfor mennyiségét. A fitáz azonban hatással van a trágyában kiválasztott foszfor formájára is és a talajtípusok lehetséges foszforvesztésére is. Több kísérletben nyilvánvalóvá vált, hogy a fitázzal táplált csirke trágyája oldhatóbb foszfort tartalmazott, mint a kontroll takarmányon élő csirkék trágyája. A nagyobb foszforoldhatóság azt eredményezheti, hogy túl sok foszfor jut a zetekbe, ami eutrofizációt okoz.

## Következtetések

A fitáz azon képessége, hogy a fitáthoz kötött foszfort elérhetővé teszi az eggyomrúak számára is, jól ismert és széles körben elfogadott. Azonban, bár a fitáz használata sok szempontból szokásos gyakorlattá vált az eggyomrúak étrendjében, meg kell jegyezni, hogy táplálkozási hozzájárulása a foszfor és az aminosavak emészthetősége, ill. az energia felhasználása szempontjából korlátozott; az értékek meghatározatlanok és az eredmények ellentmondóak.

Az állatok teljesítményének javulására vonatkozó korlátozott értékű és számú eredmény nem támasztja alá egyértelműen a jobb aminosav-emészthetőséggel kapcsolatos állításokat. Ezenkívül a növények fitátszintjei közötti valódi különbségek megnehezítik a fitáz adott foszforekvivalencia-értékének meghatározását. Bizonyított, hogy a fitáz által felszabadított foszfor nem ugyanolyan mértékben járul hozzá a maximális csonterősség eléréséhez, mint a szervesfoszfát-források.

Mindenekelőtt az enzimek, mint a fitáz is, érzékenyek a durva feldolgozási körülményekre a pelletálás során, illetve a tárolásra, ami miatt az enzimaktivitásának csökkenése elkerülhetetlen.

Ez jelentősen befolyásolja a fitáz azon képességét, hogy kielégítse az állat foszfor iránti igényét. Az ilyen tényezők teszik a fitázzal kiegészített növényi takarmányokból származó foszfor hozzáférhetőségét meglehetősen változóvá. Mivel a takarmányok foszforemészthetőségének ismerete rendkívül lényeges az optimális állattartás szempontjából, óvatosan kell eljárni, nehogy a mikrobiális fitáz szerepe túlértékeltté váljon. A hozzáférhető foszfor ekvivalenciájának túlbecsülése súlyos ökológiai következményekkel járhat.

Niniejszy dokument, zatytułowany "Wybrane aspekty stosowania fitaz mikrobiologicznych", ma za zadanie dostarczyć obiektywnych informacji na temat suplementacji fitazowej w diecie zwierząt hodowlanych. Po zapoznaniu się z jego zawartością, hodowcy i inne osoby trudniące się produkcją zwierzęcą będą mogły ocenić wartość tego składnika.

## Funkcje fitazy

Część fosforu spożywanego przez zwierzęta jest wydalana za sprawą kwasu fitynowego wchodzący w skład pasz roślinnych, który wiąże od 60 do 80% fosforu w nich zawartego. Zwierzęta jednożołądkowe nie są w stanie przyswoić fitynianowych związków fosforu, ponieważ nie posiadają odpowiednich enzymów jelitowych.

Fitaza jest enzymem, który pozwala uwolnić fosfor ze związków fitynianowych, a co za tym idzie, umożliwić zwierzętom monogastrycznym jego odpowiedniej strawienie i przyswojenie. Fitazy dostępne na rynku produkuje się w oparciu o wiele genetycznie zmodyfikowanych szczepów mikrobiologicznych. Pozwala to uzyskać związki różniące się między sobą skutecznością i składem.

Pomimo, że substrat docelowy, jakim jest fitynian, został dobrze zdefiniowany, różna jest jego koncentracja w warstwie aleuronowej (np. ziaren pszenicy) lub nasionach (np. roślin oleistych) oraz różne stężenia w różnych rodzajach pasz zwierzęcych. Wahania te powodują różne reakcje na fitazę, w zależności od tego, w jakim stopniu materiał roślinny zostanie rozpuszczony w przewodzie pokarmowym zwierzęcia. Głównymi narządami, w których zachodzi hydroliza fitynianów przy udziale fitazy mikrobiologicznej są: żołądek (u trzody chlewnej) oraz wole, mielec (część mięśniowa) i część gruczołowa żołądka drobiu.

Dlatego, aby doszło do właściwego rozpuszczenia (a w konsekwencji działania) fitynianów, należy umieścić je w odpowiednio kwaśnym środowisku i jednocześnie poddać działaniu fitazy. Jednak ze względu na nieregularność reakcji fitazy na uwalniany fosfor oraz na znaczące różnice między poszczególnymi rodzajami pasz roślinnych pod względem zawartości fitynianów, należy jeszcze rozwiązać wiele skomplikowanych kwestii, dotyczących odpowiedniego stosunku pomiędzy ilością uwolnionego fosforu a fitazą dostarczaną zwierzęciu.

## Skuteczność fitazy mikrobiologicznej

Od roku 1990 przeprowadzono wiele eksperymentów, które wykazały, że fitaza mikrobiologiczna sprzyja lepszemu przyswajaniu fitynianowych związków fosforu zarówno u trzody chlewnej, jak i u drobiu, lecz kwestia określenia właściwego stosunku pomiędzy fitazą a uwalnianym fosforem wciąż pozostaje otwarta. Odpowiedź na to pytanie stanowi podstawę właściwego zbilansowania diety zwierząt hodowlanych. Szczególnie dotyczy to zwierząt odżywianych paszami roślinnymi na bazie pszenicy lub jęczmienia, które zawierają znaczne ilości fitazy metabolicznej.

Eksperymenty wykazały również, że całkowita retencja fosforu u zwierząt poddanych suplementacji fitazowej była niższa niż osobników odżywianych paszami z zawartością fosforanów nieorganicznych. Powyższa okoliczność może stanowić pewne wyjaśnienie niższej skuteczności fitazy w odtwarzaniu tkanki kostnej.

## Pozafosforowe skutki działania fitazy

Próby przeprowadzone na zwierzętach wykazały, że oprócz lepszego uwalniania fosforu, stosowanie fitazy może przynieść również inne korzyści. Na przykład, z powodu ujemnego naładowania, cząsteczka fitynianu może wiązać białka i utrudniać ich trawienie - w tym przypadku suplementacja fitazowa może umożliwić poprawę przyswajania aminokwasów.

Jednak badania nad wzbogaconymi białkami dostarczają sprzeczne wyniki. Wydaje się, że nie istnieje dostateczna ilość jednoznacznych dowodów naukowych pozwalających odpowiednio wyliczyć optymalny stosunek składników aminokwasowych i fitazowych w paszach.

W normalnych bowiem warunkach każdy wzrost przyswajalności białek powinien objawiać się lepszą wydajnością zwierzęcia. Czynniki wzrostu lub współczynnik wykorzystania paszy stanowią wtedy najprostszą metodę oceny skuteczności działania fitazy w wykorzystaniu

wzbogaconych białek. Jednak opublikowane wyniki badań pokazują, że zwiększony przyrost masy ciała lub skuteczność odżywcza paszy różnią się znacznie i w czynnikach tych nie zawsze zachodzi korzystna zmiana po wzbogaceniu diety o składniki fitazowe.

## Ograniczenia technologiczne i środowiskowe

Enzymy, a więc również fitaza, to białka niezwykle wrażliwe na czynniki środowiskowe, np. wysoką temperaturę i wilgotność. Standardowe metody obróbki, np. granulowanie, znacząco obniżają przyswajalność oraz skuteczność działania enzymów.

Dlatego producenci tego rodzaju białek opracowali inne rozwiązania, pozwalające otrzymać składniki o wiele bardziej stabilne i odporne zarówno na przetwarzanie, jak i przechowywanie. Rozwiązania te to np. granulowanie i powlekanie pasz fitazowych odpowiednimi powłokami lub dodawanie płynnej fitazy do paszy po zakończeniu procesu granulacji.

Jednak pomimo, że fitazy powlekane odznaczają się większą odpornością na czynniki środowiskowe, wysoka temperatura towarzysząca procesowi granulacji wciąż znacząco obniża skuteczność enzymu już w fazie produkcji. Niedogodność tę można pokonać poprzez dodawanie płynnego enzymu po zakończeniu fazy granulowania, choć nie likwiduje to wszystkich ograniczeń. Najważniejszą kwestią pozostaje bowiem równomierne rozpylenie płynnego enzymu w granulacie, szczególnie w przypadku pasz dla młodych i niewielkich zwierząt. Również pneumatyczny transport gotowego granulatu poważnie obniża skuteczność rozpylonej na powierzchni fitazy. Ponadto, wysokie temperatury panujące w silosach w lecie mogą przyczynić się do dalszego rozkładu pożytecznego enzymu.

Wzbogacanie paszy o składniki fitazowe wykazało, że enzym ten pozwala obniżyć całkowitą zawartość fosforu w odchodach zwierząt. Jednak może to również wpływać na postać wydalanego fosforu oraz powodować degradację fosforową gleby. Kilka badań jednoznacznie wykazało, iż odchody drobiu karmionego fitazą zawierały więcej rozpuszczalnego fosforu, niż odchody kurcząt z grupy kontrolnej. Wyższa rozpuszczalność fosforu może powodować nadmierne przenikanie tego pierwiastka do wód gruntowych, a w konsekwencji doprowadzić do ich eutrofizacji.

## Wnioski

Stwierdzono ponad wszelką wątpliwość, że fitaza umożliwia zwierzętom jednożołądkowym przyswajanie fitynianowych związków fosforu. Jednak pomimo, że suplementacja fitazowa stała się w wielu krajach standardową praktyką żywieniową zwierząt monogastrycznych, należy zauważyć, że jej skuteczność odżywcza odnośnie fosforu, aminokwasów i związków energetycznych jest znacznie ograniczona: odpowiednie wartości nie zostały jednoznacznie określone, a wyniki badań często są sprzeczne.

Ponadto niewielka ilość badań nad wydajnością zwierząt hodowlanych nie sprzyja jednoznacznemu potwierdzeniu teorii na temat związków pomiędzy suplementacją fitazową a zwiększoną przyswajalnością aminokwasów. Co więcej, różnice w zawartości fitynianów pomiędzy różnymi roślinnymi składnikami paszowymi utrudniają wyznaczenie dokładnych norm ekwiwalencji fosforowej dla określonej zawartości fitazy. Istnieją dowody na to, że fosfor uwolniony za pomocą fitazy nie wspomaga budowy kości w odpowiednim stopniu, w porównaniu z fosforem ze źródeł nieorganicznych.

Przed wszystkim jednak enzymy w rodzaju fitazy cechuje niezmierna wrażliwość na warunki panujące podczas przetwarzania i przechowywania, co nieodwołalnie prowadzi do obniżenia zarówno skuteczności działania enzymu, jak i ilości dostarczanego fosforu, wpływając ujemnie na niezbędną dawkę enzymu, zaspokajającą potrzeby zwierzęcia.

Wszystkie powyższe czynniki sprawiają, że pozyskiwanie fosforu z pasz roślinnych przy udziale fitazy wydaje się dość trudne. A ponieważ dostarczanie właściwych ilości fosforu stanowi podstawę prawidłowej diety zwierząt hodowlanych, należy dopilnować, aby nie przecenić korzyści związanych z suplementacją z udziałem fitazy mikrobiologicznej. Należy pamiętać, że niewłaściwa ocena tego czynnika prowadząca do błędnego zbilansowania diety zwierząt może doprowadzić do poważnych konsekwencji ekonomicznych.

Главной целью данного документа "Обсуждение использования микробной фитазы" является ознакомление с исследованием использования фитазы в корме животных. Это позволит людям, работающим в отрасли животноводства, оценить значение микробной фитазы.

## Функционирование фитазы

Потребляемый животными фосфор частично выводится из организма вместе с навозом. Этому, в основном, способствует фитиновая кислота, содержащаяся в кормах растительного происхождения, которая связывает 60-80% общего количества фосфора. Одножелудочные животные не способны употреблять фосфор, связанный в фитате, так как у них не хватает желудочно-кишечных ферментов для того, чтобы переварить фитат.

Фитаза - это фермент, способный освободить связанный в фитате фосфор, чтобы он мог усваиваться одножелудочными животными. Доступные в продаже фитазы, основанные на различных генетически модифицированных микробных штаммах, обладают различной эффективностью и пригодны к использованию в различных лекарственных формах.

Несмотря на то, что целевое вещество, фитат, хорошо определяется, его содержание в алейроновом слое (например, в пшенице) или во всем зерне (например, в семенах масличных культур), а также собственная концентрация в кормах растительного происхождения различается. Вследствие этого возникают различные реакции животных на фитазу, в зависимости от способности растительных материалов к перевариванию в желудочно-кишечной среде. Было выявлено, что гидролиз фитата под действием микробной фитазы в основном проходит в желудке (у свиней), а также в зобу и железистом желудке (у курицы).

Таким образом, фитаза должна действовать в кислотной среде, так как фитаты растворяются при этом уровне pH и поддаются действию фитазы. Вследствие того, что при освобождении фосфора фитаза реагирует нелинейно, а также из-за значительного различия в содержании фитазы в различных кормах растительного происхождения, до сих пор остается открытым вопрос относительно степени эффективности действия фитазы на равные количества фосфора.

## Эффективность микробной фитазы:

Начиная с 1990 года, было проведено множество исследований микробной фитазы, результаты которых показали, что фитаза способствует усвоению фосфора как у свиней, так и у домашней птицы. Но даже сегодня степень эффективности действия фитазы на равные количества фосфора полностью не определена. Этот фактор, конечно же, является основополагающим для составления рациона. Это имеет особое значение в случае с такими кормами растительного происхождения, как пшеница или ячмень, в которых уровень внутренней активности фитазы очень высок.

Также было отмечено, что абсолютное количество фосфора, усвоенного животными благодаря добавлению фитазы, было меньше, чем в случае кормления животных неорганическими фосфатами. Таким образом можно частично объяснить наблюдение, что фитаза менее эффективна для восстановления костей.

## Нефосфорическое действие фитазы:

В результате исследований на животных было выдвинуто предположение, что фитаза может оказывать другое действие, нежели только освобождать связанный фосфор. Вследствие того, что молекулы фитазы несут отрицательный заряд, они могут связывать белки, делая их менее усвояемыми. Поэтому считается, что в результате добавления фитазы увеличивается усвояемость аминокислоты.

Однако, результаты исследования повышенного усвоения белков остаются спорными. Скорее всего, не хватает серьезного научного доказательства, необходимого для калькуляции значений аминокислоты для фитазы.

Любое улучшение усвояемости белков должно положительно сказываться на здоровье животных. Лучшим методом для оценки эффективности фитазы в повышенном усвоении белков может стать использование реакции роста или трансформации корма. Изучение литературных данных показало, что при добавлении к рациону животных фитазы не всегда происходит прибавка веса и эффективность корма отличается.

## Технологические и экологические ограничения:

Ферменты, включая фитазу, - это белки, которые могут разрушаться под действие факторов окружающей среды, таких как температура и влажность. Нормальные условия обработки, например, гранулирование, оказывают негативное влияние на восстановление ферментов и их активность.

Поэтому производители ферментов разработали различные методы с целью создать наиболее стабильное соединение, которое не будет разрушаться при обработке и хранении. Примерами таким разработок является фитаза в гранулах или в оболочке, а нанесение жидкой фитазы после гранулирования.

Однако, несмотря на то, что фитаза в оболочке более стабильна, вследствие подвергания фермента высокой температуре гранулирования он значительно теряет свою активность. Эта проблема решается путем нанесения жидкой фитазы при гранулировании, но остальные ограничения все же остаются в силе. Дополнительное напыление фермента на гранулы имеет большое значение, особенно для небольших и молодых животных. В результате обработки гранул сжатым воздухом значительно снижается активность фитазы. Кроме того, в летнее время из-за высокой температуры силоса активность фитазы может снизиться.

Было замечено, что при добавлении фитазы в рацион животных может уменьшиться уровень фосфора в навозе. Фитаза также может влиять на форму фосфора, выделяемого в навозе, и на уменьшения количества фосфора в нем. В нескольких исследованиях было доказано, что в помете куриц, которые получали фитазу, содержится больше растворимого фосфора, чем в помете куриц, получавших контрольный рацион. В результате повышенной растворимости фосфора он может накопиться в водоемах, тем самым вызвав эвтрофикацию.

## Закключение

Способность фитазы освобождать связанный в фитате фосфор для одножелудочных животных хорошо известна и общепризнана. Однако, несмотря на то, что использование фитазы в рационах одножелудочных животных стало стандартом, необходимо учесть, что ее участие в усвоении фосфора, аминокислот и энергии ограничено; значения до конца не определены, и результаты исследований не точны.

Вследствие нехватки убедительных результатов исследований улучшения здоровья животных нет возможности подтвердить теорию о повышенной усвояемости аминокислот. Более того, из-за разницы между содержанием фитазы в растительных материалах трудно определить уровень эффективности действия фитазы на равные количества фосфора. Существует доказательство того, что освобожденный фитазой фосфор не влияет на прочность костей, как это делает неорганический фосфор.

Кроме того, такие ферменты, как фитаза, восприимчивы к жестким условиям обработки во время гранулирования и хранения, что приводит к необратимым потерям активности фермента, а это в значительной мере влияет на способность фитазы удовлетворить потребность животных в фосфоре.

На основании всех перечисленных факторов можно сделать вывод, что доступность фосфора в кормах растительного происхождения, к которым добавляется фитаза, очень изменчива. Вследствие того, что информация о доступности фосфора играет важную роль в животноводстве, не рекомендуется переоценивать значение микробной фитазы. Переоценка действия фитазы на равные количества фосфора может повлечь за собой большие расходы.

Dokumentom "Određena razmatranja o uporabi mikrobne fitaze" željelo se ponuditi objektivnu studiju o uporabi fitaze u ishrani životinja. Na taj način, osobe koje su uključene u uzgoj životinja bit će u mogućnosti razmotriti vrijednost mikrobne fitaze.

## Djelovanje fitaze

Fosfor kojeg konzumiraju životinje djelomice se izlučuje u gnojivo. Glavni uzrok toga je sadržaj fitinske kiseline, koju je moguće pronaći u biljnoj ishrani, a koja veže 60-80% ukupno prisutnog fosfora. Fosfor kojeg vežu fitati nije dostupan za monogastrične životinje budući da one nemaju dovoljno crijevnih enzima za učinkovitu probavu fitata.

Fitaza je enzim koji oslobađa fitatima vezan fosfor te omogućuje njegovu primjenu kod ishrane monogastričnih životinja. Komercijalni oblici fitaze temelje se na različitim genetski modificiranim mikrobnim sojevima, koji imaju različitu učinkovitost, te su dostupni u različitim fizičkim oblicima.

Iako je ciljani supstrat, fitat, temeljito definiran, njegovo prisustvo u aleuronskom sloju (npr. u brašnu) ili u jezgri (npr. kod uljnih žitarica) te njegova koncentracija kod različitih vrsta biljne ishrane se razlikuju. To rezultira različitim reakcijama na fitazu ovisno o sposobnosti biljnog materijala za solubilizaciju u crijevnom okruženju. Stomak (svinje) te guša i žljezdani želudac (pilići) identificirani su kao glavna mjesta na kojima dolazi do hidrolize fitata putem mikrobne fitaze.

Djelovanje fitaze bi stoga trebalo biti izraženo u kiselim uvjetima budući da je na toj razini pH fitat topiv i osjetljiv na napade fitaze. Zbog nelinearne reakcije fitaze na otpuštanje fosfora te značajne razlike u unutarnjem sadržaju fitata kod različitih vrsta biljne ishrane, još uvijek je potrebno dati odgovore na neka pitanja koja se tiču ekvivalentnih vrijednosti fosfora u fitazi.

## Učinkovitost mikrobne fitaze

Od 1990. proveden je niz eksperimenata s mikrobnom fitazom koji su pokazali da fitaza poboljšava apsorpciju fosfora iz fitata kod ishrane kako svinja tako i peradi. Međutim, do danas nisu jasno utvrđene ekvivalentne vrijednosti fosfora u fitazi, što je jedan od osnovnih preduvjeta za oblikovanje ishrane. To je posebice točno za biljne tvari za ishranu poput brašna ili ječma, koji sadrže visoku koncentraciju endogene aktivnosti fitaze.

Također je dokazano da je apsolutna količina fosfora kojeg životinja zadržava prilikom uzimanja dodataka fitaze manja nego kod fosfata iz ishrane neorganskog podrijetla. To djelomice može objasniti primjedbu da fitaza ima manji učinak na obnavljanje strukture kostiju.

## Ostali učinci fitaze

Ispitivanja na životinjama pokazuju kako prednosti fitaze mogu biti veće od samog oslobađanja fosfora. Zbog svog negativnog naboja, molekula fitata može vezati proteine, čineći ih manje probavljivima. Dodaci fitaze su stoga također povezani s povećanom digestijom aminokiselina.

Istraživanja poboljšane iskoristivosti proteina, međutim, daju oprečne rezultate. Čini se da su znanstveno utemeljeni dokazi potrebni za izračun vrijednosti aminokiselina za fitazu oskudni i neuvjerljivi.

Bilo kakvo poboljšanje probavljivosti proteina trebalo bi se najčešće odraziti na performanse životinja. Primjena rezultata rasta ili promjene ishrane bila bi najpravičnija metoda procjene učinkovitosti fitaze na poboljšanje iskoristivosti proteina. Studije iz literature međutim pokazuju varijabilne poraste težine ili učinkovitosti ishrane te do njih ne dolazi uvijek kada je u ishranu uključena fitaza.

## Tehnološka ograničenja i ograničenja okoliša

Enzimi, uključujući fitazu, su proteini na koje elementi okruženja, poput vrućine i vlage, imaju degradacijski učinak. Normalni uvjeti prerade poput proizvodnje granula imaju negativan učinak na oporavak enzima i enzimsku aktivnost.

Proizvođači enzima stoga su razvili različite koncepte kako bi dobili stabilniji sastojak koji će moći podnijeti uvjete obrade i skladištenja. Uporaba granulirane ili obložene fitaze ili postgranulacijska primjena tekuće fitaze primjeri su takvih procesa.

Međutim, iako je obložena fitaza mnogo stabilnija, visoke temperature granuliranja još uvijek rezultiraju značajnim smanjenjem aktivnosti fitaze. Taj problem moguće je riješiti postgranulacijskom primjenom tekuće fitaze, međutim tu postoje druga ograničenja. Precizno prskanje granula aditivom od ključnog je značaja, posebice kod mladih i malih životinja. Pneumatska obrada obrađenih granula rezultira značajnim smanjenjem aktivnosti fitaze. Nadalje, ekstremne temperature skladištenja u ljetnim mjesecima mogu dovesti do značajnog smanjenja aktivnosti fitaze.

Dodavanjem fitaze ishrani pokazano je da fitaza može smanjiti ukupnu koncentraciju fosfora u gnojivu. Međutim, fitaza također može utjecati na oblik izlučenog fosfora u gnojivu te potencijalni gubitak fosfora iz tla. U nekoliko istraživanja postalo je jasno kako gnojivo pilića hranjenih fitazom sadrži više topivog fosfora od gnojiva pilića s kontrolnom ishranom. Ta veća topivost fosfora može rezultirati dospijevanjem viška fosfora u vodene tokove te naknadnom eutrofikacijom.

## Zaključci

Sposobnost fitaze da stvara fitatima vezan fosfor dostupan za monogastrične životinje dobro je poznata i široko prihvaćena. Međutim, iako je uporaba fitaze umnogome postala standardna praksa u ishrani monogastričnih životinja, treba istaknuti njezin ograničeni nutritivni doprinos u okvirima probavljivosti fosfora, aminokiselina i proteina; vrijednosti nisu utvrđene, a rezultati su nekonzistentni.

Ograničeni i oskudni rezultati vezani uz poboljšanje performansi životinja definitivno ne podržavaju tvrdnje o povećanju probavljivosti aminokiselina. Nadalje, razlike između razina fitata u biljnim materijalima otežavaju utvrđivanje specifičnih ekvivalentnih vrijednosti fosfora za fitazu. Postoje dokazi da fitazom oslobođeni fosfor nema toliki učinak na jačinu kostiju kao neorganski izvori fosfata.

Iznad svega, enzimi poput fitaze osjetljivi su na grube uvjete obrade prilikom postupka granuliranja, kao i tijekom skladištenja, što rezultira neizbježnim gubitcima enzimске aktivnosti, te značajnim učinkom na sposobnost fitaze u zadovoljenju životinjskih potreba za fosforom.

Svi ti elementi uzrok su značajnih razlika u vrijednostima fosfora u biljnoj ishrani s dodatcima fitaze. Budući da je znanje o raspoloživosti fosfora u ishrani ključno za optimalni uzgoj životinja, ne smije se precijeniti vrijednost mikrobne fitaze. Precijenjena raspoloživost ekvivalentnih vrijednosti fosfora može imati ozbiljne gospodarske implikacije.

Krajnji cilj dokumenta "Neka mišljenja u vezi upotrebe mikrobnog fitaze" je da pruži objektivno istraživanje o upotrebi fitaze u ishrani životinja. To će omogućiti onima koji se bave gajenjem životinja da preispitaju vrednost mikrobnog fitaze.

## Funkcionisanje fitaze

Fosfor koji unose životinje se delimično izdvaja u đubrivu. Najveći doprinos ovome daje sadržaj fitinske kiseline, koja se može naći u biljnoj hrani, i koja vezuje 60-80 % ukupnog prisutnog fosfora. Fosfor vezan fitatima nije dostupan monogastričnim životinjama pošto one imaju nedovoljno crevnih enzima kako bi uspešno svarile fitate.

Fitaza je enzim sposoban da oslobađa fosfor vezan fitatima i da ga učini dostupnim monogastričnim životinjama. Komercijalne fitaze su zasnovane na različitim genetski modifikovanim mikrobnim vrstama pšenice, ukazujući na različite prednosti, i dostupne su u različitim oblicima.

Iako je ciljni substrat, fitat, dobro definisan, njegovo pojavljivanje u aleuronskom sloju (npr. u pšenici) ili kroz semenke (npr. u semenu uljarica) i njegova unutrašnja koncentracija u različitoj biljnoj hrani se razlikuje. To dovodi do različitih reakcija na fitazu u zavisnosti od sposobnosti biljne hrane da se rastvori u crevima. Želudac (svinja) i voljka i mišićni-prednji želudac (živine) su identifikovani kao glavno mesto hidrolize fitata mikrobnom fitazom.

Fitaza bi, stoga, trebalo da bude u mogućnosti da radi u kiselim uslovima jer fitat je rastvorljiv na ovom pH-nivou i podložan napadu fitaze. Zbog nelinearnog odgovora fitaze na oslobađanje fosfora i značajnih razlika u unutrašnjem sadržaju fitata u biljnoj hrani, još uvek postoje pitanja na koja treba odgovoriti u vezi ekvivalentnih vrednosti fosfora u fitazi.

## Efikasnost mikrobnog fitaze

Od 1990. godine, veliki broj eksperimenata je izvršen sa mikrobnom fitazom u kojima je pokazano da fitaza poboljšava iskorišćenost fosfora iz fitata u ishrani svinja i živine. Međutim, čak i danas ekvivalentne vrednosti fosfora u fitazi još uvek nisu precizno određene. Što, naravno, predstavlja preduslov za oblikovanje ishrane. To je posebno slučaj sa biljnom hranom poput pšenice ili ječma koja sadrže visoke nivoe unutrašnje aktivnosti fitaze.

Takođe je prikazano da je apsolutna količina fosfora zadržana u životinji preko dodavanja fitaze manja nego u slučaju fosfata iz neorganske hrane. To može delimično da objasni mišljenje da je fitaza manje efikasna u obnavljanju strukture kostiju.

## Drugi efekti fitaze (nevezani sa fosforom)

Ispitivanja životinja ukazuju da prednost fitaze nije samo u oslobađanju fosfora. Zbog svojih negativnih naboja molekul fitata može da veže proteine, čineći ih težim za varenje. Dodatak fitaze se takođe povezuje sa povećanim varenjem aminokiselina.

Istraživanja u vezi poboljšanja iskorišćenosti proteina, međutim, daju suprotne rezultate. Čini se da je naučno zasnovani dokaz koji je potreban za izračunavanje vrednosti aminokiselina za fitazu, nedovoljan i nedorečen.

Svaki napredak u varenju proteina bi trebalo da se ogleda u poboljšanom učinku životinje. Primena rezultata rasta ili promene ishrane bila bi najpravičnija metoda procene efikasnosti fitaze na poboljšanje iskorišćenosti proteina. Zabeležena istraživanja međutim pokazuju da su poboljšanja u povećanju težine ili ishrane promenljiva i ne dešavaju se uvek kada se fitaza doda u ishranu.

## Tehnološka i ekološka ograničenja

Enzimi, uključujući fitazu, predstavljaju proteine koji su podložni propadanju zbog ekoloških faktora kao što su vrućina i vlaga. Normalni uslovi obrade kao što je pravljenje tableta imaju negativan efekat na oporavak i aktivnost enzima.

Proizvođači enzima su stoga razvili različite koncepte kako bi napravili stabilnije jedinjenje koje bi moglo da podnese uslove obrade i skladištenja. Upotreba granulirane ili obložene fitaza kao i primena tečne fitaze u nakon pravljenja tableta predstavljaju primere tih konceptata.

Međutim, iako je obložena fitaza stabilnija, visoke temperature prilikom pravljenja tableta dovode do značajnih gubitaka u aktivnosti fitaze. Ovaj problem je prevaziđen primenom tečne fitaze nakon pravljenja tableta, međutim i dalje postoje druga ograničenja. Precizno prskanje dodatka na tablete je od najveće važnosti, posebno u slučaju mladih i malih životinja. Pneumatska obrada ovako tretiranih tableta dovodi do značajnih gubitaka u aktivnosti fitaze. Isto tako, u toku leta, ekstremno visoke temperature mogu da dovedu do značajnih gubitaka u aktivnosti fitaze.

Dodatak fitaze u ishrani je pokazao da fitaza može da smanji ukupne nivoe fosfora u đubrivu. Međutim, fitaza takođe može da utiče i na formiranje fosfora izdvojenom u đubrivu i moguću gubitak fosfora iz zemlje. U nekoliko ispitivanja, postalo je očigledno da đubrivo živine koja se hrani fitazom sadrži rastvorljiviji fosfor od đubriva živine koja je ishranjivana kontrolisanom hranom. Ova veća rastvorljivost fosfora može dovesti do ulaska viška fosfora u vodotokove i stoga do izazivanja eutrofikacije.

## Zaključci

Sposobnost fitaze da učini fosfor vezan fitatima dostupan monogastričnim životinjama je poznata i opšte prihvaćena. Međutim, iako upotreba fitaze na mnogo načina postaje uobičajena praksa u ishrani monogastričnih životinja, trebalo bi zapamtiti da je njen nutritivni doprinos u pogledu varenja fosfora kao i aminokiselina i energije ograničen; vrednosti su neodređene a rezultati promenljivi.

Ograničeni i slabi rezultati u poboljšanju učinka životinja ne podržavaju nedvosmisleno tvrdnje o povećanoj mogućnosti varenja aminokiselina. Isto tako, unutrašnje razlike između nivoa fitata u biljnoj hrani otežavaju dodeljivanje specifične ekvivalentne vrednosti fosfora za fitazu. Postoje dokazi da fosfor oslobođen fitazom ne podržava maksimalno jačanje koštane strukture na isti način kao i neorganski izvori fosfora.

Iznad svega, na enzime poput fitaze utiču strogi uslovi obrade u toku pravljenja tableta kao i u toku skladištenja, što dovodi do neizbežnog gubitka aktivnosti enzima, značajno utičući na sposobnost fitaze da zadovolji potrebe životinja za fosforom.

Svi ovi faktori čine dostupnost fosfora iz biljne hrane dopunjene fitazom prilično promenljivom. Pošto znanje o dostupnosti fosfora u ishrani predstavlja ključnu činjenicu u optimalnom uzgajanju životinja trebalo bi paziti da se vrednosti mikrobnog fitaze ne precene. Precenjivanje dostupnih ekvivalentnih vrednosti fosfora bi moglo izazvati ozbiljne ekonomske posledice.