

**KAPOSVÁRI EGYETEM**  
**ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**  
**Takarmányozástani Tanszék**

**A FITÁZKIEGÉSZÍTÉS HATÁSA A FOSZFOR ÉS KÁLCIUM  
EMÉSZTHETŐSÉGÉRE KALÁSZOS GABONA ALAPÚ  
TAKARMÁNYKEVERÉKEK ETETÉSEKOR  
SZOPTATÓ KOCÁKBAN**

**Készítette:**

**Berkes Laura**

I. évfolyam, takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc szak

**Konzulens:**

**Dr. Tossenberger János**

egyetemi docens

**Kaposvár**

**2012**

## TARTALOMJEGYZÉK

|                                                                                 | Oldal |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Bevezetés                                                                    | 3     |
| 2. Irodalmi áttekintés                                                          | 5     |
| 2.1 Foszfor és kalcium élettani szerepe                                         | 5     |
| 2.2 Sertés ásványi anyag emésztési sajátosságai                                 | 5     |
| 2.3 A foszfor szerepe a kocák takarmányozásában                                 | 7     |
| 2.4 Fitáz kiegészítés élettani jelentősége és szerepe a kocák takarmányozásában | 8     |
| 3. Célkitűzés                                                                   | 12    |
| 4. Anyag és módszer                                                             | 12    |
| 4.1 Kísérleti állatok és elhelyezésük                                           | 12    |
| 4.2 Kísérleti takarmányok, kezelések, a kísérleti állatok takarmányozása        | 12    |
| 4.3 Állatkísérleti módszer, kísérleti adatok felvételezése                      | 16    |
| 4.4 Laboratóriumi vizsgálatok                                                   | 16    |
| 4.5 A kísérleti adatok statisztikai értékelése                                  | 17    |
| 5. Eredmények és megbeszélés                                                    | 18    |
| 6. Következtetések és javaslatok                                                | 29    |
| 7. Összefoglalás                                                                | 30    |
| 8. Summary                                                                      | 32    |
| Irodalomjegyzék                                                                 | 34    |
| Köszönetnyilvánítás                                                             |       |

## 1. BEVEZETÉS

A sertéshús előállítás biológiai és ökonómiai hatékonyságát a kocák táplálóanyag-, vitamin és ásványi anyag ellátása nagymértékben befolyásolja, ezért az optimális ellátásra a reprodukciós ciklus valamennyi fázisában nagy gondot kell fordítani. A megfelelő mennyiségű és minőségű táplálóanyag biztosítása a laktáló kocák esetében különösen fontos mivel az, az életteltjesítmény növelésén túl - a választott malacok számára és súlyára is hatással van (Mézes, 2009). Az ásványi anyagok közül a kalcium és a foszfor meghatározó jelentőségű, ami a két elem élettani szerepével hozható összefüggésbe. Amíg az élettani funkciókhoz szükséges kalciumot az iparszerű körülmények között tartott állatok elsődlegesen a takarmányba kevert takarmánymészből fedezik, addig a foszfor jelentős hányada (mintegy 50-60%-a) a takarmánykomponensek natív foszfortartalmából származik. Szakirodalmi adatokból azonban ismert, hogy az egyes takarmánykomponensek foszfortartalmának emészthetősége között jelentős különbségek vannak (Pallauf és Rimbach, 1997; Jacela és mtsai, 2010). Így a komponensek összfoszfor tartalmának ismerete mellett ismerni kell a foszfor emészthetőségét is. Az eltérő emészthetőség abból adódik, hogy az egyes komponensek összfoszfor tartalma eltérő foszforfrakciókból áll, amelyek közül az emészthetőséget a legnagyobb mértékben a fitin kötésben lévő foszfor aránya határozza meg. A foszfornak ezt a kémiai formáját a monogasztrikus állatok ugyanis saját enzim híján nem - vagy csak nagyon kis mértékben - képesek abszorbeálni.

A sertéstakarmányozásban széles körben használt gabonafélék közel azonos összfoszfor tartalommal rendelkeznek, amelynek mintegy 70%-a fitin kötésben van jelen (Czech, 2011). Ennek ellenére foszfortartalmuk emészthetősége között közel háromszoros különbség van. Ismert, hogy amíg a kukorica foszfor tartalmának emészthetősége csak ritkán haladja meg a húsz százalékot, addig a búza közel azonos foszfortartalmának emészthetősége elérheti a 60%-ot is (Berk és Schulz, 1993). Ez a különbség a két takarmányféleség eltérő saját fitáz aktivitásából adódik. A kukorica saját fitáz aktivitása ugyanis elhanyagolható, a búzáé viszont elérheti a 900 FTU/kg értéket is (Babinszky és Tossenberger, 1998). A foszfor emészthetőségének javítása céljából a sertés- és baromfitakarmányokat nagyon gyakran mikrobiológiai úton előállított fitázzal egészítik ki. Ez a gyakorlat a takarmányfoszfátok világpiaci árának ugrásszerű megnövekedése óta széles körben elterjedt (Forgács, 2008). Hosszú ideig a fitáz kiegészítést csak a kukorica alapú takarmánykeverékek esetében alkalmazták, mivel ezen takarmányoknak alacsony a saját fitáz aktivitása, következményesen natív foszfor-tartalmuk emészthetősége is alacsony (Babinszky, 2002). A legújabb

szakirodalmi adatok azonban arra hívják fel a figyelmet, hogy a búza alapú diéták fitázzal történő kiegészítésekor is lehet a foszfor emészthetőségének javulásával számolni (Stein, 2010), ami feltehetően az újabban fejlesztett fitáz készítmények biokémiai tulajdonságaival hozható összefüggésbe.

A Magyarországon klasszikusnak tekinthető kukorica-alapú diéták széleskörű etetésének gazdaságossági korlátokat szabhat a szélsőséges időjárás. Az egyre gyakrabban előforduló nyári csapadékhiány ugyanis kedvezőtlenül befolyásolta az általánosan etetett kukorica termésátlagát, ami nagymértékű áremeléshez vezetett. A takarmánykukorica árának növekedéséhez a bioetanol gyártás nyersanyag igénye is hozzájárult. Ezen tényezők miatt szükségessé vált új takarmány-alapanyag alternatívák keresése. Ilyen alternatívát jelenthetnek a különböző melléktermékek (DDGS, repcepogácsa, napraforgódara), de ilyen számításba vehető alternatívát jelenthet az őszi vetésű kalászos gabonák nagyobb arányú szerepeltetése a takarmánykeverékekben. Ezen takarmányféleségek ugyanis kellő téli csapadék esetén a tavaszi/nyári csapadékhiányt kevésbé sínylik meg, így a gazdasági állatok takarmányozásában betöltött szerepük megnövekedhet (Mesterházy, 2006).

Annak ellenére, hogy az elmúlt évtizedben felgyorsultak a különböző gazdasági haszonállatfajok ásványi anyag szükségletének pontosítására irányuló vizsgálatok, a sertések ásványi anyag – így foszfor – szükségletéről még mindig nem áll kellő számú adat rendelkezésre (NRC, 2012). Így minden olyan vizsgálat, amely a sertések ásványi anyag emésztésével és szükségletének megállapításával foglalkozik, hozzájárul egyrészt a szükségletek további pontosításához és ezáltal a környezetbarát sertéstakarmányozási technológiák kidolgozásához illetve továbbfejlesztéséhez is. Az elvégzendő vizsgálatokat korcsoportonként és hasznosítási irányonként illetve az állatok élettani stádiumának függvényében célszerű elvégezni. Saját kísérleteink a szoptató kocák foszfor-emésztésének vizsgálatára terjednek ki kalászos gabona alapú diéták etetése mellett.

## **2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

### **2.1 Foszfor és kalcium élettani szerepe**

A szervezet foszfortartalmának 85%-a a csontokban található, és fontos szerepet játszik a csontok és a vázizom fejlődésében (Husvéth, 1994). Ezen kívül kisebb arányban részt vesz az életfontosságú vegyületek felépítésében (fehérjék, enzimek, foszfolipidek, foszfoproteidek), az intermedier anyagcsere folyamatokban, a sav-bázis egyensúly fenntartásában továbbá az energiát szolgáltató vegyületek szerves részét képezi (ATP ADP). Ebből adódóan a hiányos foszforellátottság miatt kialakuló foszforilációs zavar az egész szervezet működését érinti (Rudas-Frenyó, 1995). A kalcium jelentős hányada, mintegy 98 %-a a csontok és a fogak felépítésében vesz részt hidroxipapatit formájában. Emellett szerepe van véralvadási folyamatokban, a membránok permeabilitásában, a neurotranszmissziós folyamatokban és az izom összehúzódnási folyamatokban is. Ez utóbbi hatása miatt, hiánya kocáknál jelentős mértékű holtelléshez vezethet (Mézes, 2009).

A vérplazmában a kalcium szabad illetve fehérjéhez kötött állapotban található. Az ionos forma a vér Ca-tartalmának mintegy 45-47%-a, míg a fennmaradó 53-55% fehérjéhez kötötten, legnagyobb részben albuminban van jelen (Husvéth, 2000).

Mivel az albumin anion karakterű, a vérben a szerves savak felhalmozódásának hatására (acidózis) a kalcium kiválik a fehérjekötésből, ezért az ionos formában levő kalcium mennyisége nő. Az ellenkező irányú folyamat (alkalózis) esetében viszont több kalcium épül be a fehérjekötésbe, így az ionizált frakció csökkenése figyelhető meg. Ez a folyamat egyrészt biztosítja a szervezet sav-bázis egyensúlyát, másrészt a vérplazma össz-kalcium mennyiségének változása nélkül is jelentősen befolyásolja az ideg-izom ingerlékenységet (Bárdos, 2000).

A kalcium ionizált formában több élettani folyamatban meghatározó szerepet tölt be: többek között serkenti a B<sub>12</sub> vitamin felszívódását, segít a vérnyomás szabályozásában valamint befolyásolja a csontdenzitást is (Bíró, 2000).

A kalcium felszívódásához szükség van megfelelő D-vitamin ellátáshoz is, ugyanis ez a vitamin serkenti a CaBP (Calcium Binding Protein) termelődését, ami segíti a kalcium sejtmembránon történő átjutását (Kovács, 2000). Intenzív tartástechnológia esetén (zárt tartás) a megfelelő kalcium ellátás mellett gondoskodni kell a sertések optimális D-vitamin ellátásáról is.

### **2.2 Sertés ásványi anyag emésztési sajátosságai**

A kifejlett sertésekre jellemző emésztés élettani sajátosságok a 6-8. élethétre alakulnak ki. Az

ásványi anyagok felszívódásának hatékonysága az életkor előrehaladtával adott életkorig némiképp javul, de a mindenkori ásványi anyag felszívódást az egyes ásványi anyagok közötti interakciók nagymértékben befolyásolják (Mézes, 2009).

A különböző táplálóanyagok lebomlási termékei a vékonybélben szívódnak fel. Zömmel ugyanitt történik az ásványi anyagok abszorpciója is. A táplálóanyagok egyszerű diffúzióval (vízben oldódó vitaminok), aktív transzporttal (Na, K, Ca) illetve pinocitózissal szívódnak fel. A sertések ásványi anyag ellátásában fontos tényező a foszfor, valamint a kalcium, amely két elemet a szakirodalomban gyakran együtt tárgyalnak, mivel élettani és biológiai funkcióik összefüggenek (Schmidt, 2003). A foszfor felszívódásának helye a vékonybél, bár szakaszait tekintve az abszorpció mértéke eltérő lehet. A duodenumból történő felszívódás könnyebben, míg az ileumból való abszorpció kisebb hatékonysággal megy végbe. A vastagbélből való abszorpció jelentéktelen, azonban nagy foszfortartalmú takarmánykeverékek etetése esetén ez az arány megváltozhat. A felszívódás mértékét befolyásolja még a szervezet D-vitamin ellátottsága, valamint a takarmány Ca/P aránya is. A tág Ca/P arány (2,2:1) negatív hatással van sertések teljesítményére is (Seynaeve, 1996). Fitázzal végzett kísérletek során Qian (1997) arra a következtetésre jutott, hogy enzímkiegészítés mellett is célszerű a szűk Ca/P arány megtartása. A bélben uralkodó viszonyok (pH, a takarmány fehérje és zsír tartalma) szintén hatással vannak a kalcium és foszfor felszívódására. Több vizsgálatot is végeztek annak megállapítására, hogy az életkor előrehaladtával hogyan változik a takarmány kalcium- és foszfortartalmának kihasználása. Rudas-Frenyó (1995) szerint a Ca- és P-kihasználás az életkor előrehaladtával egyértelműen romlik, ezzel szemben Kemme (1997) kísérleti eredményei alapján a 60 kg-os súly eléréséig a foszfor látszólagos emészthetősége nő, és a 60-100 kg között az emészthetőség szignifikánsan nem változik. A feleslegben adott foszfor és kalcium mennyiséggel szemben a szervezet a felszívódás szabályozásával tud védekezni. A foszfor felesleg elsősorban renálisán, míg a kalcium felesleg a bélsárral ürülve távozik a szervezetből.

A kalcium és foszfor homeosztázis fenntartása főként hormonális szabályozás eredménye (parathormon, kalcitonin, kalcitriol). A hiányos kalcium és foszfor ellátás negatív hatása elsősorban a csontrendszerben mutatkozik meg, ugyanis a szervezet a fennálló hiányt elsősorban a csontokból való mobilizálással próbálja kompenzálni (Fernandez, 1995). Ezzel a ténnyel magyarázható a rövid távon nem megfelelő foszfor ellátás esetén kialakuló nagy növekedési erélyű állatoknál az angolkór. A takarmányértékesítésben jelentkező zavar hosszabb idő alatt alakul ki.

A foszfor ellátás optimalizálását nehezíti, hogy a takarmánynövényekben a foszfor mintegy

2/3-a nehezen oldható fitinkötésben van jelen (Pallauf és Rimbach, 1997), amelyet a sertés saját enzim hiányában rosszul képes csak hasznosítani. Ez a tény indokolja a sertés-takarmányok szervesen foszforral és kalciummal valamint enzimmel történő kiegészítését.

### **2.3 A foszfor szerepe a kocák takarmányozásában**

A kocák okszerű táplálóanyag ellátása a sertéshús előállítás teljes egészének szempontjából is meghatározó jelentőséggel bír. A táplálóanyagok közül az energia, a fehérje és az aminosav igény kielégítése mellett a kalcium és a foszfor szükséglet kielégítésének van a legnagyobb jelentősége. Ezt jelzi az is, hogy napjainkban a kocaselejtezés mintegy 40-50%-os arányban lábszerkezeti okokra vezethető vissza (Dale, 2011). Ezen okok pedig egyéb tényezők mellett (pl. mozgás) az ásványi anyag ellátással illetve azon belül a kalcium és a foszfor ellátással hozhatók összefüggésbe. Hiányos foszfor ellátás esetén az angolkór lehet a patológiás következmény, idősebb kocák esetén pedig a csonttöréssel járó csontlágyulás (osteomalátia) kialakulásának nő meg az esélye (Schmidt, 2003).

Nem megfelelő kalcium és foszfor ellátás esetén – az élettani funkciókhoz szükséges foszfor mennyiségét - a kocák a csontokból pótolják. Ez a folyamat elsősorban az ágyéki csigolyákból, a bordákból és a medencecsontból történik. Ez a mobilizáció a csigolyák és a medence gyengülésével jár, ami növeli az előfordulási esélyét a kocák ún. „downer” szindrómájának (Dale, 2011).

A kocák megfelelő ásványi anyag ellátását a kalcium foszfor arány is befolyásolja. Eeckhout és mtsai (1995) vizsgálatai alapján a széles Ca/P arány negatívan befolyásolja a foszfor abszorpciót, ami a növekedés visszaesésében, valamint a kalcium beépülés hatékonyságának romlásában nyilvánul meg. Az NRC (2012) ajánlása szerint az ideális Ca/P aránya 1:1 és 1,25:1 között van. Szükséges azonban megjegyezni, hogy a jelenleg érvényben lévő foszfor - és kalcium ajánlások gyakran ellentmondanak egymásnak. A 2012-ben kiadott NRC ajánlások szerint a szoptató kocák összes kalcium igénye 0,63% és a foszfor ajánlott STTD (Standardized Total Tract Digestibility) értéke 0,32%. Ezzel szemben Gunner és mtsai (2008) a foszforkiegészítés tekintetében azt találták, hogy a vemhes kocáknak 2,0 g/kg emészthető foszforra, míg a szoptató kocáknak 2,6 g/kg emészthető foszforra van szüksége. Krimpen és Jongbloed (2011) ajánlásai szerint egy vemhes koca emészthető foszfor szükséglete 2,1 g.kg EW<sup>-1</sup>, míg emészthető kalcium esetében 6,9 g.kg EW<sup>-1</sup>. Ugyanezen értékek egy szoptató koca esetében 2,7 és 7,7 g.kg EW<sup>-1</sup>, (1 EW = 8,79 MJ NE illetve 12,55 MJ ME). Schmidt (2003) szerint egy szoptató koca Ca-igénye 8,8 g/kg, míg P-igénye 7,0 g/kg, míg ugyanezek az értékek vemhes koca esetén 8,2 illetve 6,5 g/kg.

## **2.4 Fitáz kiegészítés élettani jelentősége és szerepe a kocák takarmányozásában**

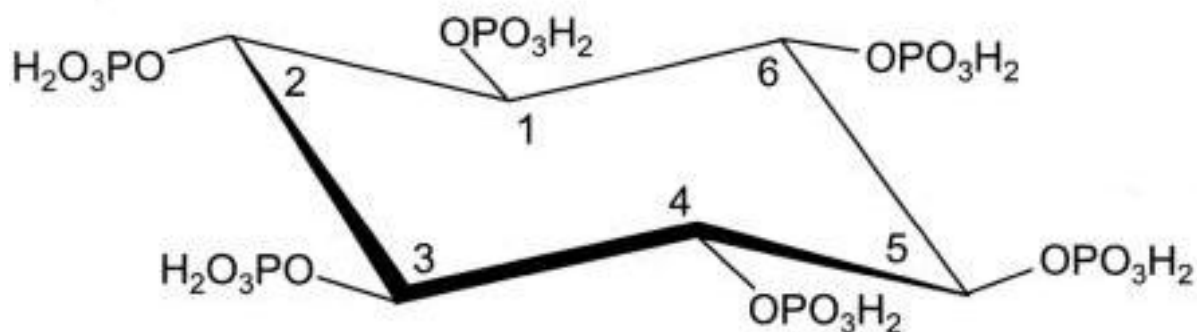
A szemes takarmányok nagy mennyiségben tartalmaznak foszfort, azonban ez a foszfor 60-70%-ban fitinsavhoz kötött állapotban található. A magas fitin tartalom több ásványi anyag (Zn, Fe, Ca) emészthetőségét is rontja (Jamroz és mtsai, 2006). A fitin kötésben lévő foszfor fitáz enzim segítségével válik a szervezet számára hozzáférhetővé. Az enzim hatására ugyanis a fitinsav inozitolra és szervesetlen foszforra hidrolizál (Kutasi, 2006). A kérődzőkkel ellentétben a monogasztrikus állatok – köztük a sertés – rosszul értékesítik a takarmány foszfor tartalmát, minekután szervezetükből hiányzik ez az enzim illetve a bélbaktérium koncentráció is alacsony (Jamroz és mtsai, 2006). Ennek következtében a fitin kötésben található foszfor jelentős hányada a bélsárral ürítésre kerül, ami a környezetet is terheli. Az alacsony foszfor értékesülés miatt az állatok takarmánya anorganikus foszfor kiegészítésre szorul. Fitáz enzim alkalmazásával azonban mind a szervesetlen foszfor kiegészítés, mind a környezet szennyezése csökkenthető lenne (Kutasi, 2006; Forgács, 2008).

Az utóbbi években több kísérlet is igazolta a fitáz hatékonyságát, így egyre elterjedtebbé vált ezen enzimek használata a hazai gyakorlatban is. Kereskedelmi forgalomban már több mikroszkopikus gombák és baktériumok által termelt enzim található, többek között a *Penicillium funiculosum* által előállított fitáz-3, (1141/2007/ EK rendelet) és a *Schizosaccharomyces pombe* által termelt fitáz-6 (379/2009/ EK rendelet) jelent meg, de ismertek a *Trichoderma reesei* és *Aspergillus niger* által termelt fitázok is (Tossenberger és Babinszky, 2009). A mikrobiológiai úton előállított fitáznak élő szervezetre kifejtett káros hatása jelenleg nem ismert (379/2009/ EK rendelet). A különböző mikrobák által termelt fitázok közötti különbség – egyebek mellett - az egyes fitát-gyökök hasításának sorrendjében, a hasítás sebességében, valamint a pH optimumukban keresendő (Tossenberger és Babinszky, 2009).

A gabonamagvak többsége a foszfort inozitol gyűrűbe (1. ábra) zárva tartalmazza, ami kémiaiailag mio-inozitol-hexakiszfószfát. Néhány fontosabb gabonafélének a foszfor tartalma, fitin foszfor tartalma illetőleg a saját fitázaktivitása az 1. táblázatban látható. A táblázat adatai felhívják a figyelmet az egyes gabonafélék foszfortartalmának és fitázaktivitásának különbözőségeire, ami hatással van az emészthető foszfortartalomra is.

# 1. ábra

## Inozitol gyűrű szerkezete



### 1. táblázat

#### Különböző gabonafélések foszfor-tartalma és fitáz-aktivitása

| Komponens | Összes foszfor<br>tartalom (g/kg<br>sza.) | Fitát foszfor<br>(g/kg sza.) | Fitáz aktivitás<br>(FTU/kg) |
|-----------|-------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Kukorica  | 3,90                                      | 2,92                         | < 50 *                      |
| Búza      | 3,95                                      | 2,81                         | 900 *                       |
|           | 3,82                                      | 2,84                         | 815 **                      |
| Árpa      | 3,75                                      | 2,60                         | 350*                        |
|           | 4,11                                      | 2,59                         | 310 **                      |
| Tritikálé | 6,90                                      | 3,99                         | 1475 **                     |

\* Babinszky és Tossenberger (1998) \*\*Berk és Schulz (1993)

Fitáz enzim segítségével az inozitol gyűrűbe zárt foszfor inozitolra és szerves foszforra hidrolizál (Kutasi, 2006). Az így keletkező foszfor forma már abszorbeálható. A takarmányok és a takarmánykomponensek foszfortartalmát napjainkban még gyakran összfoszforban adják

meg. Az emészthető foszfortartalom ismeretében azonban pontosabb információt kaphatunk a foszfor értékéről. Ebből következően, ha a takarmányreceptúra összeállításánál az emészthető P-tartalmat vesszük alapul, akkor pontosabban elégíthetjük ki a sertések foszfor szükségletét, mindemellett a csökkenthetjük a környezet foszfor terhelését is (Babinszky, 2002). Ezt szolgálják a legújabb táplálóanyag ajánlások (NRC, 2012) is.

A különböző növényi magvak is rendelkeznek saját fitáz aktivitással. A hazánkban általánosan etetett kukorica esetében ez az érték igen alacsony, mindössze 15 PPU/kg, szemben a kalászos gabonák, köztük a rozs, a búza és a tritikálé viszonylag nagy (600 – 1100 PPU/kg) aktivitásával (Czech, 2007). A fent említett aktivitás értékek ellenére azonban ezen magvak natív foszfor-tartalmával aligha fedezhető a sertések foszfor szükséglete, így a takarmányaik szervesen foszfor illetve baktériumok vagy gombák által előállított fitáz kiegészítésre szorulnak. Annak, hogy a takarmányokhoz kevert fitáz enzim baktériumokból vagy gombákból származtatott, a készítmény hatékonyságát illetően nincs jelentősége. A fitázok specifikusságát a biokémiai és biofizikai tulajdonságai adják (Ulrich és Donnie, 2009). Kocákkal végzett kísérletek alapján megállapították, hogy a hozzáadott enzim aktivitása függ a takarmány alapkivonatjainak saját fitáz aktivitásától is (Czech és Grela, 2004). Több kutató vizsgálata szerint (Steiner és mtsai, 2006, Jongbloed és mtsai, 2004) mikrobiális fitáz kiegészítés hatására az ásványi anyagok – főleg a foszfor - látszólagos emészthetősége javult. Grela és mtsai (2010) vemhes és szoptató kocákkal végzett kísérletükben azt tapasztalták, hogy a mikrobiális fitáz kiegészítés hatására megnőtt a kolosztrumban a Zn és a Cu koncentrációja. Grela és mtsai (2011) egy másik kísérletben kimutatták, hogy a búza-árpa alapú takarmánykeverék mikrobiális fitázzal való kiegészítés hatására alacsonyabb volt a kocák laktáció alatti testtömegvesztesége, valamint nagyobb volt a súlygyarapodásuk és hatékonyabb a takarmányértékesítésük is az egész reprodukciós ciklus alatt.

Szakirodalmi adatok szerint a takarmányok fitázkiegészítését elsősorban kukorica alapú diéták etetésekor szokás alkalmazni (Jongbloed és mtsai, 2004; Steiner és mtsai, 2006; Forgács, 2008). Ez azzal magyarázható, hogy a kukorica foszfortartalmának a kukorica alacsony fitázaktivitásából adódóan alacsony az emészthetősége, így ezen diétáknak alacsony az emészthető foszfortartalma is, ami mikrobiális úton előállított fitáz enzim hozzáadásával – a fitáz tulajdonságaitól függően – különböző mértékben javítható. Nyachoti és mtsai. (2006) vemhes és szoptató kocákkal végzett kísérleteiben *Schizosaccharomyces pombe* által termelt fitázt alkalmazták 500 és 1000 FTU kg<sup>-1</sup>értékben kukorica-extrahált szójadara alapú takarmánykeverékekben. Kísérletükben azt tapasztalták, hogy a fitáz kiegészítés pozitív hatással volt az energia emészthetőségére a vemhesség idején, azonban ez a hatás már nem volt

igazolható a szoptatás időszaka alatt A foszfor emészthetőségét vizsgálva megállapították, hogy a takarmányok 500 FTU kg<sup>-1</sup>fitázzal történő kiegészítésekor a P-emészthetőség javul, de 1000 FTU kg<sup>-1</sup>fitáz kiegészítésekor további növekedés nem volt kimutatható.

Néhány újabb kísérleti adat arra hívja fel a figyelmet, hogy egyes fitázok búza alapú takarmánykeverékek etetésekor is képesek a takarmánykeverékek foszfortartalmának emészthetőségét növelni (Nortey 2007; Grela és mtsai 2010). Ennek jelentősége abban keresendő, hogy ezen diéták etetésekor csökkenthető a takarmányok anorganikus foszfortartalma, ami lehetővé teszi ilyen diéták esetében is a foszforürítés mértékének csökkentését.

Ezen adatok arra is felhívják a figyelmet, hogy a fitáz kiegészítés hatására a búza alapú takarmánykeverékek P-tartalmának emészthetősége annak ellenére is növekedik, hogy az alapdiéták fitázaktivitása fitázkiegészítés nélkül is elérheti a 400-450 PPU/kg értéket. Szükségesnek tartjuk megjegyezni, hogy a legtöbb esetben a kutatók nem javasolnak ennél nagyobb fitázaktivitást alkalmazni a kocatakarmanyakban. Ez egy látszólagos ellentmondás, mivel a búza saját fitázának és a mikrobiológiai úton előállított fitázoknak más a hatékonysága (Brejnholt és mtsai, 2011) így egy magas saját fitázaktivitás mellett is tovább javul a foszforemészthetőség mértéke. A javulás mértékét azonban mindenkor a fitáz biokémiai tulajdonságai határozzák meg, amit objektív módon in vivo kísérletben lehet tisztázni.

Az általam feldolgozott szakirodalom alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a kocák foszfor (és kalcium) szükségletére vonatkozóan viszonylag kevés új adat áll rendelkezésre. A rendelkezésre álló adatok/ajánlások gyakran ellentmondanak egymásnak. Ugyanígy különböző adatokkal találkozunk az eltérő típusú/eredetű fitázok hatékonyságáról-, illetve a javasolható fitáz-kiegészítés mértékéről is. Ezekből adódóan indokoltnak látszik olyan további vizsgálatok beállítása, amelyek hozzájárulhatnak egyrészt a különböző fitázok hatékonyságának megállapításához, másrészt további adatokat szolgáltatnak a kocák foszfor szükségletének pontosításához is.

### 3. CÉLKITŰZÉS

Kísérletünkben egy *Trichoderma reesei* által termelt fitáz (TRRP) hatását vizsgáltuk. Szoptatókocákkal beállított kísérletünk során arra kerestünk választ, hogy a vizsgált fitáz készítmény különböző dózisokban adagolva, hogyan befolyásolja a szoptató kocák takarmányfelvételét illetve a foszfor és kalcium emészthetőségét, búza-árpa-extrahált szójadara- illetve kukorica- extrahált szójadara alapú takarmánykeverékek etetése esetén, a laktáció csúcsán.

### 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 4.1 Kísérleti állatok és elhelyezésük

Vizsgálataink során két kísérlet került beállításra. Mindkét kísérletet a laktáció azonos fázisában lévő, az egyes kísérleteken belül közel azonos paritású, hibrid kocákkal (magyar nagyfehér x svéd lapály) végeztük el, kezelésenként 8 állattal (4 állat/kezelés, két ismétlés:  $n=8/\text{kezelés}$ ). Az I. kísérletben a kocák átlagsúlya a kísérlet kezdetén  $246 \pm 29$  kg, átlagos paritásuk 3,8; a II. kísérletben a kísérleti állatok átlagsúlya  $241 \pm 33$  kg, az átlagos paritás pedig 6,8 volt. Az állatok a vizsgálatok alatt fiasztató kutricákban kerültek elhelyezésre. A kísérleti terem hőmérsékletét és relatív páratartalmát a szoptató kocák igényeinek megfelelően szabályoztuk.

#### 4.2 Kísérleti takarmányok, kezelések, a kísérleti állatok takarmányozása

Ugyanazon fitáz-készítménynek a szoptató kocák foszfor- és kalcium emésztésére kifejtett hatását két különböző összetételű alapdiéta etetése mellett vizsgáltuk.

**Az I. kísérletben** a kísérleti takarmányokat (szoptató kocatápok) *nagy saját fitáz-aktivitással* rendelkező komponensek felhasználásával, kalászos gabona-extrahált szójadara alapon, állítottuk össze. **A II. kísérletben** az alaptápok *alacsony saját fitáz-aktivitással* rendelkező komponensekből: kukorica-extrahált szójadara kerültek összeállításra.

A takarmánykeverékek energia és aminosav tartalma az AminoDat (2010) ajánlása szerint került beállításra. **Az I. kísérletben** az alapdiéta anorganikus foszfor-kiegészítést nem tartalmazott, ebből adódóan az összes P-tartalma 3,6 g/kg, számított emészthető P-tartalma pedig 1,5 g/kg volt, amely 40%-kal elmaradt még a minimum-értékeket deklaráló NRC (1998) ajánlásától is. Ebben a kísérletben négy kezelés hatását vizsgáltuk. Az első kezelésben (A-kezelés) az alapdiéta anorganikus foszfor-kiegészítést nem tartalmazott és fitáz-kiegészítés nélkül készült. A második, harmadik és negyedik kezelésben (B-, C- és D-kezelés) az anorganikus foszfor-kiegészítést nem tartalmazó alapdiétát (A-kezelés) 125 PPU/kg (B-kezelés), 250 PPU/kg (C-kezelés) illetve 500 PPU/kg (D-kezelés) mennyiségben

mikrobiológiai úton előállított *Trichoderma reesei* által termelt fitáz enzimmal egészítettük ki.

**A II. kísérletben** az alaptakarmány-keverék, az azonos számított emészthető P-tartalom (1,5 g/kg) biztosítása érdekében kilogrammonként 3,5 g anorganikus foszfor kiegészítést (monokalcium foszfát) tartalmazott, ezért összfoszfor tartalma 4,3 g/kg volt. A kísérletben három kezelés hatását vizsgáltuk (az I. kísérletben vizsgált legkisebb fitáz-dózis nem került beállításra). Az első kezelésben (A-kezelés) az alapdiéta - hasonlóan az I. kísérletben leírtakhoz - fitáz-kiegészítés nélkül készült. A második és harmadik kezelésben (B és C-kezelés) az alapdiétát (A-kezelés) 250 PPU/kg (B-kezelés), 500 PPU/kg(C-kezelés) mennyiségben ugyancsak *Trichoderma reesei* által termelt fitáz enzimmal egészítettük ki, amely az I. kísérletben használt fitáz-enzimmel azonos tételből származott. A takarmánykeverék kalcium és összes-foszfor aránya (mindkét kísérletben) 1,2:1.0 volt.

Az alapdiéták összetétele és táplálóanyag tartalma a 2. és 4. táblázatban-, a kísérleti takarmányok enzimaktivitása pedig a 3. és 5. táblázatban látható. A szoptató kocák takarmányaikat – dercés formában – étvágy szerint fogyaszthatták. Ivóvíz önitatókból tetszés szerinti mennyiségben állt rendelkezésre.

## 2. táblázat

*Az I. kísérletben etetett alapdiéta összetétele és táplálóanyag tartalma(g/kg)*

| Komponensek:        |               | Táplálóanyagok                 |       |
|---------------------|---------------|--------------------------------|-------|
| Búza                | 600,0         | Szárazanyag                    | 886,4 |
| Árpa                | 161,0         | MEs**(MJ/kg)                   | 13,2  |
| Extrahált szójadara | 157,0         | Nyersfehérje                   | 174,0 |
| Zsír (növényi)      | 16,0          | Nyerszsír                      | 32,5  |
| Szójabab héj        | 40,0          | Nyersrost                      | 36,0  |
| Mész                | 8,9           | Nyershamu                      | 49,5  |
| NaCl                | 5,5           | N-mentes kiv. any.             | 594,4 |
| Premix*             | 5,0           | Lizin**                        | 10,0  |
| Lizin HCl           | 4,1           | Metionin + Cisztin**           | 6,5   |
| Dl-metionin         | 0,9           | Treonin**                      | 7,0   |
| L-treonin           | 1,6           | Triptofán**                    | 2,1   |
| <b>Összesen</b>     | <b>1000,0</b> | Kalcium                        | 4,3   |
|                     |               | Foszfor (összes)               | 3,6   |
|                     |               | Foszfor (anorg. kiegészítés)** | -     |
|                     |               | Foszfor (emészthető)**         | 1,5   |

\* : **1 kg premix összetétele:** Vit. A: 3000000 IU, Vit. D3: 400000 IU, Vit. E: 12000 mg, Vit. K3: 210 mg, Vit. B1: 200 mg, Vit. B2: 1024 mg, Panthotenic acid: 3026 mg, Vit. B6: 1024 mg, Vit. B12: 6,0 mg, Nicotenic acid: 6010 mg, Folic acid: 400 mg, Biotin: 40,0 mg, Betain : 18432 mg, Zn: 20000 mg, I: 42 mg, Se: 60 mg, Mn: 4006 mg, Mg: 776 mg, Cu: 4000 mg, Fe: 20000.

\*\* : számított érték

## 3. táblázat

*Az I. kísérletben etetett kísérleti takarmányok fitáz aktivitása*

| KEZELÉSEK* | FITÁZ AKTIVITÁS (PPU/kg) |      |
|------------|--------------------------|------|
|            | HOZZÁADOTT               | MÉRT |
| <b>A</b>   | 0                        | 421  |
| <b>B</b>   | 125                      | 602  |
| <b>C</b>   | 250                      | 690  |
| <b>D</b>   | 500                      | 995  |

\* **A :** Kontroll, hozzáadott fitáz nélkül  
**C :** 250 PPU/kg fitázkiegészítéssel

**B :** 125 PPU/kg, fitázkiegészítéssel  
**D :** 500 PPU/kg fitázkiegészítéssel

#### 4. táblázat

*Az II. kísérletben etetett alapdiéta összetétele és táplálóanyag tartalma (g/kg)*

| Komponensek:    |               | Táplálóanyagok                 |       |
|-----------------|---------------|--------------------------------|-------|
| Kukorica        | 692,73        | Szárazanyag                    | 897,4 |
| Szójadara       | 223,60        | MEs**(MJ/kg)                   | 13,2  |
| Szójababhéj     | 40,00         | Nyersfehérje                   | 172,6 |
| Növényi zsír    | 15,50         | Nyerszsír                      | 45,5  |
| Premix*         | 5,00          | Nyersrost                      | 40,8  |
| NaCl            | 5,50          | Nyershamu                      | 45,3  |
| Lysin-HCl       | 2,65          | N-mentes kiv, any,             | 593,3 |
| DL-Methionine   | 1,10          | Lizin**                        | 10,0  |
| L-Threonine     | 1,08          | Metionin + Cisztin**           | 6,5   |
| L-Tryptophan    | 0,14          | Treonin**                      | 7,0   |
| Limestone       | 9,2           | Triptofán**                    | 2,1   |
| MCP             | 3,50          | Kalcium                        | 4,9   |
| <b>Összesen</b> | <b>1000,0</b> | Foszfor (összes)               | 4,3   |
|                 |               | Foszfor (anorg. kiegészítés)** | 0,7   |
|                 |               | Foszfor (emészthető)**         | 1,5   |

\* : **1 kg premix összetétele:** Vit. A: 3000000 IU, Vit. D3: 400000 IU, Vit. E: 12000 mg, Vit. K3: 210 mg, Vit. B1: 200 mg, Vit. B2: 1024 mg, Panthotenic acid: 3026 mg, Vit. B6: 1024 mg, Vit. B12: 6,0 mg, Nicotenic acid: 6010 mg, Folic acid: 400 mg, Biotin: 40,0 mg, Betain : 18432 mg, Zn: 20000 mg, I: 42 mg, Se: 60 mg, Mn: 4006 mg, Mg: 776 mg, Cu: 4000 mg, Fe: 20000.

\*\* : számított érték

#### 5. táblázat

*Az II. kísérletben etetett kísérleti takarmányok fitáz aktivitása*

| KEZELÉSEK* | FITÁZ AKTIVITÁS (PPU/kg) |      |
|------------|--------------------------|------|
|            | HOZZÁADOTT               | MÉRT |
| <b>A</b>   | 0                        | 89   |
| <b>B</b>   | 250                      | 365  |
| <b>C</b>   | 500                      | 616  |

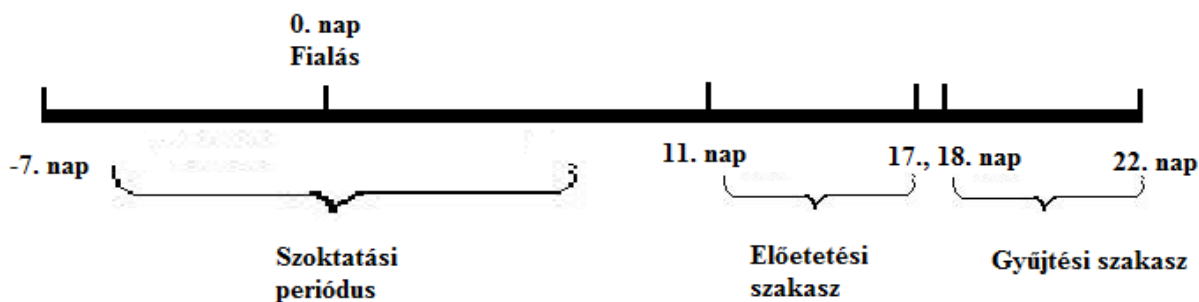
\* **A :** Kontroll, hozzáadott fitáz nélkül      **B :** 250 PPU/kg fitázkiegészítéssel  
**C :** 500 PPU/kg fitázkiegészítéssel

### 4.3 Állatkísérleti módszer, kísérleti adatok felvételezése

A kalcium és foszfor emészthetőségének meghatározása marker ( $\text{TiO}_2$ ) segítségével történt. A kocák a kísérleti takarmányokat, a takarmányváltásból adódható zavaró hatások (kisebb takarmányfelvétel, emésztési depresszió stb.) kiküszöbölése érdekében már a fialatába történő telepítéstől (a várható ellés előtt kb. 7 nap) fogyasztották. Ebben a szakaszban az állatok napi takarmányfelvétele nem került regisztrálásra. Az emészthetőségi vizsgálat egy 7 napos előtetési valamint egy 5 napos gyűjtési szakaszból állt. Az előtetési szakasz a fialást követő 11. napon kezdődött és a laktáció 17. napjáig tartott. Ebben a szakaszban már naponta mértük az állatok egyedi takarmányfelvételét is. A kocák által termelt bélsár mennyiségét a gyűjtési szakaszban (a laktáció 18. és 22. napja között) gyűjtöttük illetve mintáztuk. A reprezentatív bélsárgyűjtésre (250-300 g/gyűjtés) napi három alkalommal (az etetéseket követően) került sor. Az összegyűjtött bélsármintákat további feldolgozásig  $-18^\circ\text{C}$  alatti hőmérsékleten tároltuk, majd a kísérlet végén homogenizáltuk. A homogenizált bélsármennyiség 30 %-át  $60^\circ\text{C}$ -on tömegállandóságig szárítottuk, 1 mm-es rostaméretű darálón megdaráltuk majd ismételten homogenizáltuk. Ezekből a megszáritott bélsármintából végeztük el a laboratóriumi vizsgálatokat. A kocák élőtmegét a kísérletek kezdetén és a kísérletek végén mértük meg. A kísérlet időbeosztása a 2. ábrán látható.

#### 2. ábra

##### Kísérleti szakaszok



### 4.4 Laboratóriumi vizsgálatok

A takarmánykeverékek kémiai összetételét, kalcium-, foszfor és marker ( $\text{TiO}_2$ ) tartalmát, a bélsárminták szárazanyag, kalcium-, foszfor illetve  $\text{TiO}_2$ -tartalmát valamint a kísérleti takarmányok fitáz-aktivitását az AOAC (1995) ajánlása szerint vizsgáltuk.

#### 4.5 A kísérleti adatok statisztikai értékelése

Az emészthetőségi vizsgálatok eredményeit varianciaanalízissel (ANOVA) elemeztük. A varianciaanalízis során megállapított szignifikáns kezelés-hatás esetén a kezelések közötti különbségek statisztikai megbízhatóságát LSD-teszttel ellenőriztük (SAS, 2004). A varianciaanalízis(ek) általános modellje az alábbi volt:

A variancia - analízis általános modellje a kalászos gabona-szója alapú diéta esetében:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + e_{ijk}$$

ahol:

|                     |   |                               |
|---------------------|---|-------------------------------|
| $Y_{ijk}$           | = | függő változó,                |
| $\mu$               | = | főátlag                       |
| $A_i$               | = | kezelés ( $i = 1, 2, 3, 4$ )  |
| $B_j$               | = | ismétlés száma ( $j = 1, 2$ ) |
| $(A \times B)_{ij}$ | = | kezelés x ismétlés            |
| $e_{ijk}$           | = | maradék hiba                  |

A variancia - analízis általános modellje a kukorica szója alapú diéta esetében:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + e_{ijk}$$

ahol:

|                     |   |                               |
|---------------------|---|-------------------------------|
| $Y_{ijk}$           | = | függő változó,                |
| $\mu$               | = | főátlag                       |
| $A_i$               | = | kezelés ( $i = 1, 2, 3$ )     |
| $B_j$               | = | ismétlés száma ( $j = 1, 2$ ) |
| $(A \times B)_{ij}$ | = | kezelés x ismétlés            |
| $e_{ijk}$           | = | maradék hiba                  |

## 5. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉS

### A kalászos gabona alapú diétákkal végzett kísérlet eredményei

A szoptató kocákkal végzett kísérleteink legfontosabb eredményeit a 6. és 7. táblázatban foglaltuk össze. Vizsgálataink eredményei szerint a takarmánykeverékek eltérő fitáz-aktivitása a kalászos gabona alapú takarmánykeverékek etetésekor a szoptató kocák takarmányfelvételére is hatással volt (6. táblázat). Méréseink azt mutatták, hogy a búza-árpa alapú diétát fogyasztó negatív kontroll állatok (A-kezelés) a kísérlet alatt a fitázzal kiegészített takarmányt fogyasztó társaikhoz képest (B-C-D-kezelések) átlagban 14%-kal kevesebb takarmányt vettek fel ( $P \leq 0,05$ ). A kisebb takarmányfelvétel arra utal, hogy ebben a kezelésben (A-kezelés) a takarmánykeverék alacsony foszfortartalmából (3,6 g/kg  $P_{\text{összes}}$ ) és annak alacsony emészthetőségéből (22,3%) adódóan a diéta emészthető P-tartalma mindössze 0,8 g/kg volt. Ezen alacsony látszólagosan emészthető P-tartalom illetve P-abszorpció (3,8 g/nap) mellett már jelentkeztek a foszforhiánynak azon közismert negatív hatásai, amelyek az étvágytalanságban illetve ebből adódóan a kisebb takarmányfelvételben nyilvánulnak meg. Ezen negatív hatás azonban 125 PPU/kg fitázkiegészítés hatására, vagyis a takarmánykeverékek 1,08g/kg emészthető P-tartalma (P-abszorpció: 5,9g/nap) mellett megszűnt. A további fitáz-dózisok a kocák takarmányfelvételére már nem voltak hatással ( $P \geq 0,05$ ), a fitázzal kiegészített szoptató kocatápot fogyasztó állatok takarmányfelvétele ugyanis azonos volt ( $P \geq 0,05$ ).

**A foszfor emészthetőségét vizsgálva** azt találtuk, hogy az, a fitáz-kiegészítést nem tartalmazó kezelésben (A-kezelés) volt a legalacsonyabb (22,3%). Hasonlóan alacsony P-emészthetőséget mértek szoptató kocákkal végzett kísérleteikben Jongbloed és mtsai (2004) is. A szerzők egy árpa-tápióka-borsó-kukoricaglutén-szójadara alapú, anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó takarmánykeverék P-tartalmának emészthetőségét 21,4%-nak mérték. Szükségesnek tartjuk azonban megjegyezni, hogy ezen vizsgálatokban, annak ellenére, hogy az alapdiéta anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazott, az alapdiéta összes P-tartalma 5,1 g/kg, emészthető P-tartalma pedig 1,3 g/kg volt. Ez a magas  $P_{\text{összes}}$  tartalom a felhasznált komponensek magas P-tartalmára vezethető vissza. Ugyanakkor Baidoo és mtsai (2003) a kukorica-szója alapú de anorganikus P-kiegészítést is tartalmazó (7,4 g  $P_{\text{összes}}$  és 3,1 g  $P_{\text{szerves}}$ ) alapdiéta etetésekor az összes P-emészthetőségét 59%-nak, a szerves P emészthetőségét pedig 28%-nak mérte, annak ellenére, hogy az alapdiéta 70% kukoricát tartalmazott. Ezen különbségek feltehetően azzal magyarázhatók, hogy a saját illetve a két idézett vizsgálatban az alapdiétáknak eltérő összetétele mellett eltérő volt az összes P-tartalma

is. Az eltérő takarmánykomponensekből adódó eltérő P-tartalom valamint az ebből adódó saját fitáz-aktivitás továbbá a takarmánykeverék foszfor-tartalmának eredete (szerves-szervetlen) ugyanis hatással van a bélsárral ürített foszfor mennyiségére is. A jól emészthető foszforforrások (anorganikus P, a búza natív P-tartalma) etetése mellett relatíve kis fekális P-ürítéssel lehet számolni. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy ilyen diéták etetése mellett a bélsárral ürített összes foszfor mennyiségén belül relatíve nagyobb részarányt képvisel az endogén eredetű foszfor mennyisége.

A magas endogén-P részaránynak különösen akkor van jelentős módosító hatása a P látszólagos emészthetőségére, ha a diétának alacsony a P-tartalma illetve a komponensek P-emészthetősége magas. Saját vizsgálatunkban mindkét tényező fennállt, mivel a diéták összes P-tartalma mindössze 3,6 g/kg volt, az alapdiéta pedig relatíve magas P-emészthetőséggel rendelkező növényi komponensekből (búza, árpa, szójadara) került összeállításra. Szükséges azonban megjegyezni, hogy a sertések endogén-P-ürítéséről publikált adatok meglehetősen változatosak, ezért az endogén eredetű P módosító hatása csak nagy óvatossággal becsülhető meg. Míg Molnár (1966) korábbi vizsgálataiban – P-mentes diéták etetése mellett a 140-170 kg közötti sertésekkel naponta 538 mg endogén foszfor-ürítést mért, (3,5 mg/kg élősúly), addig Vemmer (1982) 37-106 kg közötti sertések endogén P-ürítését 5,2 mg/kg élősúly értékűnek találta. Rodehutsord (1995) 30-90 kg közötti sertésekkel végzett kísérleteiben 314 mg/nap endogén foszforürítést állapított meg, ami ugyancsak 5,2 mg/kg élősúly átlagos P-ürítésnek felel meg. Ezzel szemben Fernandez (1995) 25-65 kg közötti növendéksertésekkel végzett kísérleteiben az endogén P-ürítés 368 mg/nap volt, ami 1 kg élősúlyra vetítve 8,2 mg endogén P-ürítést jelent naponta. A legújabb kísérleti adatok szerint a választott malacok (indulósúly  $17,7 \pm 1,8$  kg) endogén P-ürítése – nagy variabilitás mellett - 4,83 mg/kg élősúly<sup>0.75</sup> értékkel jellemezhető (Dinger és Adeola, 2006). Petersen és Stein (2006) a növendék sertések endogén P-ürítését  $139 \pm 18$  mg/kg szárazanyagnak találta. Pettay és mtsai (2006) szerint a sertések élősúlya és endogén P-ürítése között szoros összefüggés állapítható meg. A szerzők által felállított egyenlettel ( $Y = 63,056 + 1,632X$ ) a 27 -105 kg közötti élőtömeg intervallumban a növendék és hízósertések várható endogén P-ürítése nagy megbízhatósággal becsülhető ( $R^2 = 0,96$ ). A kocák endogén P-ürítéséről Kuang és mtsai (2006) tettek közzé adatokat. A szerzők az üresen álló kocák (élősúly 200 kg, paritás: 5-7, takarmányfelvétel: 2 kg/nap) endogén P-ürítését  $0,78 \pm 0,17$  g/kg szárazanyag felvétel, endogén Ca ürítését pedig  $1,19 \pm 0,12$  g/kg szárazanyag felvétel értékben állapította meg. Amennyiben az üres kocák relatíve magas endogén ürítését az állatok metabolikus testtömegére vetítjük, úgy az mintegy  $14,7$  mg/kg élősúly<sup>0.75</sup> endogén P-ürítésnek illetve  $22,4$

mg/kg élő súly<sup>0.75</sup> endogén Ca-ürítésnek felel meg. Tekintettel arra, hogy endogén P-ürítésen a létfenntartáshoz szükséges foszfor mennyiségét értjük (Petty, 2005), valószínűsíthetően egy 200 kg körüli koca létfenntartó P-szükséglete a reprodukciós stádiumától, illetve az aktuális takarmányfelvételtől (üres: 2 kg takarmány/nap, vemhesség: 2,2-2,4 kg takarmány/nap, laktáció: 5,4 – 5,8 kg takarmány/nap) függetlenül közel azonos. Ezen adatokat alapul véve becslésünk szerint saját vizsgálatunkban a kocák összes P-ürítésének akár a 60-65%-a is lehetett endogén eredetű. Amennyiben Petty és mtsai, (2006) regressziós egyenletének segítségével becsljük meg a kocák endogén P-ürítését, úgy annak aránya kisebb, de még mindig meghaladja az összes P-ürítés 30%-át.

Függetlenül az endogén P-ürítés becslésének módjától valószínűsíthető, hogy az alacsony látszólagos P-emészthetőség okaként a túlzottan magas endogén P-hányad jelölhető meg. Tekintettel arra, hogy a takarmányok P-tartalma valamennyi kezelésben azonosan alacsony volt, így a bélsár - feltételezhetően magas - endogén P-hányada valamennyi kezelésben közel azonos módosító hatást fejtett ki. Ezért a kezeléshatás megállapítását az alacsony P-tartalom nem zavarja. A fitáz-hatás jobb mérését segíti az is, hogy a diéták kizárólagosan natív foszfort tartalmaztak. Ezt látszanak alátámasztani a 6. táblázatban bemutatott adataink is.

## 6. táblázat

*A foszfor-emészthetőség változása a takarmányok fitáz aktivitás függvényében (kalászos gabona-extrahált szójadara alapú diéták)*

| Paraméterek                  | K E Z E L É S E K* |                   |                    |                   | RMSE** |
|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------|
|                              | A                  | B                 | C                  | D                 |        |
| Takarmányfelvétel (g/nap)    | 4677 <sup>b</sup>  | 5488 <sup>a</sup> | 5396 <sup>a</sup>  | 5460 <sup>a</sup> | 287    |
| <b>Foszfor</b>               |                    |                   |                    |                   |        |
| Felvétel (g/nap)             | 16,8 <sup>b</sup>  | 19,8 <sup>a</sup> | 19,4 <sup>ab</sup> | 19,7 <sup>a</sup> | 2,0    |
| Fekális ürítés (g/nap)       | 13,1 <sup>a</sup>  | 13,8 <sup>a</sup> | 12,9 <sup>a</sup>  | 12,6 <sup>a</sup> | 1,6    |
| Fekális ürítés (%)           | 78,0 <sup>d</sup>  | 69,7 <sup>c</sup> | 66,5 <sup>b</sup>  | 64,0 <sup>a</sup> |        |
| Abszorpció (g/nap)           | 3,8 <sup>d</sup>   | 5,9 <sup>c</sup>  | 6,5 <sup>bc</sup>  | 7,1 <sup>a</sup>  | 0,7    |
| Emészthetőség (%)            | 22,3 <sup>d</sup>  | 29,9 <sup>c</sup> | 33,5 <sup>b</sup>  | 36,1 <sup>a</sup> | 2,2    |
| Emészthető P-tartalom (g/kg) | 0,80               | 1,08              | 1,21               | 1,30              | -      |

\* : A:Kontroll, fitáz-kiegészítés nélkül      B: 125 PPU/kg fitázkiegészítéssel      C: 250 PPU/kg fitázkiegészítéssel      D : 500 PPU/kg fitázkiegészítéssel

\*\* : Root Mean Square Error

a, b, c, d :  $P \leq 0,05$

Vizsgálatunkban ugyanis a takarmánykeverékek 125 PPU/kg fitázzal történő kiegészítésekor a foszfor emészthetősége 7,6%-kal nőtt ( $P \leq 0,05$ ), ami 55,64%-kal nagyobb P-abszorpciónak felel meg. A fitázdózis 250 PPU/kg illetve 500 PPU/kg-ra történő növelésekor a P-emészthetőség további 3,6- illetve 2,6%-kal szignifikánsan növekedett ( $P \leq 0,05$ ), ami a negatív kontrollhoz képest 11,2%-kal, illetve 13,8%-kal nagyobb P-emészthetőséget jelent ( $P \leq 0,05$ ). A „C” és „D”-kezelésekben (250 PPU/kg és 500 PPU/kg hozzáadott fitáz) mért további emészthetőség javulás további 10,2%-kal illetve 9,2%-kal nagyobb P-abszorpciót eredményezett ( $P \leq 0,05$ ). Figyelemre méltó az is, hogy a legnagyobb fitáz-dózissal kiegészített takarmányt fogyasztó állatok (D-kezelés, 500 PPU/kg hozzáadott fitáz) közel 90%-kal több foszfort abszorbeáltak mint negatív kontroll (A-kezelés) társaik ( $P \leq 0,05$ ). Mivel a vizsgált fitázdózisok mindegyike szignifikáns P-emészthetőség növekedést eredményezett, a vizsgált dózisok alapján nem állapítható meg a P-emészthetőség maximuma. A kísérletünkben meghatározott emésztési együtthatók segítségével kiszámítottuk a takarmánykeverékek emészthető P-tartalmát is. Számításaink szerint a negatív kontroll csoportban (A-kezelés) a takarmánykeverék emészthető P-tartalma mindössze 0,8 g/kg volt. Ez az alacsony emészthető P-tartalom alig több mint a fele a komponensek emészthető P-tartalma (Düngelhof és mtsai, 1994; Rodehutschord és mtsai, 1996; NRC, 1988) alapján számított emészthető P-tartalomnak (1,5g emészthető P/kg takarmány). Ez a tény ugyancsak alátámasztja azt a feltevésünket, hogy túlzottan alacsony látszólagos P-emészthetőség elsősorban az endogén foszfor magas arányára vezethető vissza az össz P-ürítésen belül. A foszfor emészthetőségének javulásából adódóan a takarmánykeverékek emészthető P-tartalma a B-kezelésben (125 PPU/kg fitáz kiegészítés) 1,08 g/kg-ra, a C-kezelésben (250 PPU/kg) illetve D-kezelésben (500 PPU/kg) 1,21 illetve 1,30 g/kg-ra nőtt. A legnagyobb fitázdózis (500 PPU/kg) mellett számított emészthető P-tartalom (1,30 g /kg) megegyezett Jongbloed és mtsai (2004) kísérleteiben az árpa-tápióka-borsó-kukoricaglutén-szójadara alapú, anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó, (de ennek ellenére 5,1 g/kg összfoszfor tartalmú) diéta emészthető P-tartalmával. Szükségesnek tartjuk azonban megjegyezni, hogy a túlzottan alacsony látszólagos P-emészthetőség miatt a takarmánykeverékek kalkulált emészthető P-tartalma - valószínűsíthetően - alábecsült értéknek tekintendő.

**A kalcium emészthetőségének** változása a 7. táblázatban látható. Adataink szerint a kalcium emészthetősége a fitáz-kiegészítést nem tartalmazó kezelésben (A-kezelés) volt a legalacsonyabb (17,1%). Ez az alacsony Ca-emészthetőség jól egyezett Jongbloed és mtsai (2004) adataival, akik anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó, csökkentett Ca-tartalmú (5,4 g/kg) diéták esetében 19,5%-os Ca-emészthetőséget mértek. Az alacsony Ca-

emészthetőség feltehetően – a foszfor esetében megállapítottakhoz hasonlóan – a magas endogén kalcium-ürítésre vezethető vissza. Kuang és mtsai (2006) ugyanis üres kocák esetében metabolikus testtömegre ( $BW^{0.75}$ ) vetítve naponta 22,4 mg endogén Ca-ürítést állapítottak meg. Amennyiben az üres és szoptató kocák létfenntartó Ca-szükségletét közel azonosnak tekintjük, úgy vizsgálatainkban a szoptató kocák fekális Ca-ürítésének akár háromnegyede is endogén eredetű lehetett. Ez a magas endogén Ca-hányad alacsony Ca-felvétel esetén lényegesen módosíthatja a takarmányok Ca-tartalmának látszólagos emészthetőségét.

Az alapdiéta 125 PPU/kg fitázzal történő kiegészítésekor a Ca emészthetősége 8,4 %-kal nőtt ( $P \leq 0,05$ ), ami 76,5%-kal több abszorbeált kalciumot jelent ( $P \leq 0,05$ ). A további fitázdózisok (250 és 500 PPU/kg fitázkiegészítés) nem jártak együtt a diéták Ca-emészthetőség további növekedésével ( $P \geq 0,05$ ). Ez a tendencia lényegében megegyezik Jongbloed és mtsai (2004) adataival, akik szoptató kocákkal végzett vizsgálataikban ugyancsak azt találták, hogy a Ca-emészthetősége az általuk vizsgált legkisebb fitázdózis (750 U/kg) hatására a negatív kontrollhoz képest nőtt, de a fitázdózis további növelése (1000 illetve 10000 U/kg) nem eredményezett további Ca-emészthetőség javulást ( $P \geq 0,05$ ). Hasonló eredményre jutottak Grela és mtsai (2011), akik vizsgálataikban 500 PU/kg fitázkiegészítés mellett az emészthető Ca tartalom 2,2%-os növekedését tapasztalták.

## 7. táblázat

*A kalcium-emésztetőség változása a takarmányok fitáz aktivitás függvényében (kalászos gabona-extrahált szójadara alapú diéták)*

| Paraméterek            | K E Z E L É S E K* |                   |                    |                   | RMSE** |
|------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------|
|                        | A                  | B                 | C                  | D                 |        |
| <b>Kalcium</b>         |                    |                   |                    |                   |        |
| Felvétel (g/nap)       | 20,1 <sup>b</sup>  | 23,6 <sup>a</sup> | 23,2 <sup>ab</sup> | 23,5 <sup>a</sup> | 2,5    |
| Fekális ürítés (g/nap) | 16,7 <sup>a</sup>  | 17,6 <sup>a</sup> | 17,1 <sup>a</sup>  | 17,5 <sup>a</sup> | 2,0    |
| Abszorpció (g/nap)     | 3,4 <sup>b</sup>   | 6,0 <sup>a</sup>  | 6,1 <sup>a</sup>   | 6,0 <sup>a</sup>  | 0,8    |
| Emésztetőség (%)       | 17,1 <sup>b</sup>  | 25,5 <sup>a</sup> | 26,2 <sup>a</sup>  | 25,5 <sup>a</sup> | 2,3    |

\* : A:Kontroll, fitáz-kiegészítés nélkül B: 125 PPU/kg fitázkiegészítéssel C: 250 PPU/kg fitázkiegészítéssel D : 500 PPU/kg fitázkiegészítéssel

\*\* : Root Mean Square Error

a, b, c, d :  $P \leq 0,05$

A kalászos-gabona extrahált szójadara alapú, nagy saját fitázaktivitással rendelkező komponensek felhasználásával előállított diéták etetése mellett végzett emészthetőség vizsgálatok eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a csökkentett foszfortartalmú, fitázkiegészítés nélküli takarmányt fogyasztó (negatív kontroll) állatok takarmányfelvétele szignifikánsan ( $P \leq 0,05$ ) elmaradt a fitázzal kiegészített takarmányt fogyasztó állatok takarmányfelvételétől. Kísérleteinkben a búza-árpa diétákra jellemző relatív magas P-emészthetőséghez képest szokatlanul alacsony látszólagos P-emészthetőséget mértünk. Ennek feltételezhető oka a diéták alacsony P-tartalmából adódó alacsony P-felvétel illetve az endogén eredetű foszfor magas részaránya az összes fekális P-ürítésen belül. A vizsgált fitázdózisok mindegyike (125 PPU/kg; 250 PPU/kg; 500 PPU/kg) további szignifikáns P-emészthetőség növekedést (7,6%, +11,2%, +13,8%) eredményezett. A vizsgált fitázdózisok alapján a P-emészthetőség maximuma nem állapítható meg. A legkisebb fitázdózis (125 PPU/kg) hatására a Ca emészthetősége szignifikánsan megnőtt ( $P \leq 0,05$ ). A további fitázdózisok (250 és 500 PPU/kg) nem jártak együtt a diéták Ca-emészthetőségének további növekedésével ( $P \geq 0,05$ ).

### **Kukorica-extrahált szójadara alapú diétákkal végzett kísérlet eredményei**

Az II. kísérlet (kukorica-extrahált szójadara alapú takarmánykeverék) eredményeit az 8. és 9. táblázatban foglaltuk össze. Adataink szerint a takarmánykeverékek eltérő fitáz-aktivitása a szoptató kocák takarmányfelvételére nem volt hatással. A kocák átlagosan naponta 5125 g takarmányt vettek fel (8. táblázat). Az egyes kezelések közötti különbség statisztikailag nem volt igazolható ( $P \geq 0,05$ ). Szükséges megjegyezni, hogy a csökkentett P-tartalmú, fitáz-kiegészítést nem tartalmazó takarmánykeveréket fogyasztó állatok napi P-abszorpciója 4,4 g volt, amely 0,6g/nap mennyiséggel meghaladta az anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó, fitáz-kiegészítés nélküli kalászos gabona alapú diéták esetében mért abszorpció mértékét.

Amennyiben a foszfor-kiegészítésre használt monokalcium-foszfát P-tartalmának emészthetőségét legalább 80%-nak tekintjük (Jongbloed és mtsai, 2004; Petersen, 2004), úgy a kukorica-extrahált szójadara alapú, fitáz-kiegészítés nélküli diéta esetében, az abszorbeált P-mennyiségnek, több mint fele származhatott anorganikus foszfor-forrásból. Tekintettel arra, hogy a különböző eredetű foszfor az emésztőtraktusban különböző módon viselkedik és hatással van az endogén P-ürítés mértékére is (Fernandez, 1995), további célirányos vizsgálatokban lehetne megállapítani azt a P-szintet, amely mellett a szoptató kocák takarmányfelvételére kifejtett kedvezőtlen hatás már kimutatható. A foszforszükségletek objektívebb megítéléséhez a foszforforrások és szükségleti értékek valódi emészthető P-tartalomban történő kifejezése is hozzájárulhat (NRC, 2012), amely lehetővé tenné egyúttal az endogén P-ürítés módosító hatásának mérséklését, így a szükségletek pontosabb kielégítését is.

Az azonos takarmányfelvételtől adódóan azonos volt ( $P \geq 0,05$ ) az állatok kalcium (9. táblázat) és foszfor (8. táblázat) felvétele is. **A foszfor emészthetőségét vizsgálva** azt találtuk, hogy az, a fitáz-kiegészítést nem tartalmazó kezelésben (A-kezelés) volt a legkisebb (19,3%). Hasonlóan alacsony P-emészthetőséget mértek szoptató kocákkal végzett kísérleteikben a fentebb már idézett Jongbloed és mtsai (2004) is, akik kukorica-árpa-szójadara alapú, anorganikus P-kiegészítést és fitázkiegészítést nem tartalmazó takarmánykeverék P-tartalmának emészthetőségét 21,4%-nak mérték. Baidoo és mtsai (2003) kukorica-szója alapú de anorganikus P-kiegészítést is tartalmazó (7,4 g/kg  $P_{\text{összes}}$  és 3,1 g/kg  $P_{\text{szerves}}$ ) alapdiéta etetésekor az összes P-emészthetőségét 59%-nak, a szerves P emészthetőségét pedig 28%-nak találták. Männer és Simon (2006) a kukorica-szója bázisú alapdiéta ajánlás szerinti (5,9 g/kg  $P_{\text{összes}}$ ) tartalma mellett 47,9%-os, anorganikus P-kiegészítés nélküli diéta esetében (3,5 g/kg  $P_{\text{összes}}$ ) pedig 40,7%-os P-emészthetőséget állapítottak meg. Ezen eltérő adatok arra hívják fel a figyelmet, hogy a kocatakarmanysok P-tartalmának emészthetőségét több tényező befolyásolja. Az idézett szerzők adataiban mutatkozó különbségek arra hívják fel a figyelmet, hogy takarmánykeverékek P-tartalmának eredete (szerves-szervetlen) és mennyisége jelentős hatással lehet a bélsárral ürített foszfor mennyiségére és így annak emészthetőségére is. Ezen túlmenően a kocák által abszorbeált foszfor mennyiségét azok életkora is befolyásolhatja (Giesemann és mtsai, 1998).

Vizsgálatunkban az alapdiéta 250 PPU/kg TRR-fitázzal történő kiegészítésekor a bélsárral ürített foszfor mennyisége 15,4%-kal csökkent ( $P \leq 0,05$ ), ami 12%-kal nagyobb P-emészthetőséggel illetve 59,1%-kal nagyobb napi P-abszorpcióval járt együtt ( $P \leq 0,05$ ). A TRR-fitáz dózisának 500 PPU/kg-ra történő növelése a P-ürítés mértékét tovább nem csökkentette, ebből adódóan a két kezelésben (250 vs. 500 PPU/kg TRR-fitáz) a P-emészthetőség azonos volt ( $P \geq 0,05$ ).

**A kalcium emészthetőségének** változása a 9. táblázatban látható. Adataink szerint a kalcium emészthetősége a fitáz-kiegészítést nem tartalmazó kezelésben (A-kezelés) volt a legalacsonyabb (29,4%). Az alapdiéta 250 PPU/kg TRR-fitázzal történő kiegészítésekor (B-kezelés) a Ca emészthetősége 9%-kal nőtt ( $P \leq 0,05$ ), ami 31,1%-kal több abszorbeált kalciumot jelent ( $P \leq 0,05$ ). A nagyobb fitáz dózis (500 PPU/kg) a diéta Ca-tartalmának emészthetőségét tovább már nem növelte tovább ( $P \geq 0,05$ ).

**Az emészthetőség vizsgálatok eredményei alapján összefoglalóan megállapítható,** hogy a csökkentett P-tartalmú takarmánykeverékek eltérő fitázaktivitása a szoptató kocák takarmányfelvételét nem befolyásolta ( $P \geq 0,05$ ). A alapdiétához kevert 250 PPU/kg TRR-fitáz szignifikáns P-és Ca-emészthetőség javulást eredményezett ( $P \geq 0,05$ ), az ennél nagyobb fitáz dózis (500 PPU/kg) azonban nem járt együtt sem a P, sem a Ca emészthetőségének javulásával ( $P \geq 0,05$ ).

## 8. táblázat

*A foszfor-emészthetőség változása a takarmányok fitáz aktivitás függvényében (kukorica-extrahált szójadara alapú diéták)*

| Paraméterek                      | K E Z E L É S E K* |                   |                   | RMSE** |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------|
|                                  | A                  | B                 | C                 |        |
| <b>Takarmányfelvétel (g/nap)</b> | 5209 <sup>a</sup>  | 5189 <sup>a</sup> | 5141 <sup>a</sup> | 152    |
| <b>Foszfor</b>                   |                    |                   |                   |        |
| Felvétel (g/nap)                 | 22,6 <sup>a</sup>  | 22,5 <sup>a</sup> | 22,3 <sup>a</sup> | 0,8    |
| Fekális ürítés (g/nap)           | 18,2 <sup>a</sup>  | 15,4 <sup>b</sup> | 15,1 <sup>b</sup> | 1,0    |
| Fekális ürítés (%)               | 80,5 <sup>b</sup>  | 68,4 <sup>a</sup> | 67,7 <sup>a</sup> | 2,9    |
| Abszorpció (g/nap)               | 4,4 <sup>b</sup>   | 7,0 <sup>a</sup>  | 7,2 <sup>a</sup>  | 0,8    |
| Emészthetőség (%)                | 19,3 <sup>b</sup>  | 31,3 <sup>a</sup> | 32,3 <sup>a</sup> | 3,0    |
| Emészthető P-tartalom (g/kg)     | 0,83               | 1,35              | 1,39              | -      |

\* : A:Kontroll, fitáz-kiegészítés nélkül B: 125 PPU/kg fitázkiegészítéssel C: 250 PPU/kg fitázkiegészítéssel D : 500 PPU/kg fitázkiegészítéssel

\*\* : Root Mean Square Error

a, b, c, d :  $P \leq 0,05$

## 9. táblázat

*A kalcium-emészthetőség változása a takarmányok fitáz aktivitás függvényében (kukorica-extrahált szójadara alapú diéták)*

| Paraméterek              | K E Z E L É S E K* |                   |                   | RMSE** |
|--------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------|
|                          | A                  | B                 | C                 |        |
| <b>Kalcium</b>           |                    |                   |                   |        |
| Felvétel (g/nap)         | 25,4 <sup>b</sup>  | 25,3 <sup>b</sup> | 25,0 <sup>b</sup> | 0,9    |
| Fekális ürítés (g/nap)   | 17,9 <sup>b</sup>  | 15,6 <sup>c</sup> | 15,3 <sup>c</sup> | 1,2    |
| Abszorpció (g/nap)       | 7,4 <sup>c</sup>   | 9,7 <sup>b</sup>  | 9,8 <sup>b</sup>  | 1,1    |
| <b>Emészthetőség (%)</b> | 29,4 <sup>b</sup>  | 38,4 <sup>a</sup> | 38,9 <sup>a</sup> | 3,7    |

\* : A:Kontroll, fitáz-kiegészítés nélkül B: 125 PPU/kg fitázkiegészítéssel C: 250 PPU/kg fitázkiegészítéssel D : 500 PPU/kg fitázkiegészítéssel

\*\* : Root Mean Square Error

a, b, c, d :  $P \leq 0,05$

## **6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK**

Szojtató kocákkal végzett kísérleteink adataiból az alábbi fontosabb következtetések vonhatók le:

### **A kalászos-gabona-extrahált szójadara alapú diétával végzett kísérlet eredményei alapján levonható következtetések:**

1. Anorganikus foszfor- valamint fitáz-kiegészítés nélküli búza-árpa-szójadara alapú diéta etetésekor a szoptató kocák takarmány-felvétele szignifikánsan csökken ( $P \leq 0,05$ ).
2. A diéták P-tartalmának emészthetősége - a búza-árpa-szójadara diétákra jellemző relatíve magas P-emészthetőséghez képest - szokatlanul alacsony, ami feltehetően bélsárral ürített foszfor magas endogén hányadára vezethető vissza.
3. A legkisebb fitáz dózis (125 PPU/kg) már szignifikánsan javítja a P-emészthetőséget ( $P \leq 0,05$ ). A további fitáz dózisok (250 PPU/kg és 500 PPU/kg) további P-emészthetőség javulással járnak együtt ( $P \leq 0,05$ ).
4. A legkisebb fitáz dózis (125 PPU/kg) hatására a Ca emészthetősége – a negatív kontroll csoportban mért értékhez képest szignifikánsan megnő ( $P \leq 0,05$ ). A további fitáz dózisok (250 és 500 PPU/kg) nem járnak együtt a diéták Ca-tartalmának további növekedésével ( $P \geq 0,05$ ).
5. A P-emészthetőség javulás maximumának- és az optimális fitáz-dózis megállapításához további vizsgálatok szükségesek.

### **A kukorica-extrahált szójadara alapú, csökkentett P-tartalmú diétákkal végzett kísérlet eredményei alapján levonható következtetések:**

1. A csökkentett foszfor-tartalmú, fitáz-kiegészítés nélküli diéta etetésekor a szoptató kocák takarmány-felvétele nem csökken ( $P \leq 0,05$ ).
2. A 250 PPU/kg dózisban adagolt TRR-fitáz szignifikánsan javítja a foszfor és a kalcium emészthetőségét ( $P \leq 0,05$ ), a további fitáz dózis (500 PPU/kg) azonban már nem jár együtt sem a foszfor sem a kalcium emészthetőségének további növekedésével ( $P \leq 0,05$ ).
3. Vizsgálataink adatai alapján a csökkentett foszfor-tartalmú, kukorica-szója alapú kocatápok kiegészítésére a TRR-fitáznak 250 PPU/kg dózisa javasolható.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Szojtatókocákkal beállított kísérletünk során arra kerestünk választ, hogy a vizsgált fitáz készítmény (*Trichoderma reesei*) különböző dózisokban adagolva, hogyan befolyásolja a szoptató kocák takarmányfelvételét illetve a foszfor és kalcium emészthetőségét, búza-árpa-szójadara- illetve kukorica- szójadara alapú takarmánykeverékek etetése esetén, a laktáció csúcsán. Vizsgálataink során két kísérlet került beállításra. Mindkét kísérletet a laktáció azonos fázisában lévő, az egyes kísérleteken belül közel azonos paritású, hibrid kocákkal (magyar nagyfehér x svéd lapály) végeztük el. Az I. kísérletben a kísérleti takarmányokat nagy saját fitáz-aktivitással rendelkező komponensek felhasználásával, kalászos gabona-extrahált szójadara alapon, állítottuk össze. A II. kísérletben az alaptápok alacsony saját fitáz-aktivitással rendelkező komponensekből: kukorica-extrahált szójadara alapon kerültek összeállításra.

**Az I. kísérletben** az alapdiéta anorganikus foszfor-kiegészítést nem tartalmazott, ebből adódóan az összes P-tartalma 3,6 g/kg, számított emészthető P-tartalma pedig 1,5 g/kg volt.

Az első kezelésben (A-kezelés) az alapdiéta anorganikus foszfor-kiegészítés és fitáz-kiegészítés nélkül készült. A második harmadik és negyedik kezelésben (B-, C- és D-kezelés) az anorganikus foszfor-kiegészítést nem tartalmazó alapdiétát (A-kezelés) 125 PPU/kg (B-kezelés), 250 PPU/kg (C-kezelés) illetve 500 PPU/kg (D-kezelés) mennyiségben mikrobiológiai úton előállított *Trichoderma reesei* által termelt fitáz enzimmal egészítettük ki.

**A II. kísérletben** az alaptakarmány-keverék, az azonos számított emészthető P-tartalom (1,5 g/kg) biztosítása érdekében kilogrammonként 3,5 g anorganikus foszforral (monokalcium foszfát) egészítettük ki, ezért összfoszfor tartalma 4,3 g/kg volt. A kísérletben három kezelés hatását vizsgáltuk. Az első kezelésben (A-kezelés) az alapdiéta - hasonlóan az I. kísérletben leírtakhoz - fitáz-kiegészítés nélkül került bekeverésre. A második és harmadik kezelésben (B és C-kezelés) az alapdiétát (A-kezelés) 250 PPU/kg (B-kezelés), 500 PPU/kg (C-kezelés) mennyiségben ugyancsak *Trichoderma reesei* által termelt fitáz enzimmal egészítettük ki, amely az I. kísérletben használt fitáz-enzimmal azonos volt tételből származott. A takarmánykeverék kalcium és összes-foszfor aránya (mindkét kísérletben) 1,2:1.0 volt.

A takarmánykeverékek kémiai összetételét, kalcium és foszfor valamint marker ( $\text{TiO}_2$ ) tartalmát továbbá a bélsárminták szárazanyag, kalcium és foszfor illetve  $\text{TiO}_2$ -tartalmát a Magyar Szabvány előírásai szerint határoztuk meg. A kísérleti takarmányok fitázaktivitását az AOAC (1995) ajánlása szerint vizsgáltuk. A kísérleti adatokat varianciaanalízissel (ANOVA) elemeztük (SAS, 2004).

A kalászos-gabona extrahált szójadara alapú, nagy saját fitázaktivitással rendelkező komponensek felhasználásával előállított diéták etetése mellett végzett emészthetőség vizsgálatok eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy az anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó, fitázkiegészítés nélküli takarmányt fogyasztó (negatív kontroll) állatok takarmányfelvétele szignifikánsan ( $P \leq 0,05$ ) elmaradt a fitázzal kiegészített takarmányt fogyasztó társaik takarmányfelvételétől. A diéták P-tartalmának emészthetősége - a búza-árpa-szójadara diétákra jellemző relatíve magas P-emészthetőséghez képest - szokatlanul alacsony, ami feltehetően a bélsárral ürített foszfor magas endogén hányadára vezethető vissza. A legkisebb fitázdózis dózisa (125 PPU/kg) már szignifikánsan javítja a P-emészthetőségét ( $P \leq 0,05$ ). A további fitázdózisok (250 PPU/kg és 500 PPU/kg) további P-emészthetőség javulással járnak együtt ( $P \leq 0,05$ ). A Ca emészthetősége már a legkisebb fitázdózis (125 PPU/kg) hatására szignifikánsan megnőtt ( $P \leq 0,05$ ). A további fitázdózisok (250 és 500 PPU/kg) nem jártak együtt a diéták Ca-emészthetőségének további növekedésével ( $P \geq 0,05$ ). A vizsgált fitáz-dózisok alapján a P-emészthetőség maximuma nem állapítható meg. Az optimális fitázdózis megállapításához további vizsgálatok szükségesek.

**A kukorica-extrahált szójadara alapú** diétákkal végzett vizsgálatok eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a csökkentett P-tartalmú takarmánykeverékek eltérő fitázaktivitása a szoptató kocák takarmányfelvételét nem befolyásolta ( $P \geq 0,05$ ). A alapdiétához kevert 250 PPU/kg TRR-fitáz szignifikáns foszfor- és kalcium-emészthetőség javulást eredményezett ( $P \geq 0,05$ ), az ennél nagyobb fitáz-dózis (500 PPU/kg) nem járt együtt a sem a foszfor, sem a kalcium emészthetőségének további növekedésével ( $P \geq 0,05$ ). Vizsgálataink adatai alapján a csökkentett foszfor-tartalmú, kukorica-szója alapú kocatápok kiegészítésére a TRR-fitáznak 250 PPU/kg dózisa javasolható.

## 8. SUMMARY

Our lactating sow trial examined how different dosages of the tested phytase product (*Trichoderma reesei*) influenced their feed intake, and the digestibility of phosphorus and calcium at the peak of lactation when feeding wheat-barley-soybean meal or corn-soybean meal based diets. Two trials were set up in the studies. Both trials were conducted with hybrid sows (Hungarian large white x Swedish landrace) in the same stage of lactation and similar parities within each treatment. Trial I diets were formulated using ingredients with high endogenous phytase activity, on a cereal-extracted soybean meal basis. Trial II used basal diets with ingredients low in endogenous phytase activity, on a corn-extracted soybean meal basis. **In Trial I** the basal diet contained no inorganic P supplementation, as a result its total P was 3.6 g/kg, and its calculated digestible P content was 1.5 g/kg. In the first treatment (Treatment A) the basal diet was made without inorganic P supplementation and phytase supplementation. In the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> treatments (Treatments B, C and D) the basal diet without inorganic P supplementation (Treatment A) was supplemented by microbial phytase enzyme from *Trichoderma reesei* at the rate of 125 PPU/kg (Treatment B); 250 PPU/kg (Treatment C); and 500 PPU/kg (Treatment D). **In Trial II** the basal diet was supplemented by 3.5 g/kg inorganic P (Monocalcium Phosphate) to provide equal calculated digestible P (1.5 g/kg), thus its total P was 4.3 g/kg. The trial studied the effect of 3 treatments. In the 1<sup>st</sup> treatment (Treatment A) the basal diet was formulated similarly to Trial I, without phytase supplementation. In the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> treatment (Treatments B and C) the basal diet (Treatment A) was supplemented with the same lot of microbial phytase enzyme from *Trichoderma reesei* used in Trial I at the rate of 250 PPU/kg (Treatment B) and 500 PPU/kg (Treatment C). The Ca and total P ratio of the diets in both trials was 1.2 : 1.0.

The chemical composition, Ca and P, and marker (TiO<sub>2</sub>) contents of the diets, and the dry matter, Ca and P and TiO<sub>2</sub> contents of the faeces samples were determined according to the Hungarian Standards. Phytase activity of the trial diets was analyzed according to AOAC (1995). Trial data were subjected to variance analysis (ANOVA) (SAS, 2004).

It can be concluded from the results of the digestibility trials feeding the cereal-extracted soybean meal diets with high endogenous phytase activity, that the feed intake of animals fed the diet without inorganic P and phytase supplementation (negative control) was significantly below ( $P \leq 0.05$ ) the feed intake of their peers fed the phytase supplemented diets. The digestibility of dietary P was unusually low compared to the relatively high P digestibility characterizing wheat-barley-soybean meal diets, which is probably attributable to the high

endogenous portion of faecal P excretion. Already the lowest phytase dosage (125 PPU/kg) improved P digestibility significantly ( $P \leq 0.05$ ). Higher phytase dosages (250 and 500 PPU/kg) are associated with further P digestibility improvements ( $P \leq 0.05$ ). Ca digestibility improved significantly already with the lowest phytase dosage (125 PPU/kg). Higher phytase dosages (250 and 500 PPU/kg) are not associated with further Ca digestibility improvements ( $P \geq 0.05$ ). On the basis of tested phytase dosages no maximum was found for P digestibility. Further studies are needed to determine the optimal phytase dosage.

It can be concluded from the results of studies with **corn-extracted soybean meal based** diets that the different phytase activities of the reduced P diets did not influence the feed intake of lactating sows ( $P \geq 0.05$ ). TRR phytase added to the basal diet at 250 PPU/kg improved the digestibility of P and Ca, but the higher phytase dosage (500 PPU/kg) was not associated with the further improvement of digestibility of either P or Ca ( $P \geq 0.05$ ). Based on our trial data it is recommended to supplement reduced P corn-soybean meal sow diets with TRR phytase in the dosage of 250 PPU/kg.

## Irodalomjegyzék

- AOAC (1995). Official methods of analysis. 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- AminoDat (2010). AminoDat<sup>TM</sup> 2.0 (Evonik Industries, Hanau-Wolfgang: Germany).
- Babinszky L. 2002. Sertéságazat: megfelelő takarmányozás – csökkenő foszforkibocsátás. *Mezőhír* **3**: 62-64.
- Babinszky, L., Tossenberger, J. (1998). A választott malacok foszforforgalmának vizsgálata a foszfor-ellátás függvényében. Kutatási jelentés. PATE-ÁTK, Takarmányozástani Tanszék (Report, 1997, Pannon University of Agriculture, Faculty of Animal Science, Department of Animal Nutrition, Kaposvár, Hungary).
- Baidoo, SK., Yang QM., Walker RD. (2003). Effects of phytase on apparent digestibility of organic phosphorus and nutrients in maize-soya meal based diets for sows. *Animal Feed Science and Technology* **104**. (1-4): 133-141.
- Bárdos L., Husvéth F., Kovács M. (2000). Gazdasági állatok anatómiájának élettana. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Berk, A., Schulz, E. (1993). Die Verdaulichkeit des Phosphors aus unterschiedlichen Futtermitteln beim Schwein während der Mast. *Kongreßband 1993. VDLUFA-Schriftenreihe*, **37**: 309-213.
- Bíró, G., Bíró, Gy. (2000). Élelmiszer- biztonság, táplálkozás-egészségügy. Agroinform Kiadó, Budapest.
- Czech A. (2007). The effectiveness of phytase in animal diets. *Medycyna Weterynaryjna*, **63**, 1034–1039.
- Czech A., Grela E.R. (2004). Biochemical and haematological blood parameters of sows during pregnancy and lactation fed the diet with different source and activity of phytase. *Animal Feed Science and Technology*, **116**, 211–223.
- Dale W. Rozeboom. (2011). Nutritional aspects of sow longevity. Michigan State University. Engormix.com. 2011.07.14.
- Dinger, R. N. and O. Adeola (2006). Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing pigs fed conventional and low-phytate soybean meals. *Journal of Animal Science*. 2006. **84**: 627-634.
- Düngelhoef M., Rodehutsord M., Spiekens H., Pfeffer E.(1994): Effects of supplemental microbial phytase on availability of phosphorus contained in maize, wheat and triticale to pigs. *Animal Feed Science and Technology*, **49**, 1–10.

- Eeckhout, W., M. de Paepe, N. Warnants, H. Bekaert (1995). An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs as influenced by the Ca level of the diet. *Animal Feed Science Tech.* **52**:29-40.
- Európai Közösségek. (2009). A bizottság 379/2009/EK rendelete. Az Európai Unió Hivatalos Lapja. **116**:6-8.
- Fernandez, José A. (1995). Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. *Livestock Production Science* **41**. 243-254.
- Forgács, B. (2008). A foszforellátás aktuális kérdései. *Takarmányozás* **11.évf. 3-4. szám**:9-15.
- Giesemann MA, Lewis AJ, Miller PS, Akhter MP. (1998). Effects of the reproductive cycle and age on calcium and phosphorus metabolism and bone integrity of sows. *J. Anim Sci.* 1998; **76** (3):796-807.
- Grela, E.R., Matras J., Czech A. (2011). Effects of supplemental phytase on nutrient digestibility and performance of sows fed diets with high or low native phytase activity. *Czech Journal of Animal Science*, 56, 2011 (10): 443-450.
- Grela E. R., Matras J., Czech A., Krosneki W. (2010). The influence of microbial phytase supplementation to diets with high or low native phytase activity on sow reproductive traits and composition of colostrum and milk. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2010. Vol. 19 No. 3 pp. 418-429.
- Gunner S., Mads T. M. (2008). Reduced phosphorus discharge from sow facilities. Danish Pig Production. Report 810 March 27, 2008.
- Husvéth F. (1994). A háziállatok élettana és anatómiája. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Jacela J.Y., DeRouchey J.M., Tokach M.D., et al. (2010). Feed additives for swine: Fact sheets – high dietary levels of copper and zinc for young pigs, and phytase. *J Swine Health Prod.* 2010;18(2):87–91.
- Jamroz, D., T. Wiertelcki, M. Houszka, and C. Kamel. 2006. Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* **90**:255–268.
- Jongbloed, A.W., J. Th.M. van Diepen, P.A. Kemme, J. Broz (2004) Efficacy of microbial phytase on mineral digestibility in diets for gestating and lactating sows. *Livestock Production Science* **91**. 143-155.
- Kemme P.A., Jongbloed A.W., Mroz Z., Beynen A.C. (1997): The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. *Journal of Animal Science*, 75, 2129–2138.

- Krimpen M. and Jongbloed A. (2011) The impact of nutrition on reduction of phosphate excretion in pigs. 2011 ([http://www.cost869.alterra.nl/Fs/FS\\_P-reduction\\_Pig.pdf](http://www.cost869.alterra.nl/Fs/FS_P-reduction_Pig.pdf)).
- Kuang, K., R. He, J. Wang, Y.L. Yin, and M.Z. Fan (2006). True calcium and phosphorus digestibility and the endogenous calcium and phosphorus outputs associated with soybean for multi-parity sows measured by the simple linear regression. *Journal of Animal Science*. **Suppl. 1**. 337.
- Kutasi, J., (2006). Fermentációs biotechnológia, Kempelen Farkas digitális könyvtár.
- Männer K. and O. Simon (2006). Effectiveness of microbial phytases in diets of sows during gestation and lactation. *Journal of Animal and Feed Sciences*, **15**, 2006, 199–211
- Mesterházy Á., Tóth B., Kászonyi G. (2006) „Gondolatébresztés” Kalászos gabonák vetőmaghasználatára. *Gabona Kutató Híradó*, **20**. évf. 2.szám.
- Mézes M., Hausenblasz J. (2009). Sertéstakarmányozás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Molnár, S., H.J. Lantusch, H. Perl, J.O. Güttel und W. Lenkeit (1966/67). Untersuchungen über die Mineralstoffausscheidung bei mineralstofffreier Ernährung an ausgewachsenen Schweinen. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, **22**. 313-320.
- Nortey, T. N., Patience J. F., Simmins P. H., Trotter N. L., and Zijlstra R. T. (2007). Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy, amino acids, and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun. *Journal of Animal Science* 85:1432-1433.
- NRC (1998). National Research Council (1998): *Nutrient Requirements of swine*. National Academy Press, Washington DC.
- NRC (2012). National Research Council (2012): *Nutrient Requirements of swine*. National Academy Press, Washington DC.
- Nyachoti C. M., Sands J. S., Connor M. L., Adeola O. (2006). Effect of supplementing phytase to corn- or wheat-based gestation and lactation diets on nutrient digestibility and sow and litter performance. *Canadian Journal of Animal Science*, **86**: 501-510.
- Pallauf, J., and G. Rimbach. 1997. Nutritional significance of phytic acid and phytase. *Archives of Animal Nutrition* **50**:301-319.
- Petersen, G. I. (2004). Phosphorus Digestibility of Inorganic Phosphorus Sources by Growing Pigs. *Thesis* (Master of Science, Major in Animal Science. South Dakota State University, 2004.)

- Petersen, G. I. and H.H. Stein (2006). Novel procedure for estimating endogenous losses and measurement of apparent and true digestibility of phosphorus by growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2006. **84**: 2126-2132.
- Petty, L.A. (2005). Modeling Calcium and Phosphorus requirements for Growing and Finishing Pigs. *Midwest Swine Nutrition Conference Proceedings* Indianapolis, Indiana, Sept. 8, 2005. 25-34.
- Petty, L.A., G.L. Cromwell and M.D. Lindemann (2006). Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semi-purified diets. *Journal of Animal Science*. 2006. **84**: 618-626.
- Qian, H., Kornegay, E. T. and Denbow, D. M. (1997). Utilization of Phytate Phosphorus and Calcium as Influenced by Microbial Phytase, Cholecalciferol, and the Calcium: Total Phosphorus Ratio in Broiler Diets. *Poultry Science*. **76**:37–46.
- Rodehutsord, M. (1995). P-Ausscheidung in Kot und Harn wachsender Schweine bei suboptimaler P-Versorgung. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **4**. 119.
- Rodehutsord, M., M. Faust, and H. Lorenz. 1996. Digestibility of phosphorus contained in soybean meal, barley and different varieties of wheat, without and with supplemental phytase fed to pigs and additivity of digestibility in a wheat-soybean-meal diet. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* **75**:40–48.
- Rudas, P., Frenyó, V. L. (1995). *Az állatorvosi étletan alapjai*. Springer Hungarica Kiadó, Budapest.
- SAS. 2004. SAS User's Guide. Statistics. Inst., Inc. Cary, NC.
- Schmidt, J. (2003). *Takarmányozástan*. Mezőgazda kiadó, Budapest
- Seynaeve, M., DeWilde, R., Janssens, G., DeSmet, B., 1996. The influence of dietary salt level on water consumption, farrowing, and reproductive performance of lactating sows. *J. Anim. Sci.* **74**, 1047-1055.
- Steiner T., Mosentin R., Fundis A., Jakob S. (2006): In-fluence of feeding level on apparent total tract digestibility of phosphorus and calcium in pigs fed low-phosphorus diets supplemented with microbial or wheat phytase. *Livestock Science*, **102**, 1–10.
- Stein H. H., Pahl A.A., Roth J.A. (2010). Feeding wheat to pigs. HHS –Swine Focus -002, 2010. Department of Animal Sciences – College of ACES – The University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Tossenberger, J. és Babinszky, L. (2008). A tojótyúkوك foszforellátásának és teljesítményének összefüggései. *Magyar Baromfi* **11**: 25-33.

- Ulrich A., Donnie C. (2009). Use of phytase enzymes to optimise feed costs and performance of pigs. International Pig Topics — Volume 24 Number 7.
- Vemmer, H., (1982). Der Einfluß der Phosphorversorgung auf die intestinale Absorption von Phosphor bei wachsenden Schweinen. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, 7. 220-230.

## **KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS**

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Tossenberger Jánosnak és a Takarmányozástani Tanszék valamennyi munkatársának, akik segítségemre voltak a kísérletek megtervezésében, kivitelezésében, az eredmények kiértékelésében, valamint a dolgozatom elkészítésében.