

## A FITÁZ ENZIM ALKALMAZÁSA A BAROMFI TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

*Az iparilag előállított különböző enzimek (mint pl: az amiláz, a proteáz, a  $\beta$ -glükánáz, a fitáz) fokozódó térhódítása az elmúlt évtizedben a baromfi és a sertés takarmányozásában leginkább a szójának, mint fehérjeforrásnak a 60-as években történt térnyeréséhez hasonlítható.*

*A „takarmányenzimek” alkalmazásának elsődleges célja a gazdaságosság növelése a takarmány-értékesülés javítása révén, de egyes enzimeknek, elsősorban a fitáznak jelentős, vagy akár meghatározó lehet a környezetvédelmi szerepe is. A fitáz ugyanis elősegíti a takarmány-alapanyagokban a baromfi (és sertés) szervezetében nem értékesülő, inozithez kötött foszfor jobb hasznosulását, továbbá a fontos cél: a trágyával ürített foszfor mennyiségének 20-50 %-kal való csökkentése is megvalósul általa, a kihasználás javítása révén. Várható, hogy a környezetvédők a közeljövőben, a nyugat-európai országokhoz hasonlóan a hazai állattartókat és takarmánygyártókat akár hatósági, akár gazdasági eszközökkel a környezet foszforterhelésének csökkentésére kényszerítik. Ennek jelenleg a mikrobiális fitáz alkalmazásán kívül más alternatívája nem ismert.*

*A következőkben a legáltalánosabban használt takarmányenzim, a fitáz takarmányozás-élettani hatását, alkalmazásának eredményeit, valamint a hatékonyságát csökkentő tényezőket, korlátait kívánom összefoglalni.*

### A fitát-foszfor és a fitáz

Beleértve az olajos magvakból készült termékeket is, a szemes termékek foszfortartalmának mintegy 60-80%-a fitinsavval képzett só, fitát-foszfor formájában van jelen. A hat szénatomból álló, inozit alapvázú, kelát típusú fitinsavhoz a foszforon keresztül különböző, két és három vegyértékű fémek (Ca, Mg, Zn stb.) kötődhetnek, és ezekhez fehérjék, aminosavak és keményítő is kapcsolódnak. A fitinsav 28,2% foszfort tartalmaz. A különböző szemes termékek fitát-foszfor tartalmának kihasználása a baromfi, közöttük a brojler esetében – számos tényezőtől függően – változó mértékű, de átlago-

san mintegy 20-40%-ra tehető. Az egyes takarmány-alapanyagok összes foszfortartalmának szerkezeten belüli értékesülése ennél tágabb határok között változik. Az egyes takarmány-alapanyagok, illetve keveréktakarmányok összes foszfortartalmának az állat számára hasznosítható hányada a hasznosítható (ritkábban felvehetőnek nevezett) P-tartalom. A szükségesleti érték kiszámításakor az egyes takarmány-alapanyagok ezen értékét tartalmazó adatbázisokat érdemes felhasználni, még az átlagértékből adódó bizonyos mértékű pontatlanság ellenére is. A hasznosítható foszfortartalmat az angol nyelvű szakirodalom esetenként – véleményem szerint kifogásolható módon – „nem-fi-

tát-foszfor” (NFP) tartalomnak jelöli meg.

A növényi magvak is tartalmaznak bizonyos mennyiségű fitáz enzimet, de a búzát, a tritikálét és bizonyos mértékben az árpát leszámítva annak mennyisége elhanyagolható. A növényi eredetű fitáz a takarmány emésztése során azonban nem tud hatékonyan érvényesülni, mivel aktivitásának optimuma pH 5,5 körül van. Ezzel szemben az iparilag, többnyire az *Aspergillus niger*-ből vagy a *Penicillium lyicii*-ből fermentációs úton előállított fitáznak van a fent említetten kívül egy alacsonyabb, pH 2,5-ös aktivitási optimuma is, és ezért hatása érvényesülhet a begyben, a mirigyes- és zúzógyomorban, mivel az ott mérhető vegyhatás ahhoz igen kedvező. Nagyrészt ezzel magyarázható, hogy a laboratóriumi körülmények között mért azonos mennyiségű növényi és mikrobiológiai eredetű fitáz a baromfi szervezetén belül, ez utóbbi javára mintegy négyszer nagyobb foszfor-értékesülést eredményez. Az említett két enzim hatásmechanizmusában is vannak bizonyos különbségek, de a gyakorlat szempontjából ennek nincs jelentősége. A béltartalomban mikrobák által termelt vagy a bélhámsejtek felületén keletkező fitáz aktivitása igen csekély, bár egyes adatok szerint az életkor előrehaladtával az emésztőcsőben keletkező (endogén) fitáz mennyiségének mértéke nem teljesen elhanyagolható. A béltraktus hátsó szakaszában szabadabbá váló, mérsékelt mennyiségű foszfor viszont, miután innen már nem szívódik fel, a szervezet számára értéktelen. A növényi eredetű fitáz hatásával még kevésbé lehet számolni, ha a

keveréktakarmányt granulálják, mert a hőkezelés alatt sokkal többet veszít aktivitásából, mint a genetikailag módosított, szelektív mikroorganizmusok által fermentatív úton termelt és bizonyos, nem ismert technológiai („coated”) eljárással a hőhatásra kevésbé érzékennyé tett különböző kereskedelmi elnevezésű termékekben lévő fitáz.

A piacvezető fitáz enzim tartalmú készítményeket előállítók megkülönböztető módon, FTU illetve FYT jelű egységben adják meg azok aktivitását, továbbá eltérő az általuk valamely baromfifaj vagy korcsoport takarmányába keverendő, általuk javasolt enzim mennyisége is. A fenti különbségek magyarázata, hogy a fitáz enzim aktivitásának meghatározására eltérő analitikai módszert használnak. Ismeretem szerint 500 FTU/tak. kg enzimatívitas 750 FYT/tak. kg hatékonysággal vethető össze.

## A fitáz hatékonyságának mérési elve és gyakorlata

A fitáz hatékonyságát takarmányozási kísérlet segítségével határozzák meg, amelyben az adott fajú, fajtájú, életkorú baromfi adott összetételű, Ca-tartalmú takarmányához különböző mennyiségben adagolnak fitáz enzimet. Összehasonlításként az alaptakarmány foszfortartalmát különböző mennyiségű ásványi eredetű foszfor-kiegészítő (pl. MCP) hozzáadásával növelik úgy, hogy a takarmánymész mennyiségének arányos csökkentésével a különböző csoportok takarmányának Ca-tartalma változatlan maradjon.

Számos paraméter vehető igénybe az adott mennyiségű fitáz hatékonyságának kiszámításához, melyek közül növendék állatoknál a testtömeggyarapodás, a takarmány-értékesülés, a csont hamutartalma, annak mechanikai tulajdonságai, egyes vérparaméterek (anorganikus P-tartalom, ALP

aktivitás stb.), továbbá a felvett és a bélsárral, vizelettel ürített foszfor mennyiségének különbségéből számított, szervezetbe beépült foszfortartalom a leggyakrabban használatosak. Gazdaságossági szempontból az említett paraméterek között ajánlatos súlyozni, mivel a takarmány maximális csontamu-tartalmát eredményező Ca, P és fitáz tartalma többnyire távolabb esik a testtömeg-gyarapodás és takarmány-értékesülés optimumától (Yan et al., 2001).

Tojók esetében a takarmány-értékesülésen kívül a tojástermelés mértéke, a tojáshéj minősége és a csöves csontok hamutartalma a fő összehasonlító adatok.

A kísérleti eredmények feldolgozásakor matematikai képletek segítségével kiszámítható, hogy az adott mennyiségű fitáz milyen mennyiségű hozzáadott ásványi kiegészítő (pl: MCP, DCP stb.) hatásával egyenértékű, illetve alkalmas annak helyettesítésére. Megjegyzendő, hogy az egyes, fent említett termelési és egyéb paraméterek alapján számított hatékonyság nem minden esetben esik teljesen egybe, amely részben a fitáznak nem kizárólag a foszfor értékesülésre kifejtett, de egyéb, később vázolt hatására vezethető vissza. A fitáz hatékonyságát vizsgáló kísérleti eredmények esetenként viszonylag jelentős szórásának egyik oka a takarmányok különböző összetétele, azon belül az „alaptakarmány” eltérő összes és hasznosítható foszfortartalma, valamint az etetett takarmány Ca-tartalma.

A felhasználót (receptura összeállítót, takarmánygyártót, állattartót) elsősorban az érdekli, hogy **a kérdéses táp adott mennyiségű fitázzal való kiegészítése esetén a hasznosítható foszfortartalom milyen mértékben nő, illetve a hozzáadott ásványi eredetű foszfor-kiegészítő (MCP, DCP) mennyisége milyen mértékben csökkenthető.**

Azzal, hogy a jelenleg kereskedelmi forgalomban lévő ásványi eredetű foszfor-kiegészítők monokalcium-foszfát (MCP), vagy dikalcium-foszfát (DCP) - foszfor-tartalmának milyen mértékű hasznosíthatóságával lehet számolni – részben terjedelmi okokból – nem kívánok foglalkozni.

A fitáz enzim-készítményeket előállítók megadják, hogy az általuk javasolt koncentrációban termékük milyen mennyiségű ásványi eredetű foszfor-kiegészítő „hatásával” egyenértékű, pontosabban a tápgyártáskor az utóbbi mennyisége milyen mértékben csökkenthető. Például: 500 FTU/kg takarmány 0,115% dikalcium-foszfátot (DCP) helyettesíthet pecsenyecsirke tápjában. Meg kell említeni, hogy ez az érték nem azonos a hasznosítható foszfortartalommal, mivel a különböző eredetű DCP készítményekben lévő P kihasználása 80-85%, sőt még szélesebb határok között változhat. A takarmányreceptúra összeállításához hasonló értékeket adnak meg a táp kalcium-, egyes aminosavak-, nyersfehérje-, valamint energia-értékesülésének javulását illetően is. Ezek az adatok többszörösen ismételt takarmányozási kísérletek eredményeire épülnek, de féltő – és ezt a különböző szerzők eltérő kísérleti feltételek között végzett kísérleteinek eredményei is igazolják –, hogy a gyártók által megadott értékeket, ha nem is fenntartással, de körültekintően ajánlatos elfogadni.

A fitáz hatékonyságának, alkalmazhatóságának elemzése kapcsán különösen kihangsúlyozandó, hogy a baromfi Ca, P és D-vitamin szükségletének kielégítése során nem csupán a klinikai vagy szubklinikai formában jelentkező ásványianyag-forgalmi, csontosodási zavar megelőzése fontos, hanem a végső cél az említett három tényező mennyiségének, egymáshoz való arányának a testtömeg-gyarapodás és takarmány-értékesülés szempontjából való optimalizálása, és ez utóbbira gyakran kevés figyelmet fordítanak.



Számos kísérleti adat ismert, mely megadja, hogy milyen mennyiségű mikrobiális fitáz enzim képes 0,1%-nyi ásványi eredetű foszfort helyettesíteni, kiváltani. Ezen értékek többnyire a termelési minimumhoz elegendő szükséglet körüli összes-foszfort tartalmazó keveréktakarmányokra érvényesek. Az ezt meghaladó összes-foszfor mennyiségétől és a takarmány összetevőktől függően, ezzel bizonyos mértékben párhuzamosan, változó hasznosítható foszfor-tartalmú tápok etetésekor a fitáz enzim hatékonysága csökken.

### **A takarmány kalcium- és foszfortartalmának, valamint egyéb tényezőinek szerepe a fitáz hatékonyságában**

A fitátokban lévő foszfor fitáz hatására történő értékesülésének mértékét számos tényező befolyásolja. A takarmányhoz adagolt fitáz mennyisége és a foszforértékesülés javulása ugyanis nem lineáris. A fitáz adagjának foko-

zatos növelése a foszfor felszívódását/visszatartását számottevően, majd egyre csökkenő mértékben növeli.

Időről időre egyes kutatócsoportok kísérletet tesznek különböző baromfifajok, -fajták és korcsoportok optimális Ca és P szükségletének újraértékelésére, melyet a fitáz enzim egyre általánosabb használata is indokol. Az egyes szerzők eredményeinek felsorolásától, vagy akár azok statisztikai összehasonlításától ezúttal eltekintek, mivel az terjedelmi okból meghaladná a dolgozat lehetőségét, továbbá az eredmények és következtetések eltérő kísérleti körülményekre vonatkoznak, valamint csak közvetve – ha nem is lényegtelen módon – kapcsolódnak a fitáz enzim most tárgyalt kérdéséhez. Csak néhány általános, általam lényegesnek vélt tényezőt, következtetést kísérlek meg összefoglalni.

A (hazai) gyakorlatban, a fiatal baromfi takarmányozásában, az opti-

mális termelési eredmények szempontjából az ásványi anyagok közül kiemelt szerepe van a takarmány hasznosítható foszfortartalmának. Arra vonatkozóan, hogy a termelési és gazdasági optimum között milyen mértékű a különbség, igazából sem külföldi, sem hazai adat nem áll rendelkezésemre, és ez a foszfor-kiegészítő anyagok kereskedelmi áráról is függ. A másik, szerintem lényeges, ritkán hangoztatott megállapítás, hogy az optimális Ca/P arány megadása hasznos támpont ugyan, de nem minden esetben érvényes. Például a minimális szükséglet körüli foszfortartalmú takarmány esetén, a többnyire ajánlott 1,5 :1 Ca/összes foszfor arány esetén a relatíve magas Ca-tartalom antagonista hatása már kifejezett lehet. Erre példa, hogy az alacsony hasznosítható P-tartalmú (0,3%) táp Ca-tartalmának 0,6%-ról 1,2%-ra való növelése 21 napos korra a testtömeg-gyarapodás több

mint 10%-os csökkenését eredményezte, a takarmány-értékesítés romlása nélkül (Sebastian et al., 1996). Más megközelítésben: a takarmány adott foszforszintjéhez hozzá kell igazítani az optimális Ca-tartalmat. Ez az „optimalizálás” még kísérleti körülmények között is igen nehéz, mivel számos gyakorlati szempontból fontos paraméter – mint például a testtömeg-gyarapodás, a takarmányfelvétel, a takarmány-értékesülés, a csonthamu tartalom, a csontszilárdság – esetében a takarmány Ca/összes foszfor, vagy hasznosítható P arányának optimuma, ha nem is meghatározó mértékben, de némileg eltér. Továbbá jól ismert, hogy az életkor változásaival a Ca és P igény és arány is jelentősen változik. A takarmány Ca és P tartalmában esetenként meglévő „antagonista” hatást a minimális szükségletet lényegesen meghaladó D<sub>3</sub>-vitamin ellátottság – és ez a gyakorlat – mérsékelheti ugyan, de nem szünteti meg.

Számos magyarázata van a magas Ca tartalom káros hatásának a takarmányban. Ezek között említik, hogy növeli a fitinsav antinutritív hatását, csökkentve a makro- és mikroelemek értékesülését, de ez a hatás a D-vitamin adagolás növelésével részben csökkenthető (Pallauf és Rimbach, 1997).

Ezért itt szükséges kiemelni, hogy a takarmányhoz adagolt fitáz enzim nem csupán a fitát-foszfor hasznosulását javítja, hanem a takarmányban lévő kalcium értékesülését is. A receptura összeállításakor ezt mindenképpen figyelembe kell venni.

Számos szerző (Qian et al., 1996, Sebastian et al., 1996) kihangsúlyozza, hogy a fitáz alkalmazásakor a tag Ca/összes-foszfor (Ca/hasznosítható P) arány kedvezőtlen hatása – különösen relatíve alacsony hasznosítható foszfortartalom esetén – fokozottan érvényesül. Nagyon jelentős mérvű Ca bevitel esetén a fitát hidrolizise szinte teljes mértékben gátolja.

Jelenlegi ismereteink szerint ez magyarázható egyrészt azzal, hogy a „fölös” Ca a fitinsavval olyan oldhatatlan komplexet képez, melyet a fitáz kevésbé képes hidrolizálni. Másrészt valószínűsítik, hogy a „fölös” Ca a fitáz enzim aktív helyeihez kötődve közvetlenül gátolja annak működését. Többen igazolták, hogy a fitát foszfortartalmának kihasználása pecsenyecsirkében az életkor előrehaladtával fokozatosan javul, és legalábbis részben ezzel magyarázható az összes-, illetve hasznosítható foszfor igény idősebb életkorban való csökkenése. Érdekes módon a tojó fázisban a fitát-foszfor kihasználásának fokozatos csökkenése igazolható.

### **A fitáz egyéb takarmányozás-élettani hatásai**

A brojlertápokba adagolt fitáz javítja a nitrogén retenciót, valamint a fehérje és az aminosavak látszólagos és ileális emészthetőségét. Ez a jelenség – jelenlegi ismeretünk szerint – két okra vezethető vissza. Egyrészt a fitinsav-foszfor kapcsolat bomlása révén a foszforhoz kötött aminosavak, fehérjék értékesülése javul, másrészt a fitát gátolja néhány emésztőenzim (pepszin, tripszin, a-amiláz) aktivitását. Az aminosavak emészthetőségének javulását – az aminosav és hasznosítható foszfortartalom függvényeiben – 1-7% közötti értékekben határozták meg.

A megfelelő foszfor- (0,45% nem fitát-foszfor) és hiányos lizin- (1,0%) tartalmú takarmányhoz adagolt 500 FTU/kg fitáz javította brojlerekben a fehérje és az aminosavak emészthetőségét, és a látszólagos metabolizálható energia (ME) tartalmát, annak maximumát 750 FTU/kg kiegészítésekor érte el (Ravindran et al., 2001). Az adott kísérletben az 500 FTU/kg kiegészítés a testtömeg-gyarapodást és a takarmány-értékesülést 0,074%-

nyi lizin kiegészítés hatásával egyenértékű mértékben javította.

Ravindran és mtsai (2000) brojlercsirkékben a nem lizinhiányos diétához való fitáz adagolásakor elsősorban a treonin, fenilalanin, a gyűrűs szerkezetű aminosavak (leucin, izoleucin, valin) és hisztidin emészthetőségének javulását tapasztalták, különösen az alacsony hasznosítható P-tartalmú takarmány etetésekor.

A fehérjében és ezzel együtt kéntartalmú aminosavakban (metionin, cisztin) erősen hiányos takarmányon tartott csirkék esetében a fitáz adagolás kedvező hatását nem lehetett igazolni (Peter és Baker, 2001). A fitáz enzimet forgalmazók is igen alacsony értékben adják meg ezen aminosavak értékesülésének javulását.

Elgondolkodtató annak a kísérletnek az eredménye, melyben – másokéhoz hasonlóan – az alacsony hasznosítható P-tartalmú (0,23%) takarmányon tartott csirkék takarmányába kevert 400, illetve 800 FTU/kg fitáz enzim (a csípőbél-tartalom analízise alapján) arányában jobban növelte a foszfor, a nitrogén és az aminosavak emészthetőségét, illetve azok retencióját, a kielégítő 0,45%-nyi hasznosítható foszfort tartalmazó takarmányon tartott csirkék ezen értékeihez, változásához képest. Meglepő viszont, hogy a látszólagos metabolizálható energia szárazanyag-tartalomra számolva, a foszforhiányos takarmányt fogyasztó csirkékben 13,36 MJ/kg-ról mindössze 13,54 MJ/kg értékre nőtt, ezzel szemben a megfelelő P-tartalom esetén a 12,66 MJ/kg alapérték fitáz hatására nagyobb, 13,38 MJ/kg értéket eredményezett (Ravindran et al., 2000).

A mások által is tapasztalt jelenség okára több feltételezett magyarázat is van. Mindegyikben közös, hogy az alacsony hasznosítható foszfor- és viszonylag magas Ca-tartalom esetén a bélben oldhatatlan Ca-fitát komplex képződik, mely a zsírsavakkal

emésztetetlen szappant képez, vagy keményítőt köt magához, és/vagy csökkenti az alfa-amiláz hatását. Több kísérlet eredményének összegzéseként megállapítható, hogy a fehérje/aminosav-értékesülés fitáz adagolás hatására bekövetkező javulással elsősorban relatív alacsony hasznosítható foszfor és nyersfehérje tartalmú takarmányok etetése esetén lehet számolni.

Igaz, hogy számos adat áll rendelkezésre a fitáz adagolásának a takarmányban lévő mikroelemek – elsősorban a Zn – kihasználását javító hatásáról, de a mikroelem-kiegészítés jelenlegi gyakorlata szerint ennek érdemleges hatásával számolni nem lehet.

Kísérleti adattal nem rendelkezem, de felvethető, hogy a fitáz adagolásakor az ásványi eredetű Ca- és P-kiegészítők mennyiségének csökkentésével egyúttal csökken a takarmány

ún. pufferekapacitása is, mely sertésben, nyúlban bizonyítottan, és valószínűsíthetően baromfi esetén is kedvező emésztés-életteni hatással bír. (Közvetve bizonyíték erre az ún. „acidifikáló/savanyító szerek” mind szélesebb körben igazolt és alkalmazott kedvező hatása is). A fitáz és a szerves savakkal végzett „acidifikáció” egyidejű alkalmazásának hatását vizsgáló kísérletek eddigi eredményei kissé ellentmondásosak.

### **A fitáz hatékonyságának kísérletes eredményei a különböző fajú és korcsoportú szárnyasokban**

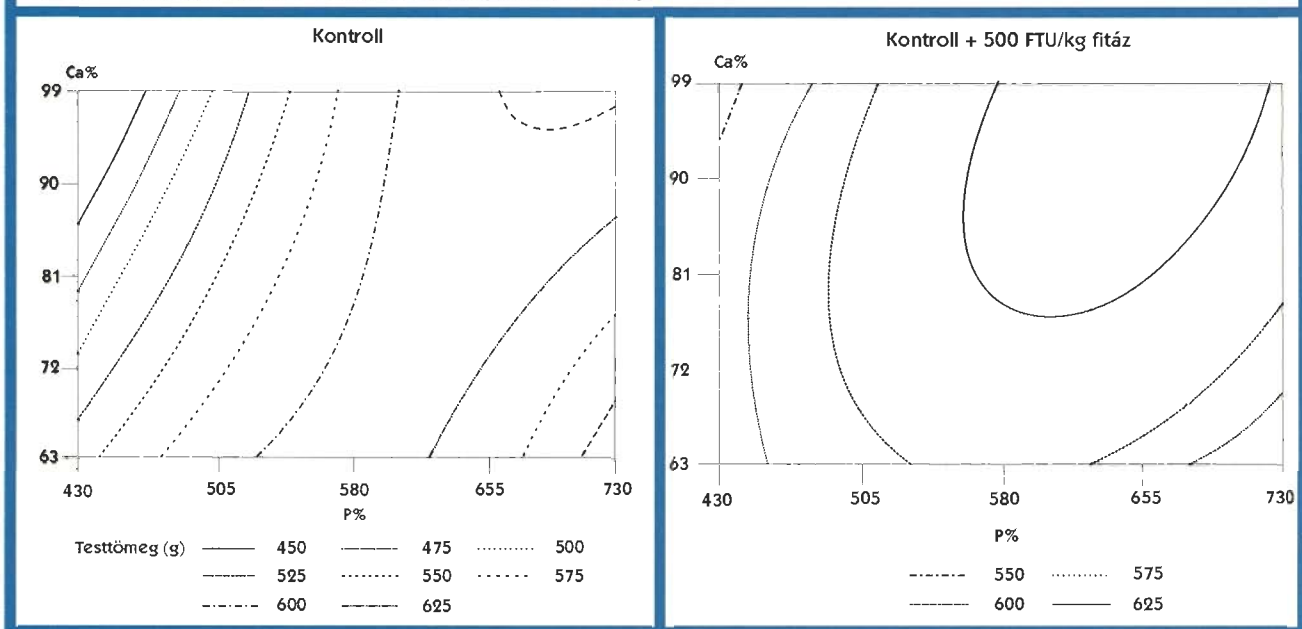
#### **Brojlercsirke**

A mikrobiális fitáz enzimnek a takarmány fitát-foszforban lévő foszfor-, ezzel párhuzamosan kalcium-tartalmának jobb kihasználását igazoló,

brojlercsirkekkel végzett hazai kísérletek eredményeinek ismertetését követően külföldi szerzők hasonló vagy azoktól – különböző okokból, pl. más takarmány-összetevők használata – miatt eltérő megállapításaira kívánok utalni.

Gippert és mtsai (1999) 18 napos életkortól az 1,0% kalciumot és 0,7% össz-foszfort tartalmazó nevelőtáppal takarmányoztak brojlercsirkeket, és összehasonlításképpen más csoportok takarmányában a P-tartalmat 0,55%, illetve 0,4%-ra csökkentették. A csökkentett P-tartalmú tápok esetében vizsgálták a 625 FTU/kg és 1250 FTU/kg fitáz enzim-kiegészítés hatását. A 625 FTU/kg enzim-kiegészítés mindkét csökkentett P-tartalmú tápban szignifikánsan növelte a testtömeg-gyarapodást, javította a takarmány-értékesülést, így ezen értékek nem különböztek a kontroll csoport értékeitől, míg a takarmányfelvétel,

1. ábra A takarmány Ca- és P-tartalmának és arányának hatása a brojlércsirke (0-3 hét) testtömeg gyarapodására fitázenzim hozzáadásával ill. nélküle



az elhullások aránya nem változott egyik csoport esetében sem. Az enzimmérszítmény nagyobb dózisban történő adagolása inkább rontott, mint javított az említett paramétereken.

Vetési et al. (1998), mindhárom nevelési fázisban, a Ca/P arány megtartásával felére csökkentették a fő tömegében kukoricából, búzából és szójából álló, takarmányhoz hozzáadott foszfor-kiegészítő (DCP) mennyiségét is, és vizsgálták a 600 FTU/kg hatását. Az alacsony P-tartalmú, de fitázzal kiegészített takarmány etetésekor a testtömeg-gyarapodás megegyezett a kontroll tápot fogyasztókéval, a takarmány-értékesülés viszont 5,6%-kal romlott. (Ez utóbbi oka felelhetően a Ca/hasznosítható P-tartalom arányának növekedésével magyarázható.)

Tossenberger és mtsai (1999) kukorica/szója alapú táppal etetett brojlércsirkékben a fitáz hatékonyságát tanulmányozva 500 FTU/kg adagolás esetén a hasznosítható foszfortartalom 2,6 g/kg értékről 2,9 g/kg-ra való növekedését mérték. Az említett alacsony hasznosítható foszfortartalmú táphoz adagolt 250, 500, illetve 1000 FTU/kg a testtömeg-gyarapodást közel lineáris mértékben, a legutóbbi dózis esetében 19,8%-kal növelte.

Külföldi szerzőket idézve brojlércsirkékben Huyghebaert (1996) a takarmány Ca/P arányától erősen függően átlagosan 584 (460, illetve 709 szélső értékek között) FTU/kg fitáz hatását találta egyenértékűnek 0,1%-nyi ásványi eredetű (DCP) foszfor-kiegészítéssel.

Mások 0,22% hasznosítható P-t és 0,6% Ca-ot tartalmazó táppal két hetes korig nevelték a csirkéket. A testtömeg-gyarapodás javulását tapasztalták a fitáz, a foszfor, valamint a Ca és P együttes adagolásakor is, de ez nem jelentkezett, ha csak Ca kiegészítés történt. A testtömeg-gyarapodás elsősorban a fokozott takarmányfelvételnek tudható be, mivel a takarmány-értékesülés nem változott. Számítások szerint 700 FTU/kg fitáz 0,1% hasznosítható foszfortartalom hatásával egyenértékű (Schöner et al., 1991).

Tanulságosnak ítélem meg Mitchell és Edwards (1996) 0-21 napos brojlércsirkékkel végzett kísérletének eredményeit, melyekben a fitáz és az 1,25-dihidroxi-kolekalciferol (a D<sub>3</sub>-vitamin szervezeten belül keletkező, „hormonszerű” hatású, vagy biológiai hatású metabolitja) külön-külön, illetve együttes hatását vizsgálták a takarmány Ca- és összes-P tartalmá-

nak függvényében. Megállapították, hogy a 600 FTU/kg fitáz és az 5 mg/kg 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> adagolásával 0,1% ásványi eredetű P váltható ki, a testtömeg, a csontthamu és a plazma anorganikus P tartalmát, mint indikátor paramétereket figyelembe véve. Mindkét kiegészítő növelte a fitáz-foszfor visszatartását, de ennek mértéke a takarmány Ca és P tartalmának növelése esetén csökkent. A fitáz és a 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> együttes alkalmazása 0,2% szervesetlen eredetű P kiváltását tette lehetővé az eredmények romlása nélkül. Következtetésükben úgy foglalnak állást, hogy a fitáz vagy a 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> fenti mértékű kiegészítésével a fiatal brojlércsirkék összes P szükséglete 0,55-0,6%-kal, az együttes alkalmazás esetén 0,45%-kal kielégíthető. A Ca-szükségletet 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> esetén 0,77%, fitáz adagolásakor 0,9%-ra becsülik. A dolgozatukból mindössze egyetlen ábrát kívánok átvenni, mely a takarmány Ca és összes foszfor tartalmának függvényében tapasztalható testtömeg-gyarapodás változást mutatja be, és azt, hogy az milyen mértékben változik a fitáz kiegészítés esetén (1. ábra). (Megjegyzés: az ábrán feltüntetett vonalak 16-16 különböző Ca-



és P-tartalmú táp etetése során kapott eredmények matematikailag modellezett változásait szemléltetik.) Adat van arra nézve is, hogy a fitáz adagolása csökkenti a dyschondroplasia előfordulását és súlyosságát olyan tenyészvonalakban, melyekben az viszonylag ritkán fordul elő, de hatástalan az ezen kórkép kialakulására erősebben hajlamos tenyészvonalak esetében (Punna és Roland, 2001).

## Tojótúyúk

Kevés adattal rendelkezem, melyek a tojótúyúkhöz adagolt fitáz hatékonyságát olyan módon igazolják, hogy az eredmények közvetlenül gyakorlatba átültetését indokolják. Ennek okát szubjektíven abban látom, hogy a tojótúyúk egészségkárosodásban megnyilvánuló foszforhiányos állapotát kísérletesen csak meglehetősen alacsony P-tartalmú takarmány etetésével lehet kiváltani. (A gyakorlatban esetenként olyan tényezőkkel is kell számolni – pl. bélgyulladás, vesekárosodás, anyagforgalmi zavar stb.–, melyek önmagukban is egyes anyagok, köztük akár a foszfor értékesülésének romlását idézik elő.)

A különböző kísérletekből az alábbi (rész)megállapítások ragadhatók ki:

A búza kémiaiilag mért nem csekély fitáz enzim aktivitása a tojótúyúknál végzett kísérletben csak minimális mértékben érvényesül (Nelson, 1976). A kukorica/szója alapú, igen alacsony, 0,1% nem fitát-foszfor tartalmú takarmány fitázzal (250-300 FTU/kg) való kiegészítésekor többen tapasztalták, hogy

- a takarmány-értékesülés javult,
- a tojáshozam és a takarmányfogyasztás nőtt,
- az elhullás aránya csökkent,
- és hatással volt a tojáshéj, valamint a tojás minőségére (Boling et al., 2000a, Boling et al., 2000b, Gordon és Roland, 1997, Jalal és Scheideler, 2001).

Más szerzők eltérő módon adják

meg a tojótúyúk-tápok 200-300 FTU/kg kiegészítésének hatékonyságát, nevezetesen ily módon az 0,05-0,12% MCP-hatásával egyenértékű.

Mások hasonló eredmények ismertetésén túl utalnak arra, hogy a magas hasznosítható foszfortartalmú táphoz adagolt fitáz a test- és tojástömeg, valamint a takarmány-értékesülés romlását okozza (Scott et al., 1999).

Más kísérletben a takarmány NFP-tartalmát a tojástermelés három fázisában 0,25-0,20-0,15%-ra lehetett minimalizálni a különböző termelési paraméterek romlása nélkül. Ugyanolyan összetételű tápok fitáz- (300 FTU/kg) kiegészítése esetén az NFF-tartalom 0,15-0,1-0,1%-ra volt csökkenthető. A nagyobb foszfortartalmú tápokhoz adagolt fitáz csökkentette a tojás fajsúlyát (Keshavarz, 2000).

A fitát-foszfor fitáz (250 FTU/kg) hatására történt hidrolízisét a csipőbélben mérve 1,3 g monokalciumfoszfát foszfortartalmával találták egyenértékűnek. Ez a hatékonyság a takarmány Ca-tartalmának növelésekor mérséklődött (Klis et al., 1997).

Mint említettem került, a fitát-foszforban lévő foszfor retenciója a tojásrakás időszakában fokozatosan csökken, és ezt számszerű adattal megerősítve a 34., az 50. és a 72. hetes korban 46,7%, 9,1%, illetve 16,5%-nak mérték a gyakorlatban alkalmazotthoz hasonló Ca- és P-tartalmú takarmány etetése esetén, de a Ca-bevitel növelése ez esetben is mérsékelheti a P- visszatartást (Scheideler és Sell, 1987).

## Pulyka

Qian et al. (1996) a 21. napos korig tartó kísérletben pulykákkal etetett 0,27, illetve 0,36% hasznosítható P-tartalmú takarmányokkal melyek Ca/összes-foszfor arányát takarmánymész hozzáadásával 1,1; 1,4; 1,7 és 2,0:1 értékre állították be, és ezen tápokot még külön-külön 0, 300, 600 vagy 900 FTU/kg fitázzal egészítették ki. Megállapításaik szerint a fitáz adago-

lása minden esetben lineárisan növelte a testtömeg-gyapadást, a takarmány-felvételt, a takarmány-értékesülést, a csont hamutartalmát és a Ca és P lát-szólagos retencióját, de annak mértékét a takarmány tág Ca és P aránya, valamint a magasabb hasznosítható P-tartalom rontotta. Legkedvezőbb eredményeket mindkét P-szintnél a viszonylag alacsony 1,1:1,0, illetve 1,4:1 Ca/összes foszfor arányú takarmány etetése során kapták. Számításaik szerint a pulykák három hetes koráig 0,22, illetve 0,36% hasznosítható P-szintű takarmányok esetében 652, illetve 963 FTU/kg kiegészítés 0,1%-nyi hasznosítható P-tartalom növekedéssel egyenértékű.

Mások szerint 4-16 hetes pulykák termelési eredményei nem romlottak, ha az NRC ajánlásához képest a hasznosítható foszfor-tartalmat 73%-ára csökkentették, az NRC-nek megfelelő Ca-tartalom esetén. Amennyiben a táp Ca-tartalmát a szükségleti szint 90%-ára mérsékeltek, úgy fitáz (500 FTU/kg) adagolás esetén a hasznosítható P-tartalom akár 52%-ra is csökkenthető volt, kihangsúlyozva, hogy a növedék pulyka esetében is lényeges hatása van a Ca/P arányának (Atia et al., 2000).

## Víziszárnnyasok

Növedék (3-6 hetes korú) kacsák 0,18% hasznosítható foszfor-tartalmú takarmányának 750 FTU/kg fitáz kiegészítése a plazma foszfor szint-jének növekedése és a testtömeg-gyapadás értékek alapján mintegy 0,05, illetve 0,07% hasznosítható foszfor-tartalommal volt egyenértékű (Orban et al., 1999).

Fiatal ludakon végzett saját kísérletünkben a 0,24% hasznosítható foszfortartalmú, 1,8:1,0 Ca/összes-foszfor arányú kukorica/búza/szója alapú tápot 450 FTU/kg fitázzal egészítettük ki. A testtömeg-gyapadás és a csonthamu tartalom növekedése, a vérben az ALT aktivitás csökkenésének mértéke nem érte el a takarmányban 0,05%-nyi hasznosítható foszfortar-

talom növelés esetén megfigyelhető változást (Sályi és Kunsági, 2003).

## A fitáz enzim alkalmazásának gazdaságossági vonatkozásai

Egyes takarmánygyártók számításai szerint a fitáz enzim használata, az ásványi eredetű P (és Ca) kiegészítők mennyiségének csökkenthetősége révén 200-250 Ft-ot is elérhet a tonnákénti árcsökkenés. Másodlagosnak tűnhet, de az ásványi anyagok mennyiségének a keveréktakarmányok össztömegére vetített mintegy 0,5%-os csökkenése egyúttal az energia- és fehérjehordozó komponensek adott mértékű növekedését eredményezi.

Összegzésképpen a takarmányokhoz adagolt fitáz oly mértékben kedvezően hat a növényi eredetű takarmánykomponensekben lévő, a szervezet számára nem, vagy alig értékesülő fitinsavhoz kötött foszfor értékesülésére, hogy az ásványi eredetű foszfor kiegészítők mennyiségének mérsékelhetősége miatt többnyire gazdaságos a használata. Az egyes takarmánykomponensek foszfortartalmának egymástól eltérő kihasználhatósága miatt elengedhetetlen a receptura összeállításakor az adott faj és korcsoport hasznosítható foszforfőrszükségletével számolni, és ezúttal figyelembe veendő, hogy adott mennyiségű fitáz, milyen mennyiségű ásványi eredetű foszforkiegészítőt képes „pótolni”.

Hangsúlyozni szükséges, hogy a fitáz alkalmazásakor a Ca „túladagolás” kedvezőtlen hatása többszörösen érvényesülhet. A fiatal – az ásványi anyag forgalmi zavarokra különösen érzékeny – baromfi inditótápjának összeállításakor a fitáz foszforkiegészítő, helyettesítő hatását – különösen kellő tapasztalat hiányában – nem szabad túlbecsülni, és az átlagostól eltérő arányú összetevők használata esetén akár félüzemi kísérletek végzése is javasolható.

A fitáznak a nem közvetlenül a foszfor értékesüléssel kapcsolatos, egyéb takarmányozás-élettani hatásai gazdaságossági szempontból is figyelemre méltók.

SÁLYI GÁBOR

ORSZÁGOS ÁLLATEGÉSZSÉGÜGYI INTÉZET

## Irodalomjegyzék

- Atia, E. A. – Waibel, P. E. – Hermes, I. – Carlson, C. W. – Waiser, M. M. (2000): Effect of dietary phosphorus, calcium, and phytase on performance of growing turkeys. *Poult. Sci.* 79, 231-239.
- Boling, S. D. – Douglas, M. W. – Johnson, M. L. – Wang, X. – Parsons, C. M. – Koelkebeck, K. W. – Zimmerman, R. A. (2000a): The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. *Poult. Sci.* 79, 224-230.
- Boling, S. D. – Douglas, M. W. – Johnson, M. L. – Wang, X. – Parsons, C. M. – Koelkebeck, K. W. – Zimmerman, R. A. (2000b): The effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance in laying hens. *Poult. Sci.* 79, 535-538.
- Gipert T. – Kis I. – Gerendai D. – Sherif K.E. – Hullár I. (1999): Fitázenzim hatása a broilerésirkék takarmányozásában. *Állatteny. Takarm.* 48, 455-463.
- Gordon, R. W. – Roland, D. A. (1997): Performance of commercial laying hens fed various phosphorus levels, with and without supplemental phytase. *Poult. Sci.* 76, 1172-1177.
- Huyghebaert, G. (1996): The response of broiler chicks to phase feeding for P, Ca and phytase. *Arch. Geflügelk.* 60, 132-141.
- Jalal, M.A. – Scheideleer, S.E. (2001): Effect of supplementation of two different sources of phytase on egg production parameters in laying hens and nutrient digestibility. *Poult. Sci.* 80, 1463-1471.
- Keshavarz, K. (2000): Nonphytate phosphorus requirement of laying hens with and without phytase on a phase feeding program. *Poult. Sci.* 79, 748-763.
- Kis, J. D. – Versteegh, H. A. – Simons, P. C. – Kies, A. K. (1997): The efficacy of phytase in corn-soybean meal-based diets for laying hens. *Poult. Sci.* 76, 1535-1542.
- Mitchell, R. D. – Edwards, H. M. (1996): Effects of phytase and 1,25-dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. *Poult. Sci.* 75, 95-110.
- Nelson, T.S. (1976): The hydrolysis of phytate phosphorus by chicks and laying hens. *Poult. Sci.* 55, 2262-2264.
- Orban, J. I. – Adzola, O. – Strohine, R. (1999): Microbial phytase in finisher diets of white geckin ducks: effects on growth performance, plasma phosphorus concentration, and leg bone characteristics. *Poult. Sci.* 78, 366-377.
- Pallauf, J. – Rimbach, G. (1997): Nutritional significance of phytic acid and phytase. *Arch. Tierernähr.* 50, 301-319.
- Peter, C.M. – Baker, D.H. (2001): Microbial phytase does not improve protein-amino acid utilization in soybean meal fed to young chickens. *J. Nutr.* 131, 1792-1797.
- Runna, S. – Roland, D. A. (2001): Influence of dietary phytase supplementation on incidence and severity in broilers divergently selected for tibial chondrodysplasia. *Poult. Sci.* 80, 735-740.
- Qian, H. – Kamegaya, E. T. – Denbow, D. M. (1998): Phosphorus equivalence of microbial phytase in turkey diets as influenced by calcium to phosphorus ratios and phosphorus levels. *Poult. Sci.* 75, 69-81.
- Ravindran, V. – Cabahug, S. – Ravindran, G. – Selle, P. H. – Bryden, W. L. (2000): Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effects on apparent metabolizable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. *Poult. Sci.* 41, 193-200.
- Ravindran, V. – Selle, P. H. – Ravindran, G. – Morel, P. C. H. – Kies, A. K. – Bryden, W. L. (2001): Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy, and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. *Poult. Sci.* 80, 338-344.
- Sályi G. – Kunsági Z. (2003): A fitáz hatékonyságának vizsgálata növények tüdejében. *Magy. Áll. Lapj.* (Közlésre előkészítve).
- Scheideleer, S. E. – Sell, J. L. (1987): Utilization of phytate phosphorus in laying hens as influenced by dietary phosphorus and calcium. *Nutr. Rep. Intern.* 35, 1073-1081.
- Schöner, J. J. – Hoppa, P. P. – Schwarz, G. (1991): Vergleich der Effekte von mikrobieller Phytase und anorganischem Phosphat auf die Leistungen und die Retention von Phosphor, Calcium und Rohasche bei Masthühnerküken in der Anfangszeit. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 66, 249-255.
- Scott, T. A. – Kampen, R. – Silversides, F. G. (1997): The effect of phosphorus, phytase enzyme, and calcium on the performance of layers fed corn-based diets. *Poult. Sci.* 78, 1742-1749.
- Sebastian, S.P. – Touchburn, J. R. (1996): Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. *Poult. Sci.* 75, 1516-1523.
- Tossenberger, J. – Babinszky, L. – Fodor, R. – Halas, W. – Szabó, J. (1999): Az abrakfevérék fitáz-kiegészítésének hatása a kalcium- és a foszfor hasznosíthatóságára és a broileresek teljesítményére. *Állatteny. Takarm.* 48, 515-524.
- Wolfs, M. – Mézes, M. – Boskay Gy. – Gelencsér E. (1998): Effects phytase supplementation on calcium and phosphorus output, production traits and mechanical stability of the tibia in broiler chickens. *Acta Vet. Hung.* 46, 331-342.
- Wan, F. – Kersey, J.H. (2001): Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. *Poult. Sci.* 80, 435-439.