

## **Ефект от добавката на микробиална фитаза върху използването на минералните вещества при пилета бройлери, хранени с царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смески**

**Димитър Чотински\*, Емилия Станчева, Христо Станчев**

*Институт по животновъдни науки – Костинброд*

\*E-mail: chotinsky@mail.bg

### **Резюме**

Проведени са два опита, за да се установи ефектът от добавката на микробиална фитаза в царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смески върху съдържанието и ретенцията на минералните вещества (Ca, P, Mg, Mn, Cu, Zn и Fe) в организма на пилетата бройлери и съдържанието на пепел, Ca, P и Mg в подбедрената кост.

Първият опит беше проведен с царевично-соева смеска с нормално и с ниско съдържание на нефитинов фосфор и добавка на фитаза (0, 125, 250, 500 и 700 PU/kg) смеска.

Вторият опит беше проведен с царевично-пшеничено-соева смеска с нормално и с ниско съдържание на нефитинов фосфор и добавка на фитаза (0, 250, 500 PU/kg) смеска.

При добавката на фитаза в царевично-соева смеска с ниско съдържание на нефитинов фосфор намалява съдържанието на Ca, P, Mg и Zn в организма на пилетата бройлери. Добавката на 250 PU/kg фитаза в царевично-соева смеска с ниско съдържание на нефитинов фосфор увеличава съдържанието на Cu, а на Fe – при добавката на 250 и 700 PU/kg фитаза.

При добавката на фитаза в дажби с ниско съдържание на нефитинов фосфор намалява ретенцията на Ca, P, Mg и Zn, но се увеличава ретенцията на Cu, Mn и Fe, когато се използва царевично-соева смеска и добавка на 250 и 700 PU/kg фитаза, за Cu на Mn при добавката на 250 PU/kg фитаза в царевично-соева смеска и 500 PU/kg фитаза в царевично-пшеничено-соева смеска и на Fe при добавката на 250 и 700 PU/kg фитаза в царевично-соева смеска.

Съдържанието на пепелта, Ca, P и Mg в подбедрената кост намалява и в двата опита, но не се изменя съдържанието на пепелта при използването на царевично-соева смеска и добавка на 700 PU/kg фитаза, на P когато се използва царевично-пшеничено-соева смеска и добавка на 500 PU/kg фитаза и на Mg, когато се използва царевично-соева смеска и добавка на 250 PU/kg фитаза.

**Ключови думи:** минерални вещества, елементи, баланс, подбедрена кост, микробиална фитаза, пилета бройлери

## **The Effects of Supplemental Microbial Phytase on the Utilization of Dietary Minerals in Broiler Chickens Fed Corn-Soybean and Corn-Wheat-Soybean Diets**

**Chotinsky, D.,\* Stancheva, E., Stanchev, Ch.**

*Institute of Animal Science – Kostinbrod*

\*E-mail: chotinsky@mail.bg

**Citation:** Chotinsky, D., Stancheva, E., Stanchev, Ch. (2019). The Effects of Supplemental Microbial Phytase on the Utilization of Dietary Minerals in Broiler Chickens Fed Corn-Soybean and Corn-Wheat-Soybean Diets. *Zhivotnovadni Nauki*, 56(2), 34-46 (Bg).

### Abstract

Two experiments were conducted to evaluate the effects of dietary phytase in corn-soybean and corn-wheat-soybean meal on content and retention of minerals (Ca, P, Mg, Mn, Cu, Zn & Fe) and content of minerals of bone of tibia.

In experiment 1 involved a normal P level corn-soybean meal and a low P diets plus phytase 0.125, 250, 500, 700 PU/kg) diet.

A second experiment was conducted with a normal P level corn-wheat-soybean diet and a low P plus phytase (250, 500 PU/kg) diet.

Phytase supplementation of the low P corn-soybean diets decreased the content of Ca, P, Mg and Zn in organism of broiler chickens. The addition of microbial phytase in a low P diet increased the content of Cu and Fe when added 250 PU/kg phytase for Cu and 250 and 700 PU/kg phytase for Fe.

Phytase supplementation of the low P diet decreased retention of Ca, P, Mg and Zn, but increased retention of Cu, Mn and Fe when fed corn-soybean meal plus 500 and 700 PU/kg phytase for Cu and Fe and 250 PU/kg phytase in corn-soybean meal and 500 PU/kg phytase in corn-wheat-soybean meal for Mn.

The content of tibia ash, Ca, P and Mg were decreased in experiment 1 and 2, but had no effect on the content of tibia ash when fed corn-soybean diet plus 700 PU/kg phytase and P increased when fed corn-wheat-soybean plus 500 PU/kg phytase and Mg when fed corn-soybean diet plus 250 PU/kg phytase

**Key words:** Trace elements, balance, tibia bone, microbial phytase, mineral, chicken broilers

Една значителна част от фосфора в зърнените житни, брашно от маслодайни семена и отпадъчните продукти от житните е свързан с фитиновата киселина. Фитиновата киселина, известна като фитат, представлява органичен комплекс, който се разглежда като първична форма на съхранение на фосфата и инозитола в растенията (Cosgrove, 1980). Процентът на фитатния фосфор варира от 60 до 80% от общия фосфор в растителните фуражи (Ravindran et al., 1995; Selle et al., 2000). Фитатният фосфор в зърнените житни и бобови се съдържа в умерени количества, докато в брашното от маслодайните и отпадъчните продукти от житните се съдържа в по-голямо количество. Фитатът се разглежда като хранително вещество, понеже съдържа фосфор. В същото време се смята, че е токсичен, понеже свързва някои незаменими елементи

и намалява тяхната усвояемост (Reddy et al., 1982). Фитатът е реактивен анион и може да образува соли с минералните вещества и по този начин да намали тяхната разтворимост (Erdman, 1979).

Фитатният фосфор частично се усвоява при птиците, понеже няма достатъчно ендогенна фитазна активност (Ravindran et al., 1995). За подобряване усвояването на фитатния фосфор в дажбите на птиците и свинете често се добавя ензимът фитаза (Selle and Ravindran, 2007, 2008). За разлика от преживните животни при моногастричните животни липсва или има много ниска ендогенна активност на ензима фитаза, която е необходима за хидролизата на фитиновата киселина.

Фитиновата киселина образува неразтворими соли с двувалентните и тривалентни

катиони при неутрална рН (Oberleas, 1973; Morris al., 1986). Vohra et al. (1965) установяват, че фитатът образува комплекси с катионите в следния намаляващ ред на сила:  $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+}$ . Maddaih et al. (1964) отбелязват, че цинкът образува трудно разтворима сол с фитиновата киселина и редът на стабилност на фитатите е:  $\text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ .

Добавката на микробиална фитаза подобрява усвояването на фитиновия фосфор при пилета бройлери (Yi et al., 1994; Denbow et al., 1995; Kornegay et al., 1996) и пуйчета Yi et al., 1995; Qian et al., 1996). Установено е също така, че добавката на фитаза и  $1,25 (\text{OH})_2 \text{D}_3$  увеличават ретенцията на фитатния фосфор, докато по-високите нива на Са и Р намаляват ретенцията на фитатния фосфор (Qian et al., 1996) При добавката на микробиална фитаза се подобрява усвояването и на калция при пилета бройлери (Broz et al., 1994; Yi et al., 1994; Kornegay et al., 1996; Sebastian et al., 1996) и пуйчета (Qian et al., 1996). Ретенцията на калция се увеличава линейно, когато сумата на фитазата се увеличава и намалява, когато отношението Са:Р на диетата става по-широко и когато нивото на нефитиновия фосфор се увеличава (Qian et al., 1996).

От микроелементите цинкът е най-уязвимият йон при образуването на комплекси с фитата и усвояването му се повлиява от него (Gifford and Clydesdale, 1990). Установено е, че фитатът пречи на усвояването на цинка при плъхове, прасета, пилета и човека (Lease, 1966; Ferguson et al., 1989; Lonnerdal et al., 1989; Bobilya et al., 1991). Затова се смята, че фитатът е значителен фактор в недостига на Zn (Oberleas and Harland, 1996).

При проведени по-рано изследвания е установено, че при добавката на фитаза в дажбите на млади прасета се подобрява резорбцията на Zn (Pallauf et al., 1992, 1994; Lei et al., 1993). При включването на 800 PU/kg фитаза в дажба, съдържаща 27 mg/kg Zn, се увеличава ретенцията на Zn и при пилета (Thiel and Weigand, 1992). Проучванията за влиянието на фитазата върху ретенцията на другите фитатносвързани микроелементи са ограничени.

Целта на настоящето изследване беше да се определи и сравни ефектът от добавката на фитаза в дажби, съставени на базата на царевича и пшеница, върху използването на макро- и микроелементите при пилета бройлери, хранени със смески с ниско ниво на нефитинов фосфор без добавка на неорганичен фосфат в смеските.

## Материал и методи

Проведени бяха два опита със 120 броя еднодневни мъжки пилета бройлери, четирилинеен хибрид на фирмата Ross, за установяване използването на фитатния фосфор при добавката на микробиална фитаза в царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смески.

Съставът на смеските е показан в табл. 1 и табл. 2. Пилетата се хранеха със стартерна смеска от 0 до 21-вия ден и от 22-рия до 49-ия ден – с гроуерна смеска. Смеските бяха съставени така, че да посрещнат нуждите от хранителни вещества с изключение на нивото на нефитиновия фосфор. В стартерната смеска на контролната група се съдържа 0,42% нефитинов фосфор и 0,29% в опитните групи. През гроуерния период нивото на нефитиновия фосфор е 0,29% в контролната група и 0,17% в опитните групи при четири нива на фитаза (0, 125, 250, 500, 700 PU/kg).

При използването на царевично-пшеничено-соева смеска съдържанието на фосфора при контролната група през стартерния период е 0,43%, а у опитните групи 0,24%. През гроуерния период нивото на фосфора е 0,32% у контролната група и 0,18% в опитните групи при две нива на фитаза (0, 250, 500 PU/kg).

Една единица фитаза се определя като количеството ензим, който освобождава 1  $\mu\text{mol}$  неорганичен фосфор/min от 5,1 mM натриев фитат, при рН 5,5 и 37 °C.

Пилетата бяха претеглени при залагането на опитите, маркирани и случайно разпределени по-групи и поставени в клетки, при контролирана температура в помещението.

**Таблица 1.** Състав на смеските  
**Table 1.** Composition of mixture

Компоненти, % Components, %	Стартер / Starter		Гроуер / Grower	
	Групи / Groups			
	I гр	II-V гр.	I гр	II-V гр.
Царевица	56,412	56,712	62,272	62,552
Сл. шрот	6,00	6,00	7,00	7,00
Соев шрот	29,500	29,500	22,600	22,500
Рибено брашно	4,00	4,00	2,00	2,00
Раст. мазнина	1,00	1,00	3,00	3,00
Креда	1,00	1,900	1,300	1,900
Дикал. фосфат	1,200	-	0,800	-
Лизин	-	-	0,100	0,120
Метионин	0,100	0,100	0,140	0,140
Лербек (кокцидиостат)	0,020	0,020	0,020	0,020
Ендокс (антиоксидант)	0,018	0,018	0,018	0,018
Премикс	0,500	0,500	0,500	0,500
Сол	0,250	0,250	0,250	0,250
Смеската съдържа / The mixture contained				
Всичко / Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Суров протеин, % Crude protein, %	22,43	22,45	19,03	19,03
ОЕ, kcal	2895	2905	3079	3087
Лизин, % Lysine, %	1,27	1,27	1,07	1,08
Метионин, % Methionine, %	0,49	0,49	0,47	0,47
Метионин + Цистин, % Methionine + Cistine, %	0,83	0,83	0,77	0,77
Калций, % Calcium, %	0,92	0,92	0,82	0,82
Общ фосфор, % Total phosphorus, %	0,73	0,54	0,59	0,47
Усвояем фосфор, % Available phosphorus, %	0,42	0,23	0,29	0,17

Използвана беше двуфазна система на хранене със стартерна и гроуерна смеси. В първия опит пилетата в контролната група от излюпването до 21-вия ден получаваха стартерна смеска с 22,43% суров протеин и 2895 kcal/

kg ОЕ, а опитните групи – смеска с 22,45% суров протеин и 2905 kcal/kg ОЕ. През гроуерния период смеските съдържаха съответно 19,03 и 19,03% суров протеин и 3079 и 3087 kcal/kg ОЕ. Във втория опит пилетата от кон-

тролната група се хранеха през стартерния период с 22,46% суров протеин и 2873 kcal/kg ОЕ, а опитните групи – с 22,47% суров протеин и 2894 kcal/kg ОЕ. През гроуерния период смеските съдържаха 19,20 и 19,22% суров

протеин и 3049 и 3056 kcal/kg ОЕ съответно в контролната и опитните групи.

Всички смеси бяха предоставени за консумация ad libitum в насипна форма. Пилетата имаха свободен достъп до вода.

**Таблица 2.** Състав на смеските

**Table 2.** Composition of mixture

Компоненти, % Components, %	Стартер / Starter		Гроуер / Grower	
	Групи / Groups			
	I гр	II-V гр.	VI гр	VII-VIII гр.
Царевица	30,250	30,000	32,732	32,962
Пшеница	29,662	29,762	33,000	33,000
Сл. шрот	5,00	5,00	6,00	6,00
Соев шрот	27,00	27,00	20,00	20,00
Рибено брашно	4,00	4,00	2,00	2,00
Раст. мазнина	1,00	1,200	3,00	3,00
Креда	1,00	1,900	1,300	1,950
Дикал. фосфат	1,200	-	0,880	-
Лизин	-	-	0,150	0,150
Метионин	0,100	0,100	0,150	0,150
Лербек (кокцидиостат)	0,020	0,020	0,020	0,020
Ендокс (антиоксидант)	0,018	0,018	0,018	0,018
Премикс	0,500	0,500	0,500	0,500
Сол	0,250	0,250	0,250	0,250
Всичко / Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Смеската съдържа / The mixture contained				
Суров протеин, % Crude protein, %	22,46	22,47	19,20	19,22
ОЕ, kcal	2874	2894	3049	3056
Лизин, % Lysine, %	1,23	1,23	1,07	1,07
Метионин, % Methionine, %	0,48	0,48	0,47	0,47
Метионин + Цистин, % Methionine + Cistine, %	0,84	0,84	0,79	0,79
Калций, % Calcium, %	0,93	0,93	0,85	0,84
Общ фосфор, % Total phosphorus, %	0,73	0,54	0,61	0,47
Усвояем фосфор, % Available phosphorus, %	0,43	0,24	0,32	0,18

По време на опитите бяха контролирани теловното развитие на пилетата бройлери, ежедневно приетият фураж, разходът на фураж по периоди и смъртността на пилетата бройлери.

След завършване на опитите по 5 пилета със средно тегло от I, III, V, VI и VII група бяха убити, автоклавирани и дясната подбедрена кост отстранена. Месото и меките тъкани, прикрепени към нея, бяха отстранени. След това пробите подбедрени кости бяха изсушени до постоянно тегло при 105 °C и после изгорени в муфелна пещ при 600 °C за 4 h. Пепелта от подбедрените кости беше разтворена с азотна и перхлорна киселина (5:3, vol.:vol.) според АОАС методи (1980).

Фосфорът във фуража, автоклавираните трупчета и пепелта от подбедрените кости беше определен чрез молибден-ванадиевия метод.

Съдържанието на Ca, Cu, Zn, Mg, Mn и Fe в автоклавираните трупчета и пепелта от подбедрените кости бяха определени чрез пламъчно-абсорбционна спектроскопия.

Пробите фураж бяха подложени на първоначален анализ и след това е определено съдържанието на Ca, Cu, Zn, Mg, Mn и Fe чрез пламъчно-абсорбционна спектроскопия.

Получените резултати бяха обработени вариационно-статистически по метода на Стюдънт.

### Резултати и обсъждане

Съдържанието на калция, фосфора, магнезия, медта, мангана и желязото (в свежа тъкан) е дадено в табл. 3. Вижда се, че съдържанието на калция и фосфора в организма на пилетата е по-ниско при изхранването със смески с ниско ниво на нефитинов фосфор в царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смески. Ниското дажбено ниво на нефитиновия фосфор намалява съдържанието на магнезия и мангана с изключение на седма група за магнезия и трета за мангана. Съдържанието на медта се повишава при изхранването с царевично-соева смеска и добавка на 250 PU/kg фитаза, но при останалите опитни групи е по-ниско от контролната група. Количеството на цинка намалява при изхранването с двата вида смески с намалено съдържание на нефитинов фосфор. Съдържанието на желязото се повишава при изхранването с царевично-соева смеска и добавка на 250

**Таблица 3.** Съдържание на някои макро- и микроелементи в организма на пилетата (в свежа тъкан)  
**Table 3.** Contents of some macro and micro elements in organism of chickens (in Fresh tissue)

Елементи	Групи / Groups				
	I	III	V	VI	VII
Калций, g/kg Ca, g/kg	7,20 ± 0,99	6,91 ± 0,82	6,27 ± 0,72	6,96 ± 0,77	6,78 ± 1,47
Фосфор, g/kg P, g/kg	4,76 ± 0,88	4,23 ± 0,05	4,65 ± 0,47	5,14 ± 0,65	4,73 ± 0,64
Магнезий, mg/kg Mg, mg/kg	437,7 ± 75,6	423,8 ± 56,8	407,1 ± 50,9	416,2 ± 82,3	420,8 ± 65,7
Манган, mg/kg Mn, mg/kg	1,56 ± 0,56	1,81 ± 0,77	1,42 ± 0,32	1,52 ± 0,45	1,73 ± 0,40
Мед, mg/kg Cu, mg/kg	4,79 ± 2,19	5,91 ± 3,16	4,09 ± 2,06	3,86 ± 2,08	3,46 ± 1,34
Цинк, mg/kg Zn, mg/kg	39,4 ± 14,3	37,0 ± 6,70	31,2 ± 4,43	35,6 ± 11,30	29,1 ± 3,24
Желязо, mg/kg Fe, mg/kg	53,90 ± 16,8	68,8 ± 14,40	58,8 ± 22,90	49,9 ± 12,20	45,1 ± 10,2

и 700 PU/kg фитаза, но остава по-ниско при изхранването с царевично-пшеничено-соева смеска и добавка на 250 PU/kg фитаза.

Получените резултати за баланса на калция, фосфора и магнезия са представени в табл. 4. Изхранването със смеси с ниско съдържание на нефитинов фосфор води до намаление на отложения спрямо приетия калций, фосфор и магнезий, като за магнезия това намаление е по-малко.

Данните за мангана, медта, цинка и желязото, отложени в организма на пилетата бройлери, са дадени в табл. 5. При добавката на 250 PU/kg фитаза в царевично-соева смеска и 500 PU/kg фитаза в царевично-пшеничено-соева смеска отлагането на мангана се повишава. При включването на 250 PU/kg фитаза в царевично-соева смеска с намалено съдържание на нефитинов фосфор се по-

вишават отложените спрямо приетите мед и желязо, но при добавката на 500 PU/kg фитаза в царевично-пшеничено-соева смеска с намалено съдържание на нефитинов фосфор отлагането на медта и желязото се понижава, като това намаление е по-голямо за желязото. При добавката на фитаза в дажбите с по-ниско съдържание на нефитинов фосфор намалява отложения спрямо приетия цинк при пилетата бройлери у всички опитни групи.

Неспособността на пилетата бройлери да използват фитиновата киселина е показана в това изследване чрез по-ниското живо тегло, намаленото съдържание на минералните вещества в организма и в подбедрената кост при използването на смеси с ниско съдържание на нефитинов фосфор, като се разчита на фосфора във фуражните компоненти. Установено е, че фитатът е силна киселина, ко-

**Таблица 4.** Баланс на калция, фосфора и магнезия  
**Table 4.** Balance of Calcium, Phosphorus and Magnezium

Показатели	Групи / Groups				
	I	III	V	VI	VII
Калций Ca					
Приет с фуража, g	56,7	42,1	47,2	54,8	47,4
Отложен в трупа, g	15,9	10,2	11,8	15,1	12,6
% на оползотворяване	28,1	24,1	25,1	27,6	26,5
	100,0	85,8	88,9	100,0	96,0
Фосфор Ph					
Приет с фуража, g	24,7	18,3	20,6	23,8	20,6
Отложен в трупа, g	10,5	7,1	8,5	11,1	8,8
% на оползотворяване	42,4	38,4	41,2	46,7	42,5
	100,0	90,6	97,2	100,0	91,0
Магнезий Mg					
Приет с фуража, g	11010	8180	9170	10630	9200
Отложен в трупа, g	965	708	765	902	781
% на оползотворяване	8,8	8,7	8,4	8,5	8,5
	100,0	98,9	95,4	100,0	100,0

ято образува соли с минералните вещества и по този начин се намалява тяхната разтворимост и резорбция (Sandberg and Svanberg, 1991). Когато фитатът се хидролизира под действието на микробиалната фитаза се освобождават всички минерали, миоинозитолът и неорганичните фосфати.

Използването на фитатния фосфор от птиците се влияе от калция и фосфора в дажбите (Mohammed et al., 1991), но влиянието на дажбения калций е много по-силно. По-рано проведени опити показват, че високите нива

на калция в диетите на плъхове (Nahapelian and Youngo, 1988) и птици (Scheideler and Sell, 1987) намаляват усвояването на фитатния фосфор значително. Това се потвърждава и в друго изследване, което показва, че високият (1,25%) дажбен калций намалява усвояването на фитатния фосфор, оценено с по-ниската ретенция на фосфора (Sebastian et al., 1996).

Mohammed et al., (1991.) отбелязват, че използването на фитатния фосфор се увеличава с 15%, когато нивото на дажбения калций се намали от 1% на 0,5%. И при опити с прасета

**Таблица 5.** Баланс на манган, мед, цинк, желязо  
**Table 5.** Balance of Mangan, Cuprum, zink, ferrum

Показатели	Групи / Groups				
	I	III	V	VI	VII
		Манган	Mn		
Приет с фуража, g	526	391	438	508	439
Отложен в трупа, g	3,44	3,03	2,67	3,29	3,21
% на оползотворяване	0,65	0,77	0,61	0,65	0,73
	100,0	118,5	93,8	100,0	112,3
		Мед	Cu		
Приет с фуража, g	67,9	50,4	56,5	65,5	56,7
Отложен в трупа, g	8,33	7,83	7,67	8,37	6,42
% на оползотворяване	12,3	15,5	13,6	12,8	11,3
	100,0	126,0	110,6	100,0	88,3
		Цинк	Zn		
Приет с фуража, g	481	357	401	464	402
Отложен в трупа, g	86,9	61,9	58,7	77,2	53,9
% на оползотворяване	18,1	17,3	14,7	16,6	13,3
	100,0	95,6	81,2	100,0	80,1
		Желязо	Fe		
Приет с фуража, g	1051	781	875	1015	878
Отложен в трупа, g	119	115	117	131	91
% на оползотворяване	11,3	14,7	13,4	12,9	10,4
	100,0	130,1	118,6	100,0	80,6



е било установено, че при добавката на фитаза се подобрява използването на фитатния фосфор по-ефективно при ниски нива на калций в сравнение с нормално препоръчаните нива (Lei et al., 1994). Установено е също така, че ефектът от добавката на фитаза е най-голям когато отношението на Ca:tP фосфор е ниско (1,1:1) (Qian et al., 1996). В проведеното от нас изследване ретенцията на калция и фосфора се повлиява негативно от по-широкото Ca:P отношение. Според Qian et al. (1996) ретенцията на калция се увеличава линейно, когато количеството на добавената фитаза се увеличава и намалява, когато отношението Ca:tP в дажбата стане по-широко и когато нивото на нефитиновия фосфор се увеличава.

По-високото съдържание на калций в дажбата намалява използването на фитатния фосфор понеже: 1) Образува се неразтворим калциево-фитатен комплекс, който е по-малко достъпен за фитазата (Wise, 1983; Kornegay et al., 1996);

2) Фитазната активност се потиска в резултат на по-голямото количество на калция, който се съревновава за активните места във фитазата (McCuaig et al., 1972);

3.) Увеличава се рН в червото от калция в дажбата, което води до намаляване на разтворимата фракция на минералните вещества и тяхната наличност за резорбция (Shafey et al., 1991).

Установено е, че количеството на освободения фосфор от фитазата зависи от количеството на фитатите в дажбата (Ravindran et al., 1995), от източника и от концентрацията на добавената фитаза (Kornegay et al., 1996), калция (Schoner et al., 1993) и витамин D<sub>3</sub> (Qian et al., 1995).

Фитатите образуват соли с такива катиони като Ca, Mg, Cu, Zn (Oberleas, 1973). Reddy et al. (1982) отбелязват, че цинкът (Zn) има най-силен свързващ афинитет с фитатите и усвояването му се засяга от тях (Gifford and Clydesdale, 1990). Затова се смята, че фитатите са значителен фактор при цинковата недостатъчност (Oberleas and Herland, 1996).

Robertson and Edwards (1994) установяват обаче, че добавката на фитаза самостоятелно

няма ефект върху ретенцията на Zn при пилета, но се подобрява, когато се дава заедно с витамин D<sub>3</sub>.

Данните за влиянието на фитазата върху другите фитатносвързани минерални вещества са ограничени. Знае се, че добавката на фитаза увеличава използването на Cu с 19,3% при мъжки пилета бройлери, но няма подобен ефект при женските пилета, хранени с нискофосфорна царевично-соева смеска (Sebastian et al., 1996). Установихме също увеличение в ретенцията на Cu при добавката на 250 PU/kg фитаза в царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смеси. Aoyage and Baker (1995) обаче не намират подобрене в използването на Cu в диети, съставени на базата на соев шрот.

Ефектът на дажбените третириания върху минерализацията на подбедрената кост е показан в табл. 6. Процентът на пепелта в подбедрената кост намалява при изхранването с царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смеси с намалено съдържание на нефитинов фосфор и добавка на различни дози фитаза, но не се изменя при добавката на 700 PU/kg фитаза в царевично-соевата смеска.

Съдържанието на калция в подбедрената кост намалява в опитните групи при изхранването с царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смеси с намалено съдържание на нефитинов фосфор, а на фосфора – само у опитните групи при изхранването с царевично-соева смеска. Съдържанието на магнезия в подбедрената кост се повишава при добавката на 250 PU/kg фитаза, но остава по-ниско при добавката на 700 PU/kg фитаза в царевично-соевата смеска и 500 PU/kg фитаза в царевично-пшеничено-соевата смеска.

Viveros et al. (2002) отбелязват също така, че при намалението съдържанието на нефитиновия фосфор при пилета бройлери на 6 седмична възраст намалява с 4,9% съдържанието на пепелта в подбедрената кост. Такива промени са наблюдавани и в други изследвания (Punna and Roland, 1999; Fernandes et al., 1999; Leeson et al., 2000) при пилета. Други автори обаче не установяват влияние на нивата на нефитиновия фосфор върху съ-

**Таблица 6.** Ефект от добавката на фитаза върху съдържанието на пепел, калций, фосфор и магнезий в подбедрената кост на пилетата бройлери (в % към първоначална влага)

**Table 6.** Effect of the supplementation of phytaze on the level of ash, calcium, phosphorus and magnesium in the femur of the broiler chickens (in % initial moisture)

Показатели	Групи / Groups				
	I	III	V	VI	VII
Пепел, % Ash, %	18,97 ± 1,51	16,67 ± 1,25	19,03 ± 1,35	19,59 ± 0,62	17,06 ± 2,15
	100,00	87,90	100,30	100,00	87,10
Калций, % Calcium, %	6,94 ± 1,22	6,44 ± 1,04	6,78 ± 0,72	7,29 ± 1,01	7,19 ± 1,25
	100,00	92,80	97,70	100,00	98,60
Фосфор, % Ph, %	3,93 ± 0,26	3,24 ± 0,53	3,69 ± 0,34	3,45 ± 0,50	3,60 ± 0,65
	100,00	82,40	93,90	100,00	104,70
Магнезий % Mg %	0,20 ± 0,03	0,22 ± 0,04	0,18 ± 0,01	0,19 ± 0,02	0,18 ± 0,04
	100,00	110,00	90,00	100,00	94,70

държанието на пепел в подбедрената кост (Keshavarz, 2000). Sebastian et al. (1996) отбелязват, че процентът на пепелта в главата и стъблото на подбедрената кост се подобрява.

При добавката на фитаза в царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смеси съдържанието на пепелта в подбедрената кост остава по-ниско, като единствено при добавката на 700 PU/kg фитаза се изравнява с контролната група. Съдържанието на пепелта в подбедрената кост не е повлияно и при добавката на фитаза при растящи ярки (Keshavarz, 2000) и пилета (Rama Rao et al., 1999). Qian et al. (1996) обаче намират по-високо съдържание на пепел в подбедрената кост при пуйчета бройлери, хранени с ниска Ca:tP диета. Добавката на фитаза към ниски фосфорни диети повишава съдържането на пепелта и при пилета бройлери (Sebastian et al., 1996; Leeson et al., 2000; Viveros et al., 2002).

Ние установихме, че при добавката на 250 PU/kg фитаза съдържанието на Mg в пепелта от подбедрената кост се увеличава. Това е демонстрирано и от други автори при пилета бройлери (Qian et al., 1996; Mohana and Nys, 1999; Viveros et al., 2002) и пуйчета (Qian et al., 1996). Добавката на фитаза обаче не по-

влиява концентрацията на минералните вещества в пепелта от цялата подбедрена кост (Qian et al., 1996; Sebastian et al., 1996; Ahmad et al., 2000).

Sebastian et al. (1996) отбелязват, че стъблото на подбедрената кост е по-неизменно, докато главата е по-активна на промени и следователно по-чувствителна на варирането, дължащо се на усвояването на минералните вещества. Той намира също така, че концентрацията на всички минерални вещества е по-висока в стъблото, отколкото в главата с изключение на медта, която е концентрирана в главата. Ниското съдържание на фосфор или добавката на фитаза не влияе върху концентрацията на P, Ca, Cu и Zn в пепелта от цялата подбедрена кост. Добавката на фитаза обаче значително подобрява съдържанието на P и Ca в сухото вещество от главата на подбедрената кост.

Viveros et al. (2002) отбелязват, че добавката на фитаза не предизвиква промени в концентрацията на Ca и P в пепелта от подбедрената кост въпреки подобрието в ретенцията на Ca и P. По-рано е било намерено увеличение в смилаността на Ca и P, което не е съпроводено с увеличение на тези ми-

нерални вещества в пепелта от подбедрената кост (Hongxing et al., 1999).

При прасета е намерено увеличение на теглото на костта, % на пепелта и теглото на Са и Р в суха, свободна от мазнина третина от метатарзалната кост, но концентрацията на Р в пепелта от главата не е повлияна от добавката на фитаза (Young et al., 1993). Пепелта, Си и Zn в главата на подбедрената кост са значително повлияни от дажбеното третиране, докато в тялото на костта само съдържанието на пепелта е било повлияно.

В заключение резултатите получени от това изследване показват, че при намаление на нефитиновия фосфор в царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смеска намалява съдържанието на макро- и микроелементите в организма на пилетата бройлери. При направения баланс на тези макро- и микроелементи се установява намаление на ретенцията на калция, фосфора, магнезия и цинка. Също така намаленото съдържание на нефитиновия фосфор в дажбите предизвиква намаление на пепелта на подбедрената кост и съдържанието на Са, Р и Mg в пепелта.

### Изводи

Съдържанието на калция, фосфора, магнезия и цинка в организма на пилетата бройлери намалява при използването на царевично-соева и царевично-соева смеска с ниско ниво на нефитинов фосфор.

Съдържанието на медта и желязото в организма се повишава при използването на царевично-пшеничено-соева смеска и добавка на 250 PU/kg фитаза за медта и 250 и 700 PU/kg фитаза за желязото.

При изхранването с царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смеска с ниско съдържание на нефитинов фосфор намалява ретенцията на Са, Р, Mg и Zn. Ретенцията на Си, Fe и Mn се повишава при изхранването с царевично-соева смеска с ниско съдържание на нефитинов фосфор.

Съдържанието на пепелта, калция, фосфора и магнезия в пепелта от подбедрената

кост намалява при изхранването с царевично-соева и царевично-пшеничено-соева смеска, но не се изменя количеството на пепелта в подбедрената кост при използването на царевично-соева смеска и добавка на 700 PU/kg фитаза, на Р при използване на царевично-пшеничено-соева смеска и добавка на 500 PU/kg фитаза и на Mg при използване на царевично-соева смеска и добавка на 250 PU/kg фитаза.

### Литература

- Ahmad, T., Rasool, S., Sarwar, M., Haq, A. U., & Hasan, Z. U.** (2000). Effect of microbial phytase produced from a fungus *Aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 83(2), 103-114.
- Aoyagi, S., & Baker, D. H.** (1995). Effect of microbial phytase and 1,25-dihydroxycholecalciferol on dietary copper utilization in chicks. *Poultry science*, 74(1), 121-126.
- Bobilya, D. J., Ellersieck, M. R., Gordon, D. T., & Veum, T. L.** (1991). Bioavailabilities of zinc from nonfat dry milk, low fat plain yogurt, and soy flour in diets fed to neonatal pigs. *Journal of agricultural and food chemistry*, 39(7), 1246-1251.
- Broz, J., Oldale, P., Perrin-Voltz, A. H., Rychen, G., Schulze, J., & Nunes, C. S.** (1994). Effects of supplemental phytase on performance and phosphorus utilisation in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. *British Poultry Science*, 35(2), 273-280.
- Cosgrove, D. J., & Irving, G. C. J.** (1980). *Inositol phosphates: their chemistry, biochemistry, and physiology* (Vol. 4). Elsevier Science & Technology.
- Denbow, D. M., Ravindran, V., Kornegay, E. T., Yi, Z., & Hulet, R. M.** (1995). Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poultry Science*, 74(11), 1831-1842.
- Edwards Jr, H. M.** (1993). Dietary 1, 25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens. *The Journal of nutrition*, 123(3), 567-577.
- Erdman, J. W.** (1979). Oilseed phytates: nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56(8), 736-741.
- Ferguson, E. L., Gibson, R. S., Thompson, L. U., & Ounpuu, S.** (1989). Dietary calcium, phytate, and zinc intakes and the calcium, phytate, and zinc molar ratios of the diets of a selected group of East African children. *The American journal of clinical nutrition*, 50(6), 1450-1456.

- Fernandes, J. I., Lima, F. R. D., Mendonca Jr, C. X., Mabe, I., Albuquerque, R. D., & Leal, P. M.** (1999). Relative bioavailability of phosphorus in feed and agricultural phosphates for poultry. *Poultry Science*, 78(12), 1729-1736.
- Gifford, S. R., & Clydesdale, F. M.** (1990). Interactions among calcium, zinc and phytate with three protein sources. *Journal of food science*, 55(6), 1720-1724.
- Hongxing, L., Jianliang, W., Song, X., & Yuli, L.** (1999). Effects of dietary calcium to phosphorus ratio on performance, calcium, and phosphorus metabolism in broilers fed on microbial phytase. *Chin. J. Anim. Sci*, 35, 25-26.
- Keshavarz, K.** (2000). Reevaluation of nonphytate phosphorus requirement of growing pullets with and without phytase. *Poultry Science*, 79(8), 1143-1153.
- Lease, J. G.** (1966). The effect of autoclaving sesame meal on its phytic acid content and on the availability of its zinc to the chick. *Poultry Science*, 45(2), 237-241.
- Leeson, S., Namkung, H., Cottrill, M., & Forsberg, C. W.** (2000). Efficacy of new bacterial phytase in poultry diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(3), 527-528.
- Lei, X., Ku, P. K., Miller, E. R., Ullrey, D. E., & Yokoyama, M. T.** (1993). Supplemental microbial phytase improves bioavailability of dietary zinc to weanling pigs. *The Journal of Nutrition*, 123(6), 1117-1123.
- Lei, X. G., Ku, P. K., Miller, E. R., Yokoyama, M. T., & Ullrey, D. E.** (1994). Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corn-soybean meal diets of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 72(1), 139-143.
- Lönnerdal, B. O., Sandberg, A. S., Sandström, B., & Kunz, C.** (1989). Inhibitory effects of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption in suckling rats. *The Journal of nutrition*, 119(2), 211-214.
- Maddaiah, V. T., Kumick, A. A., Hullet, B. J., & Reid, B. I.** (1964). Nature of intestinal phytase activity. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 115 (1), 1054-1057
- McCuaig, L. W., Davies, M. I., & Motzok, I.** (1972). Intestinal alkaline phosphatase and phytase of chicks: effect of dietary magnesium, calcium, phosphorus and thyroactive casein. *Poultry Science*, 51(2), 526-530.
- Mohammed, A., Gibney, M. J., & Taylor, T. G.** (1991). The effects of dietary levels of inorganic phosphorus, calcium and cholecalciferol on the digestibility of phytate-P by the chick. *British Journal of Nutrition*, 66(2), 251-259.
- Morris, E. R., Craf, E.** (1986). *Phytate and dietary mineral bioavailability. In: Phytic Acid. Chemistry and Applications.* Pilatus Press, Minneapolis, M. N., 57-76.
- Nahapetian, A., & Young, V. R.** (1980). Metabolism of <sup>14</sup>C-phytate in rats: effect of low and high dietary calcium intakes. *The Journal of nutrition*, 110(7), 1458-1472.
- Oberleas, D.** (1973). *Phytate: In Toxicans Occuring Naturally in Foods. National Academy of Science*, Washington, DC, 363-371.
- Oberleas, D., & Harland, B. F.** (1996). *Impact of phytate on nutrient availability. In: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*, (eds. Coelho, M. B. & Kornegay, E. T). BASF Corporation, Mount Olive, N.Y.
- Pallauf, J., Höhler, D., & Rimbach, G.** (1992). Effect of microbial phytase supplementation to a maize-soya diet on the apparent absorption of Mg, Fe, Cu, Mn and Zn and parameters of Zn-status in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Germany, FR)*.
- Pallauf, J., Rimbach, G., Pippig, S., Schindler, B., Höhler, D., & Most, E.** (1994). Dietary effect of phyto-genic phytase and an addition of microbial phytase to a diet based on field beans, wheat, peas and barley on the utilization of phosphorus, calcium, magnesium, zinc and protein in piglets. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 33(2), 128-135.
- Punna, S., & Roland Sr, D. A.** (1999). Variation in phytate phosphorus utilization within the same broiler strain. *Journal of applied poultry research*, 8(1), 10-15.
- Qian, H., Kornegay, E. T., & Denbow, D. M.** (1996). Phosphorus equivalence of microbial phytase in turkey diets as influenced by calcium to phosphorus ratios and phosphorus levels. *Poultry Science*, 75(1), 69-81.
- Qian, H., Kornegay, E. T., & Denbow, D. W.** (1995). Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, vitamin D3 and the calcium: total phosphorus ratios in broiler diets. *Poult. Sci*, 74, 126-131.
- Rao, S. R., Reddy, V. R., & Reddy, V. R.** (1999). Enhancement of phytate phosphorus availability in the diets of commercial broilers and layers. *Animal feed science and technology*, 79(3), 211-222.
- Ravindran, V., Bryden, W. L. & Kornegay, E. T.** (1995). Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. *Poultry and Avian Biology Reviews*, 6, 125-143.
- Reddy, N. R., Sathe, S. K., Salunkhe, D. K., & Balakrishnan, C. V.** (1982). Phytates in legumes and cereals. In *Advances in food research* (Vol. 28, pp. 1-92). Academic Press.
- Roberson, K. D., & Edwards Jr, H. M.** (1994). Effects of 1, 25-dihydroxycholecalciferol and phytase on zinc utilization in broiler chicks. *Poultry Science*, 73(8), 1312-1326.
- Sandberg, A. S., & Svanberg, U.** (1991). Phytate hydrolysis by phytase in cereals; effects on in vitro estimation of iron availability. *Journal of Food Science*, 56(5), 1330-1333.
- Scheideler, S. E., & Sell, J. L.** (1987). Utilization of phytate phosphorus in laying hens as influenced by dietary

phosphorus and calcium. *Nutrition reports international*, 35 (9), 1073-1081.

**Schorner, F. J., Hoppe, P. P., Schwarz, G., & Wiesche, H.** (1993). Effects of microbial phytase and inorganic phosphate in broiler chickens: performance and mineral retention at various calcium levels. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 69, 235-244.

**Sebastian, S., Touchburn, S. P., Chavez, E. R., & Lague, P. C.** (1996). The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. *Poultry Science*, 75(6), 729-736.

**Sebastian, S., Touchburn, S. P., Chavez, E. R., & Lague, P. C.** (1996). Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. *Poultry Science*, 75(12), 1516-1523.

**Selle, P. H., & Ravindran, V.** (2008). Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science*, 113(2-3), 99-122.

**Selle, P. H., & Ravindran, V.** (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 135(1-2), 1-41.

**Selle, P. H., Ravindran, V., Caldwell, A., & Bryden, W. L.** (2000). Phytate and phytase: consequences for protein utilisation. *Nutrition Research Reviews*, 13(2), 255-278.

**Shafey, T. M., McDonald, M. W., & Dingle, J. G.** (1991). Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium and zinc from the intestinal contents of meat chickens. *British Poultry Science*, 32(1), 185-194.

**Simons, P. C. M., Versteegh, H. A., Jongbloed, A., Kemme, P. A., Slump, P., Bos, K. D., Wolters, M. G. E.,**

**Beudeker, R. F., & Verschoor, G. J.** (1990). Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *British Journal of Nutrition*, 64(2), 525-540.

**Thiel, U., & Weigand, E.** (1992, September). Influence of dietary zinc and microbial phytase supplementation on Zn retention and Zn excretion in broiler chicks. In *Proc. World's Poultry Congr.* (Vol. 3, p. 460).

**Viveros, A., Brenes, A., Arija, I., & Centeno, C.** (2002). Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. *Poultry Science*, 81(8), 1172-1183.

**Vohra, P., Gray, G. A., & Kratzer, F. H.** (1965). Phytic acid-metal complexes. *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine*, 120(3), 447-449.

**Wise, A.** (1983). Dietary factors determining the biological activities of phytate. In *Nutrition Abstracts and Reviews (series A)* (Vol. 53, pp. 791-806).

**Yi, Z., Kornegay, E. T., Ravindran, V., & Denbow, D. M.** (1994). Corn and soybean meal P for broilers using Natuphos phytase and calculation of replacement values of inorganic phosphorus by phytase. *Poultry Science*, 73, 89.

**Yi, Z., Kornegay, E., & Denbow, D.** (1995). Effect of microbial phytase on phosphorus and nitrogen retention and performance of turkey poults fed cornsoybean meal. *Poultry Science*, 34, 108.

**Yi, Z., Kornegay, E. T., Ravindran, V., & Denbow, D. M.** (1996). Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. *Poultry science*, 75(2), 240-249.

**Young, L. G., Leunissen, M., & Atkinson, J. L.** (1993). Addition of microbial phytase to diets of young pigs. *Journal of animal science*, 71(8), 2147-2150.