



Pannon Egyetem
Országos Tudományos Diákköri
Konferencia
2014



**A gabonaféle és az enzim-kiegészítés hatása a vékonybél
morfológiájára és a vakbél mikroflórájára
broilercsirkékben**

Pályázó: Dubleczy Fanni, 2. évf. Agrármérnök MSc. szak

Témavezető: dr. Molnár Andor, tudományos munkatárs

**Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Állattudományi és Állattenyésztéstani
Tanszék, Állatélettani és Takarmányozástani csoport**

TARTALOM

1. BEVEZETÉS	3.
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5.
2.1. A kukorica és a búza szerepe a baromfitakarmányozásban	5.
2.2. A takarmányok különböző rost frakciói és az NSP-bontó enzimek takarmányozási jelentősége	6.
2.3. A mikroflóra szerepe a baromfi fajok anyagcseréjében	10.
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	15.
3.1. A kísérlet leírása	15.
3.2. Kísérleti takarmányok	15.
3.3. Mintavételek, a kísérleti minták feldolgozása	17.
3.4. Statisztika	20.
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	21.
4.1. A kísérleti tápokban szereplő búza és kukorica arabinoxilán-tartalma	21.
4.2. A vékonybél viszkozitás értékeinek alakulása	22.
4.3. Az éhbél szövettani vizsgálatának eredményei	22.
4.4. A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei	25.
4.5. A vakbél pH-jának alakulása	27.
4.6. A rövid szénláncú zsírsavak mennyiségének alakulása	28.
5. KÖVETKEZTETÉSEK	31.
6. ÖSSZEFOGLALÁS	33.
7. IRODALOMJEGYZÉK	34.

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi években hazánkban is egyre gyakoribbá váltak a nyári időszakban az extrém forró, száraz periódusok, amelyek jelentős termés kiesést okoznak a kukorica termesztőknek. A búza ebből a szempontból biztonságosabban termeszthető takarmánygabona. Emellett a világpiaci árak folyamatos változása miatt gyakran előfordul, hogy a búza olcsóbb a kukoricánál, ami a táp receptúrák készítésekor nagyobb bekeverési arányt eredményez.

E két gabona közül a kukoricának nagyobb az energiatartalma, a búza viszont fehérjében gazdagabb. Mindkét gabonára jellemző, hogy évjáratonként, fajtánként és az alkalmazott agrotechnikától függően lényegesen változhat táplálóanyag-tartalmuk. A két gabona között lényeges különbség, hogy a kukorica nem tartalmaz jelentős mennyiségű vízdoldható nem-keményítő típusú poliszacharidokat (NSP), a búzában viszont előfordulnak ezek a vegyületek, amelyek növelik a vékonybél viszkozitását, ezáltal befolyásolják a madarak emésztőképességét és a bél mikroflóráját. Az oldható NSP vegyületek negatív hatása az állat emésztési és termelési technológiai mutatói szempontjából dóziszfüggő.

A takarmányipar már több évtizede alkalmazza azokat az NSP-bontó enzimeket, amelyek lebontva az antinutritív hatású anyagokat javítják a termelési eredményeket. A viszkozitás csökkentése által javul az emésztőképesség, az enzimatikus szénhidrátbontás eredményeképpen képződő oligoszacharidok pedig szubsztrátként szolgálnak a bél szimbiota baktériumai számára. A tápok enzim-kiegészítése így hozzájárul a bélflóra stabilitásának kialakulásához, csökkentve az esélyét a különböző enterális kórképek, rendellenességek kialakulásának, mint például a hasmenés, a mirigyes gyomor gyulladásos tünetei, zúzógyomor sorvadásos elváltozásai, - melyek akár jelentős gazdasági károkat okozhatnak és a patogén mikroorganizmusok túlzott elszaporodásának következtében alakulnak ki.

A bél mikroflórája áttételesen befolyásolja a különböző baromfifajok termelési eredményeit az emésztés hatékonyságára, a tápanyagok felszívódására, a fehérje-és energia felhasználásra, az immunitásra és egyéb metabolikus folyamatokra gyakorolt hatásán keresztül. A bélflóra egyensúlya és a takarmányozás hatékonysága egymást bonyolultan befolyásoló tényezők, mert a hatékony takarmányozási gyakorlat nem valósítható meg jól működő bélflóra nélkül. Fontos emiatt a szimbiota baktériumok dominanciájának fenntartása a patogén/kompetitív mikroorganizmusokkal szemben.

A szimbionta (hasznos) baktériumok azok, melyek olyan termékeket, pl. illó zsírsavakat, tejsavat fermentálnak, amelyek hasznosak a gazdaállat számára. Ezzel szemben, a patogén (kompetitív) baktériumok ugyanazokat a tápanyagokat preferálják, melyeket a gazdaszervezet (fehérje, zsír, cukor és rost), így a gazdasági állatok konkurensei a bélben és felszaporodva számos megbetegedést idézhetnek elő. Ezen információk tudatában, a megfelelő takarmányozással hatást tudunk gyakorolni a bél mikroflórájának összetételére, akár „táplálhatjuk” is a szimbionta baktériumokat, illetve „éheztethetjük” a patogéneket, így segítve a stabil bélflóra kialakulását.

Nagyszámú kutatási eredmény áll rendelkezésre a búza alapú és az NSP-bontó enzimekkel kiegészített tápok madarak termelési eredményeire, emésztési folyamataira vonatkozó hatásairól. A búza és az NSP-bontó enzimek bélmorfológiára és a bél mikroflórára, annak működésére gyakorolt hatásáról lényegesen kevesebb és egymásnak gyakran ellentmondó eredmény látott napvilágot.

Kísérletünkkel ezért elsősorban arra kerestünk a választ, hogy a búza alapú és xilanáz enzimmel kiegészített takarmányok milyen mértékben befolyásolják a brojlercsirkék bél morfológiáját és a vakbélben zajló mikrobiális folyamatokat.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukorica és búza szerepe a baromfitakarmányozásban

Napjainkban, a világ sok részén a baromfitakarmányok fő gabonanövénye a kukorica. A helyi klimatikus adottságoktól függően a kukorica mellett megjelenik a búza is, mint a kukoricát kisebb-nagyobb részben kiváltó összetevő. A kukorica (*Zea mays*) felhasználása sokoldalú, változatos. A világon és Magyarországon is főként, mint energiadús állati takarmány jön számításba, a hazai abraktakarmányok 60-70%-t képezi (Schmidt J. 2003). Magyarország területének 27 %-át (1,2 millió ha) foglalja el, az összes termésmennyisége 5-8 millió tonna évenként.

Hazánkban a búzát (*Triticum aestivum*) mintegy 1,3 millió hektáron termesztik. Az elmúlt évtizedekben a búza vetésterülete csaknem állandónak tekinthető. Hazánkban – még nagyon kedvezőtlen évjáratban is – biztonságosan megtermelhető a lakosság búzaszükséglete (~1,2-1,3 millió tonna), emellett a takarmánybúza-szükséglet (0,7-0,9 millió tonna) is. Magyarországon a szárazabb időszakok kedveznek a búza termesztésének (300-350mm), míg a kukorica termesztéséhez a nagyobb csapadékmennyiség ideális (450-550 mm) (Antal J. 2005).

Magyarország egész területe alkalmas búzatermesztésre és szárazabb időszakokban a búza relatív ára csökken a kukoricáéhoz képest. A búza létjogosultsága a globális felmelegedés hatására megnőhet, - szárazabb években is kielégítő termésmennyisége és kedvező áralakulása miatt aránya jelentősen megnövekedhet a baromfitápokban, a kukorica rovására. Emellett, azokban az években, amikor az előre tervezett étkezési búza nem éri el a malmi minőséget, jelentős tételek állnak a takarmányipar rendelkezésére. Ilyenkor a receptúrák készítésekor az olcsóbb takarmánybúza versenyhelyezetbe kerül a kukoricával szemben.

A kukorica a legnagyobb energiatartalmú gabonamag (ME=13,50 KJ/kg), energiatartalmának nagy részét a keményítő, oldható szénhidrátok, és a hozzávetőlegesen 3-4 % csíraolaj adja. A csíraolaj linolsavban és E-vitaminban gazdag (25-40 mg/kg) és jelentős mennyiségű ízanyagot is tartalmaz. Nyersfehérje tartalma alacsony (8-10%), fő alkotója a zein, mely lizinben igen szegény (Schmidt J. 2003). Nyersrost tartalma csupán 2-3%, B-vitamin és ásványi anyag tartalma a többi gabonához képest alacsonyabb. A kukorica az abrakkeverékek többségében nagy százalékban szerepel (50-60%).

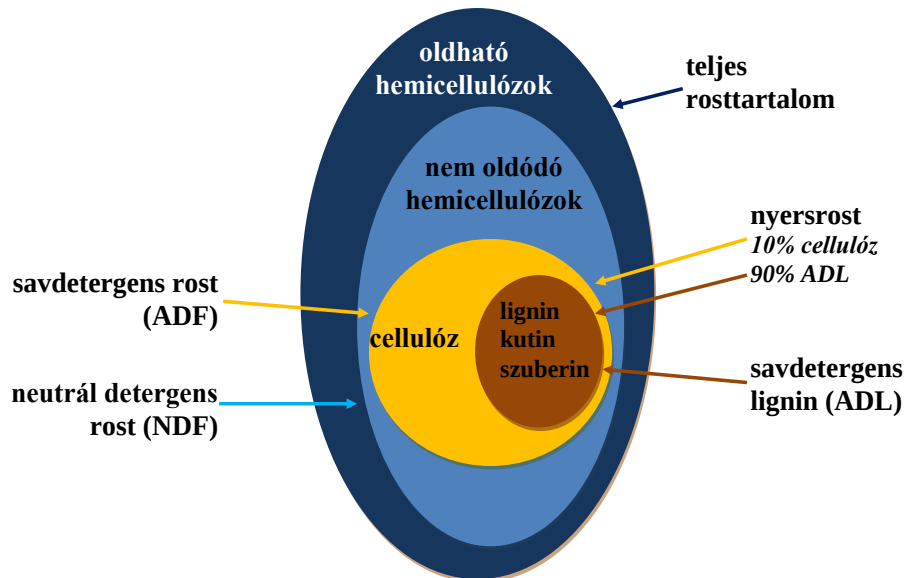
A búza nagy terméshozamú, alacsony sikértartalmú (un. lágy típus) fajtáit használjuk takarmányozási célra. A gabonák közül, a búza tartalmazza a legtöbb fehérjét (14-15%), biológiai értéke viszont a kis metionin és lizin tartalmának köszönhetően alacsony. Energiatartalmának (ME=12,50MJ/kg) nagy részét a keményítő adja. A búza a kukoricához képest több nem keményítő típusú összetett szénhidrátot (NSP) tartalmaz. A lignin aránya alacsony. Csíraolaja E-vitaminban gazdag, héjában jelentős mennyiségű B-vitamin található. Baromfi abrakkeverékekben általában 10-30%-ban szerepel.

A kukorica és búza is, mint energiaforrás kerül be a baromfitakarmányokba, viszont beltartalmi szempontból néhány tekintetben különböznek egymástól. Mindkét gabonanövényt optimális beltartalmi értékei, valamint magas energia tartalma teszi alkalmassá arra, hogy a baromfitakarmányok fő gabonanövényeiként kerüljenek felhasználásra.

2.2. A takarmányok különböző rost frakciói és az NSP-bontó enzimek takarmányozási jelentősége

Az NSP (Non Starch Polisaccharides) anyagok nem keményítő típusú szénhidrát molekulák, a növényi rostok egyik analitikai kategóriáját jelentik, a növényi sejtfalalkotók szénhidrát típusú összetevőit. A növények teljes rosttartalma az NSP és a savdetergens lignin együttes mennyiségét jelenti *(1. ábra)*.

1. ábra A növényi sejtfalalkotók csoportosítása



Forrás: AOAC, 1990.

A takarmányozás gyakorlatában még széles körben használt nyersrost jelentősen alulértékeli a takarmányok tényleges sejtfaltartalmát. A neutrál detergens rost és az NSP mennyiségét tekintve közel áll egymáshoz, bár takarmányonként lényeges különbségek lehetnek e két rostkategória között is (*1. táblázat*).

1. táblázat Különböző takarmányok rostösszetétele

Takarmány	nyersrost	NDF	NSP
búza	23	110	110
árpa	52	150	147
zab	91	248	253
búzakorpa	85	390	360
kukorica glutén	74	360	368
szója korpa	354	599	868
szójadara	85	189	190
kukorica	26	100	70

Forrás: Knudsen, 1997.

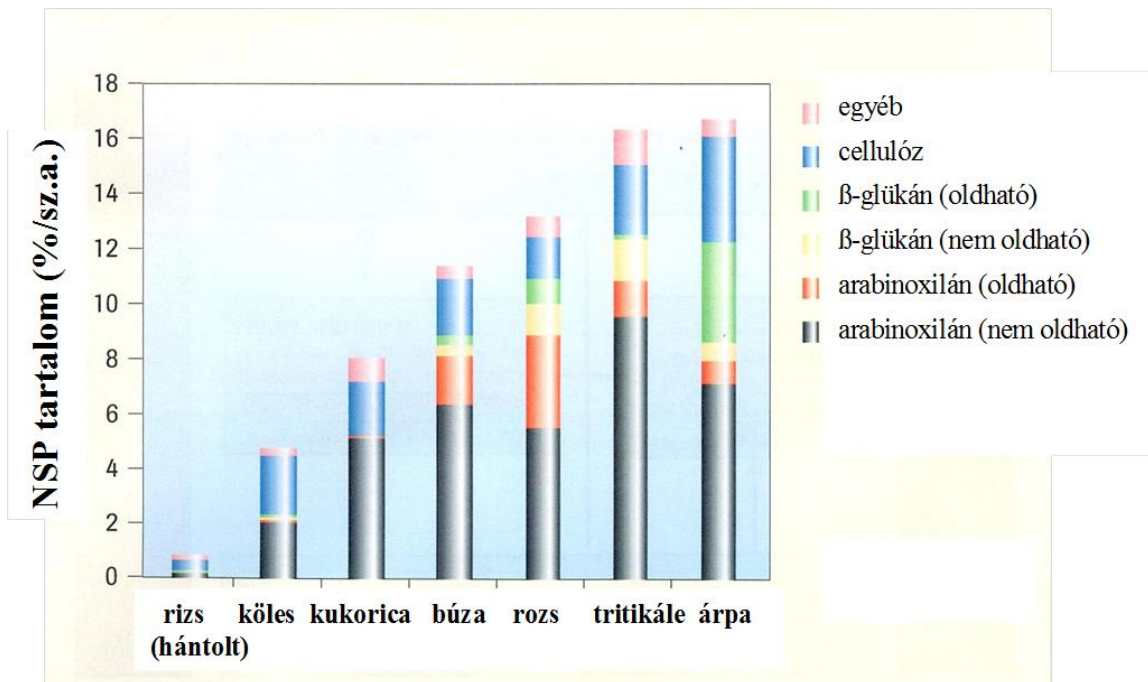
Takarmányozástani szempontból fontos ismételni, hogy az NSP összetevők egy része vízoldható, míg nagyobb hányaduk vízben nem oldódik.

A vízben nem oldódó NSP anyagok, mint például a cellulóz vagy a hemicellulóz tulajdonképpen rost anyagok, amelyek fontos szerepet töltenek be a különböző madárfajok emésztési folyamataiban. A strukturális rostok például stimulálják a zúzógyomor működését, csökkentik a zúzó és az epésbél pH-ját, javítva az aminosavak és a keményítő emészthetőségét (Svihus és Gullord, 2002). A szükségletnél nagyobb arányú rosttartalom ugyanakkor csökkenti az emésztőenzimek hatékonyságát és ezáltal a felszívódó táplálóanyagok szintjét. A kelleténél nagyobb rosttartalom főleg a fiatal madarak esetében lehet depresszív.

A vízoldható NSP anyagok a vékonybélben szintén nem emészthetők, az utóbél-szakaszokban azonban táptalajt szolgáltatnak a baktériumoknak. A gazdasági állatok, így a madarak esetében is csupán a mikrobák képesek a bontásukra, ugyanis a monoszacharid egységek közötti β -1,4 glikozidkötést az állatok és az ember saját enzimszerve nem képes elbontani.

Az oldható NSP vegyületek döntően a gabonafélékhez köthetők. Fő komponensei a glükánok és a xilánok, amelyek közül a különböző gabonákban az arabinoxilán és a β -glükán található legnagyobb mennyiségben. Mennyiségük gabonánként, fajtánként és a környezeti tényezők függvényében egyaránt változó. A különböző gabonák NSP anyagait a **2. ábra** mutatja be. Látható, hogy az oldható NSP anyagok közül arabinoxilánt főleg a búza, a rozs és a tritikále, míg nagyobb mennyiségű β -glükán-t elsősorban az árpa tartalmaz. A búza vízoldható arabinoxilán-tartalma átlagosan 20g/kg sz.a., ezzel szemben a kukoricáé elhanyagolható

2. ábra Különböző gabonák NSP-tartalma



Forrás: Choct, 1997

A vízben oldódó NSP anyagok elsődleges hatása, hogy megemelik a bél tartalom viszkozitását. Ezáltal romlik a tápanyagok hozzáférhetősége az emésztőenzimek számára és csökken a zsírok és aminosavak emészthetősége (Choct és mtsai., 2004).

További kedvezőtlen hatásuk, hogy lassítják a bélpasszázst. Emiatt erősödik a mikrobiális fermentációs tevékenység a vékonybélben, így nő a verseny a tápanyagokért a gazda szervezete és a mikroorganizmusok között, megváltoztatják a bélnyák oldhatóságát, a növelhetik a patogének kolonizációját

A chymus megnövekedett viszkozitása csökkenti a reverz perisztázis mértékét, így szintén kedvezőtlenül hat a csirke emésztési mutatóira.

A vékonybélben megnövekvő mikrobiális fermentáció másik negatív következménye az epesavak dekonjugálása, melynek eredményeként relatív epe-hiány alakulhat ki, így tovább csökkentve a zsírok emészthetőségét.

A bélsár víztartalmának megnövelésével, az alomminőség romlását is előidézik a vízoldható NSP-anyagok. A vízoldható NSP-molekulák hatása azonban nagyban dóziszfüggő.

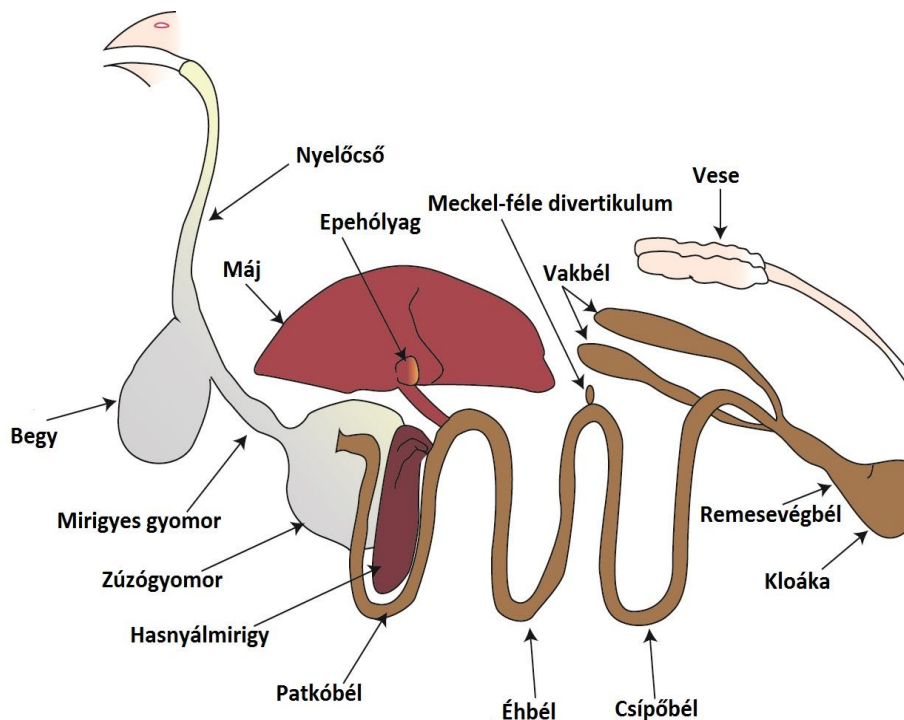
A fent leírt negatív következmények mellett azonban az NSP-anyagok prebiotikus hatásokkal is bírnak az utóbélszakaszokban, táplálékul szolgálnak a szimbionta bélbaktériumok számára.

Az NSP-k negatív hatásai különböző NSP-bontó enzimek takarmányhoz adagolásával megszüntethetők. Napjainkban a takarmányipar xilanáz és glükánáz NSP bontó enzimeket használ a leggyakrabban. Ezen enzimek emésztésre gyakorolt pozitív hatása abban áll, hogy az NSP anyagokat oligoszacharid molekulákká bontják, így azok nem növelik meg oly mértékben a chymus viszkozitását, így nem csökken az emésztőenzimek hozzáférhetősége a tápanyagokhoz. A bontás eredményeként képződő oligoszacharid molekulák egyúttal optimális táplálóanyagot, könnyen fermentálható szubsztrátként, probiotikumként szolgálnak a bél szimbionta baktériumai számára (Ferket, 2011).

2.3. A mikroflóra szerepe a baromfi fajok anyagcseréjében

A hatékony baromfihús-előállításához létfontosságú az állatok megfelelő egészségi állapota, az emésztőszerv-rendszer megfelelő működése. A madár emésztőtraktusa,- az emlősökéhez képest, viszonylag rövid (**3. ábra**), így a takarmány gyorsan áthalad rajta. Az egyszeri etetéssel felvett dercés konzisztenciájú takarmány 7- 8 óra alatt ér végig az emésztőcsövön (Kaupp és Ivey, 1923). Az elfogyasztott takarmány a nyelést követően a begybe kerül. A begyben emésztőenzim termelés nem történik, a képződő nyálkaanyag csupán az elfogyasztott magok, táprészecskék puhítását végzi. A begyben egyúttal mikrobák is jelen vannak. A takarmány formátumától (dercés, granulált, szemes) függően a begy pH-ját elsősorban az ott megtelepedő tejsavtermelő baktériumok tevékenysége határozza meg.

3. ábra A baromfi emésztőtraktusa



Forrás: http://www.poultryhub.org/wp-content/uploads/2012/07/Mingan_anatomy_diagram.jpg

A madaraknak két gyomra van: a kisméretű mirigyes gyomor emésztőnedvet termel, a zúzógyomor pedig a fogak hiányát pótolja, a takarmány fizikai aprítását, feltárását végzi. A két gyomor összehúzódásai összehangoltan működnek. A gyomrok mozgásai ugyanakkor összefüggésben állnak a begy és a vékonybél mozgásaival is. A zúzógyomor erősebb összehúzódásai eredményeként a gyomortartalom egy része visszajuthat a mirigyes gyomorba is, amely az emlősökkel ellentétben, a madár esetében nagyon kedvező folyamat, hiszen ezáltal a gyomortartalom újra összekeveredik az emésztőenzimekkel (Bárdos és mtsai, 2007).

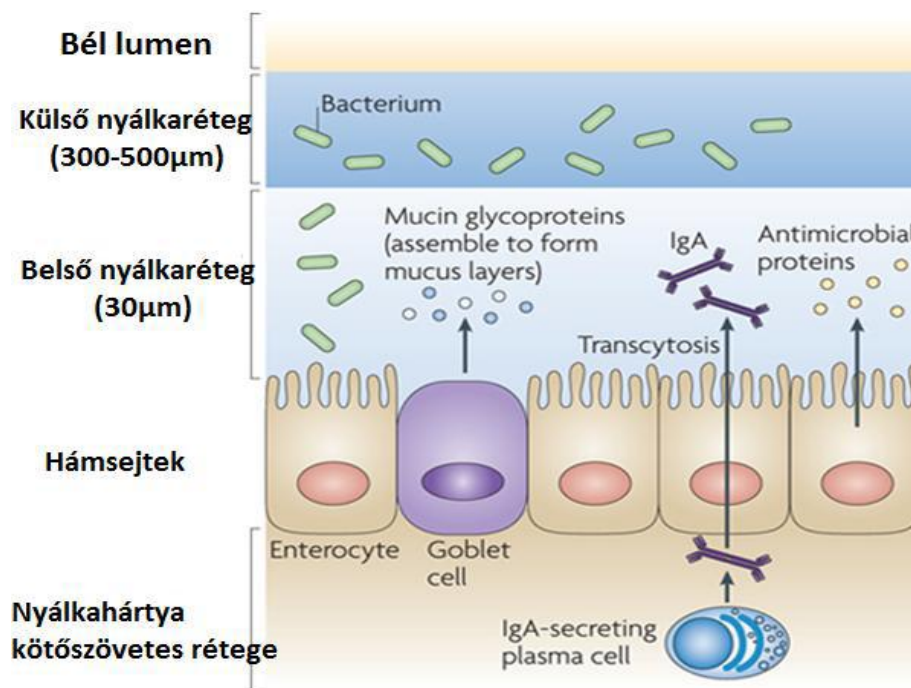
A savas kémhatású chymus ezt követően a zúzógyomorból az epésbélbe kerül. A madár vékonybelét a duodenum, jejunum és az ileum alkotják. A bél ezen szakaszában a tápanyagok enzimatikus emésztése, felszívódása történik. A vékonybél kémiai emésztését a hasnyál, az epe és a bélnedv segítik elő. A vékonybél után a chymus a vastagbélbe továbbítódik, mely a vakbélből és a remesebélből áll. A remesebél perisztaltikus mozgásai segítségével továbbíthatja a vékonybél tartalmát a kloákába, illetve a vakbélbe. A béltartalom csak egy része jut el a páros vakbélbe. A remesebél-szakasznak a víz és a különböző elektrolitok felszívódásában van jelentősége, a vakbélben emellett jelentős mértékű bakteriális

fermentáció is zajlik. A madarak páros vakbelében emésztő enzimek nem termelődnek, a közel neutrális kémhatás (pH 6,7–6,9) ugyanakkor jelentős mikrobiális fermentációt tesz lehetővé, melyhez azok a tápanyagok szolgálnak szubsztrátként, amelyek a gyomor és a vékonybélemésztést, illetve a felszívódást elkerülik. A folyamat során lehetőség van a növényi rostok limitált fermentálására is. A vakbélben folyó mikrobiális tevékenység bizonyos vitaminok szintézisét is lehetővé teszi, amelyeket a gazdaállat koprofágia útján képes értékesíteni.

Míg a patkóbélben 10^{1-3} és az éhbélben 10^{4-7} , addig a vakbélben 10^{11-12} nagyságrendű a mikrobaszám milliliterenként. Ezzel a vakbél a Föld legnagyobb sejtsűrűségű ökoszisztémája. A vakbél tehát a bakteriális fermentáció elsődleges helye a madár emésztőtraktusában. A fent említett anatómiai-élettani sajátosságok miatt a vékonybélben a nagymértékű bakteriális fermentáció nem kívánatos, ugyanis ebben a bélszakaszban még jelentős mennyiségű olyan tápanyag található, melyek enzimatis bontás útján ebből a béltraktusból felszívódnak és a gazdaállat számára tápanyagként szolgálhatnak. A baktériumok táplálóanyag-igénye a vékonybélben konkurens a gazdaállatéval. Ezzel szemben a vakbélben már nincsen enzimatis bontás, ebből a szakaszból csak a bakteriális fermentáció útján képződött metabolitok tudnak felszívódni, hasznosulni a gazda számára (víz, ásványi anyagok, ammónia, vitaminok és rövid szénláncú zsírsavak (SCFA)).

A bélflórát a bél nyálkarétegében és a bél lumenében helyet foglaló baktériumok képezik **(4. ábra)**. Ezek a mikroorganizmusok kötődhetnek a bélfalhoz vagy a takarmány részecskéihez, vagy akár szabadon is létezhetnek a bél lumenében. Egészséges csirkében a mikrobák legfőképpen a vastagbélben, vakbélben képesek elszaporodni.

4. ábra A bélhám és a bélhámot körülvevő nyálkaréteg felépítése baromfiban



Forrás: Nature reviews

A madár belében megközelítőleg 640 baktériumfaj él a gazdaszervezettel szimbiózist vagy kommenzalizmust alkotva, viszont ezeknek a fajoknak csak 10-30%-a tenyészthető. Baromfi esetében megfigyelték, hogy a vékonybél stabil baktériumpopulációja már 2 héttel a kelés után kialakul, állandósul, míg a vakbél esetében ez 30 napot, vagy annál hosszabb időt vesz igénybe. Ebből is látható, hogy milyen nagymértékben összetett és változatos a vakbél mikroorganizmus populációja (Barnes és mtsai. 1972).

A bélflóra számos funkciót lát el: védő, strukturális és metabolikus funkciókat, hozzájárulva az állat egészségi állapotának fenntartásához, javításához. A védő szerepet azáltal látja el a bélflóra, hogy az azt alkotó szimbionta baktériumok fizikailag kiszorítják a patogén fajokat, melyeknek a bélben versenyezniük kell a kötőhelyekért és a tápanyagokért. A szimbionta baktériumok emellett még anti-mikrobiális anyagokat is termelnek, például bakteriocineket, tejsavat és illószírsavakat, melyek szintén kedvezőtlen hatásúak a patogén mikrobák életfolyamataira és szaporodására szempontjából.

A bélflóra második szerepe a strukturális szerep, melyet a barrier funkció ellátásával, IgA termelés kiváltásával és az immunrendszer állandó stimulálásával lát el.

A harmadik funkció pedig a metabolikus funkció, amit a bélben előforduló karcinogének elbontásával, vitaminok szintézisével (melyek B és K-vitaminok), ion-abszorpcióval (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+}) és illózsírsav szintézisével végez el a bélflóra. A brojlercsirke életének negyvenedik napja körül a vakbél bélflóráját alkotó baktériumok a következők: Gram-pozitív coccusok, Bifidobaktériumok, Clostridiumok, Streptococcusok, Escherichia coli, Bacteroidesek és Lactobacillusok (Barnes és mtsai., 1972; Barnes, 1979; Coloe és mtsai, 1984). A fakultatív anaerob Lactobacillusok és a Coliformok tenyésztése széleskörűen alkalmazott módszer. Az előbbieket, mint szimbionta indikátor-baktériumok, az utóbbiak pedig a bél mikrobapopulációjának indikátoraiként működnek. (Shakouri és mtsai, 2009; Rebolé és mtsai, 2010; Rodriguez és mtsai., 2011).

A bélbaktériumok által legnagyobb mennyiségben fermentált anyagok az illózsírsavak. Az illózsírsavak karboxil-csoportot tartalmazó, nyílt szénláncú, leggyakrabban 1-6 szénatomszámú karbonsavak. Szerepük van az energiaháztartásban, a tápcsatornából felszívódnak, a májba jutva neutrális zsírokká alakulnak vagy a sejtekben oxidálódnak. Lényeges szerepük van még a szervezet sav-bázis egyensúlyának fenntartásában is. Az illózsírsavak legnagyobb mennyiségben a vastagbélben képződnek bakteriális fermentáció során (Miller és Wollin, 1979). A tápanyagok melyek nem emésztődtek meg a vékonybélben, potenciális szubsztrátként lépnek be a vastagbélbe, és ott a baktériumok táplálóanyagává válnak (Floch és Hong-Curtiss, 2002). A szénhidrátok fermentációját a különböző szénhidrátbontó baktériumfajok végzik, a fermentáció során illózsírsavak, CO_2 , és H_2 képződik (Macfarlane és Macfarlane, 2003). Az illózsírsavak termelődését sok tényező befolyásolja, melyek a baktériumflóra összetétele, a bélben található szubsztrátok típusa, mennyisége és a chymus vastagbélen való áthaladási sebessége (Roberfroid és mtsai., 2005; Cook és Sellin, 1998). Az illózsírsavak pozitív hatással vannak a Lactobacillusok és Bifidobaktériumok szaporodására, így a bél fiziológiájára és metabolikus folyamataira (Roy és mtsai, 2006). A fent felsorolt hatások következtében elősegítik a bél egészségi állapotának fenntartását, lecsökkentik a gastrointestinális rendellenességek előfordulásának esélyét és növelik az állat betegségekkel szembeni ellenállóképességét. A magasabb illózsírsav-szint csökkenti a vastagbél tartalom pH-ját, mely előnyös hatással van a bélmikroflóra összetételére, csökkenti az epesavak vízzoldhatóságát, indirekt módon növeli az ásványi anyagok felszívódását és csökkenti az ammónia abszorpcióját (Vince és mtsai, 1978; Jackson, 1983).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérlet leírása

Kísérletünket a Pannon Egyetem Georgikon Karának Takarmányozástani Kísérleti Baromfitelepén végeztük a 2013.04.16. és 2013.05.21. közötti időszakban, a vonatkozó állatvédelmi jogszabályok figyelembevételével.

A kísérlet 160 db, ROSS 308-as típusú kakas felhasználásával történt. A szexált csibéket a keletetőben előválogattuk, törekedve az azonos testtömeg meglétlére. Az állatokat négy különböző takarmányozási csoportra osztottuk, melyek kukorica és búza alapú tápok és ezek NSP-bontó enzimmal kiegészített változatait jelentették. Az állatok takarmányozása három fázisú rendszerben történt: indító tápot 0-10. napig, nevelőt 11-24. napig, befejezőt pedig 25-35. napig etettünk.

Az állatok takarmányozása és itatása ad libitum történt. Az első nap 24 órás megvilágítást alkalmaztunk, az 1-7. nap között fokozatosan csökkentettük azt, majd a 8-10. napon 20 óra, azt követően a nevelés végéig pedig 16 óra volt a világos szakasz hossza. Az állatokat szeckázott búzaszalma alomra helyeztük el.

3.2. Kísérleti takarmányok

A kísérleti tápok összetételét a **2. táblázat** tartalmazza. A táblázatból látható, hogy a kontrollnak tekinthető kukorica és szója alapú tápsor mellett egy jelentős mennyiségű búzát tartalmazó tápot használtunk. Mindkét tápot enzimkiegészítéssel és anélkül etettük. A tápok úgy állítottuk össze, hogy azok azonos energia,- és nyersfehérje-tartalommal rendelkeztek. A búza kisebb energiatartalmát az extrahált és a fullfat szója arányának változtatásával kompenzáltuk (**3. táblázat**). A tápok beltartalmi paramétereit a tenyésztő cég ajánlásainak megfelelően állítottuk be (Ross Breeders, 2007). Az NSP-bontó enzimmal kiegészített tápok az alaptakarmányon felül, 0,15g/kg enzim-kiegészítést (xylanáz és glükanáz) tartalmaztak (Aextra XB 201 by Du Pont, Delaware, USA).

2. táblázat: Az egyes nevelési fázisokban etetett tápok összetétele

	Indító		Nevelő		Befejező	
(g/kg)	Kukorica	Búza	Kukorica	Búza	Kukorica	Búza
búza		300,0		400,0		500,0
kukorica	456,00	172,00	519,00	138,00	564,00	88,00
ext.szójadara	351,00	272,00	309,00	204,00	333,00	202,00
fullfat szója	99,00	162,00	79,00	164,00	4,00	109,00
napraforgóolaj	45,00	45,00	50,00	50,00	60,00	60,00
takarmány mész	18,00	18,00	15,00	16,00	15,00	15,00
MCP	16,00	15,00	14,00	13,00	13,00	12,00
L-Lys	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	2,00
DL-MET	4,00	4,00	3,00	3,00	2,00	3,00
L-THR	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
tak.só	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
NaHCO ₃	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
premix	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
összesen	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00

3. táblázat A kísérleti tápok táplálóanyag-tartalma

	Indító		Nevelő		Befejező	
	Kukorica	Búza	Kukorica	Búza	Kukorica	Búza
AME _n (MJ/kg)	12,60	12,60	13,00	13,00	13,20	13,20
nyers fehérje (g/kg)	220,00	220,00	200,00	200,00	190,00	190,00
nyers rost (g/kg)	31,50	32,44	30,60	31,20	28,74	29,50
nyers zsír (g/kg)	85,00	92,60	85,00	97,20	84,50	96,28
LYS (g/kg)	14,30	14,30	12,40	12,40	11,20	11,20
MET (g/kg)	7,20	7,20	6,20	6,20	5,40	5,40
M+C (g/kg)	11,37	11,26	9,86	10,08	8,94	9,12
THR (g/kg)	9,40	9,40	8,30	8,30	7,40	7,40
Ca (g/kg)	10,50	10,50	9,00	9,00	8,50	8,50
hasznosítható P %	5,00	5,00	4,50	4,50	4,20	4,20

3.3. Mintavételek, mérések

Arabinoxilán mérés

A kísérletben használt kukorica és búza minták arabinoxilán-tartalmát az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetében, Martonvásáron határozták meg spektrofotometriás módszerrel. Ezt a gyors és reprodukálható módszert Douglas dolgozta ki 1981-ben fehér lisztekből történő pentozán meghatározásra. Az eljárás során a liszthez vizet adnak; majd jégcet, sósav, és glükóz elegyével keverik hőálló csőben. A csövet forró vízbe helyezik 25 percre, majd az ilyen módon előkészített oldat abszorbanciáját 552 és 510 nm-en mérik. A pentozánok mennyisége megbecsülhető még amikor az interferáló cukrok feleslegben vannak jelen, oly módon, hogy kivonják az 510 nm-en mért abszorbanciát az 552 nm-en mért abszorbanciából. A méréseket négy ismétlésben végezték el.

Az állatok leölése a kísérlet 35. napján szén-dioxidos kábítást követően a nyaki vénák átvágásával történt. Az állatok elvéreztetését követően a hasüreget felnyitottuk és elvégeztük a béltartalomra vonatkozó mintavételezést.

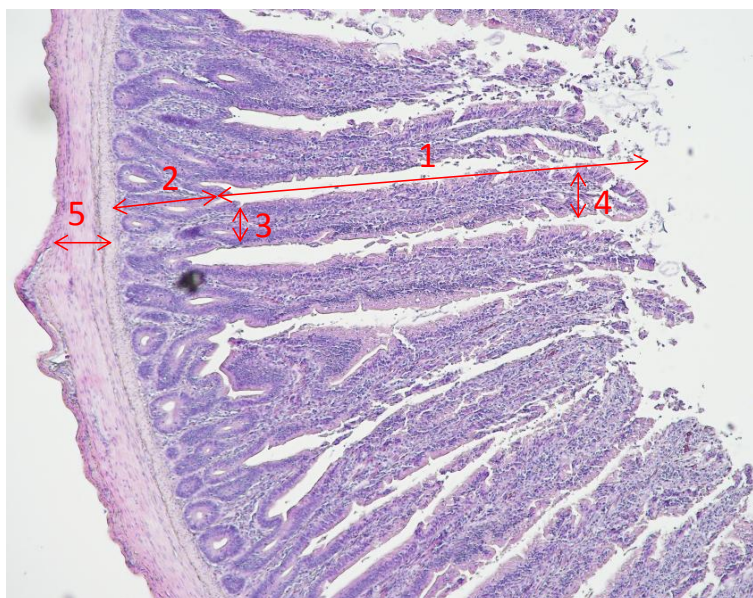
Bélmorfológia

A vékonybél szövettani analízisét a Bécsi Állatorvostudományi Egyetem Baromfiklinikájának Szövettani Laboratóriumában végeztük. A mintát a jejunum szakasz, Meckel-féle diverticulumhoz közeli szakaszából vettük. A mintákat 5%-os formalin oldatban fixáltuk és tároltuk az előkészítő műveletek megkezdéséig. A minták előkészítéseként sorozatos vízkivonási, tisztítási lépéseket végeztünk, a mintákat ezután paraffinba ágyasztuk. A mintákat (kezelésenként 9-10 állat) microtome készülékkel 5 µm vastagságúra vágtuk és tárgylemezeken rögzítettük. Mintánként két metszetet készítettünk. A festési eljárást hematoxylin és eozin felhasználásával végeztük. A minták vizsgálata digitális video kamerával (Olympus DP-26) és Olympus Stream 1.7 szoftverrel felszerelt, Olympus BX43F fény-mikroszkóp (Olympus Corporation, Tokyo, Japán) felhasználásával történt.

Az elkészített képek analízisét a National Institutes of Health (Maryland, USA) által kifejlesztett ImageJ szoftver (Version 1.47) segítségével végeztük.

Mintánként a tárgylemezen rögzített két metszetből kiválasztva a sértetlen bélboholy-kripta szakaszokat, elvégeztük a szövettani analízist, ami a bélboholy hosszának, a kripta mélységének, a bélboholy alapi és csúcsi szélességének, az izomvastagságnak méréséből és a bélboholy-kripta arány számításából állt (*1. kép*).

1. kép A bélmorfológiai vizsgálatok során végzett mérések



1 - bélboholy hossz; 2 - kripta mélység; 3 - a bélboholy alapi átmérője; 4 - a bélboholy csúcsi átmérője; 5 - izomvastagság

A vakbél illózsírsav-tartalmának meghatározása

Az illózsírsav analízishez hozzávetőlegesen 1 g vakbélmintát véve a levágott állatokból, azt 2 ml-es Eppendorf csövekbe helyeztük, -80°C -on fagyasztottuk és tároltuk az SCFA-analízis elvégzéséig (Atteh et al. 2008).

Külső kalibrációként standard illózsírsav keveréket használtunk (20 mmol/l) az alábbi összetevőkből: ecetsav, propionsav, izovajsav, vajsav, izovaleriánsav és valeriánsav.

A gázkromatográf készülékben (TRACE 2000, Thermo Scientific, USA) használt oszlop a következő volt: Nukol Fused Silica Capillary, 30 m x 0.25 mm, 0.25 µm-es rétegvastagsággal (Supelco, USA). A szállító gáz 83 kPa nyomású hélium volt. A műszer FID típusú érzékelővel rendelkezett, a befecskendezési hőmérséklet 220°C, a detektálási hőmérséklet 250°C volt. A gázkromatográfba 1 mikroliter mintát injektáltunk.

A béltartalom pH-jának meghatározása

A bél pH-mérésekor friss **éhbél**- és vakbéltartalmat rögtön desztillált vízzel (1:5) hígítottuk, azt követően pedig laboratóriumi rázógép segítségével homogenizáltuk 1 percig. A pH mérést a lehető legrövidebb időn belül elvégeztük. A pH-mérés speciális pH mérővel történt: pH 200A hordozható pH mérő, CS1068 SNEX érzékelőfejjel felszerelve (CLEAN Instruments, Sanghai).

Mikrobiológiai vizsgálatok

A mikrobiológiai vizsgálatokhoz hozzávetőlegesen 0,5 g éhbél- és vakbéltartalmat helyeztünk 4,5 ml fiziológiás sóoldatot tartalmazó steril csövekbe, és ezután homogenizáltuk a szuszpenziókat. Ezt követően fiziológiás sóoldattal 10-es alapú hígítási sort készítettünk (Miller and Wolin, 1974). A Laktobacillusok számlálása MRS (Man, Rogosa and Sharpes) agaron történt 39 °C-on, 48 órás anaerob inkubálást követően.

A coliform baktériumokat MacConkey agaron tenyésztve 39 °C-on, 24 órás aerob inkubálás után számoltuk (vörös telepek). A telepformáló egységek (CFUs) (TFE/g) értékei 10-es alapú logaritmus (log10) formájában kerültek feltüntetésre.

A béltartalom viszkozitásának meghatározása

A csípőbél viszkozitásának megállapításához, körülbelül 2 g friss béltartalmat gyűjtöttünk Eppendorf-csövekbe, majd azokat -80°C-ra fagyasztottuk. A felolvasztást követően a mintákat centrifugáltuk (12,000 G, 10 perc) és 25 °C-on 0,5 ml felülúszónak a viszkozitását mértük le Brookfield DV II+ viszkoziméter segítségével (Brookfield Engineering Laboratories,

Stoughton, MA, USA). A viszkozitás méréshez a CP40-es rotorfejet használtuk, a viszkozitást $5\text{--}500\text{ s}^{-1}$ nyírási sebességnél mértük.

3.4. Statisztikai vizsgálatok

Az eredmények biometriaai értékeléséhez SPSS 16.0 for Windows szoftvert használtunk. A vizsgált paraméter függvényében egy, illetve kéttényezős varianciaanalízist végeztünk. Amennyiben az adatok homogén eloszlásúak voltak az átlagokat Tukey post hoc teszt segítségével, a nem homogén eloszlású adatsorok esetén pedig Dunnett's tesztel hasonlítottuk össze. Azokat a különbségeket tekintettük szignifikánsnak, ahol a p-érték 0,05-nél kisebbnek adódott.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A kísérleti tápokban szereplő búza és kukorica arabinoxilán-tartalma

A táblázat értékeiből látható, hogy a búza többszörös nagyságrendben tartalmaz arabinoxilánt a kukoricához képest. Az oldható frakciók tekintetében a különbség a két gabona között még nagyobb. A búza az irodalmi értékeknél némileg kevesebb- 2% fölötti, vízoldható arabinoxilánt tartalmazott. A kukorica vízoldható arabinoxilán-tartalma ezzel szemben elhanyagolható. A búza átlagosnál kisebb oldható arabinoxilán-tartalma bizonyos mértékben magyarázatul szolgálhat arra vonatkozóan, hogy eredményeink nem minden tekintetben alakultak az előzetesen publikált irodalmi adatoknak megfelelően.

4. táblázat A kísérletünkben használt búza és kukorica minták összes és vízoldható arabinoxilán-tartalma (mg/g)

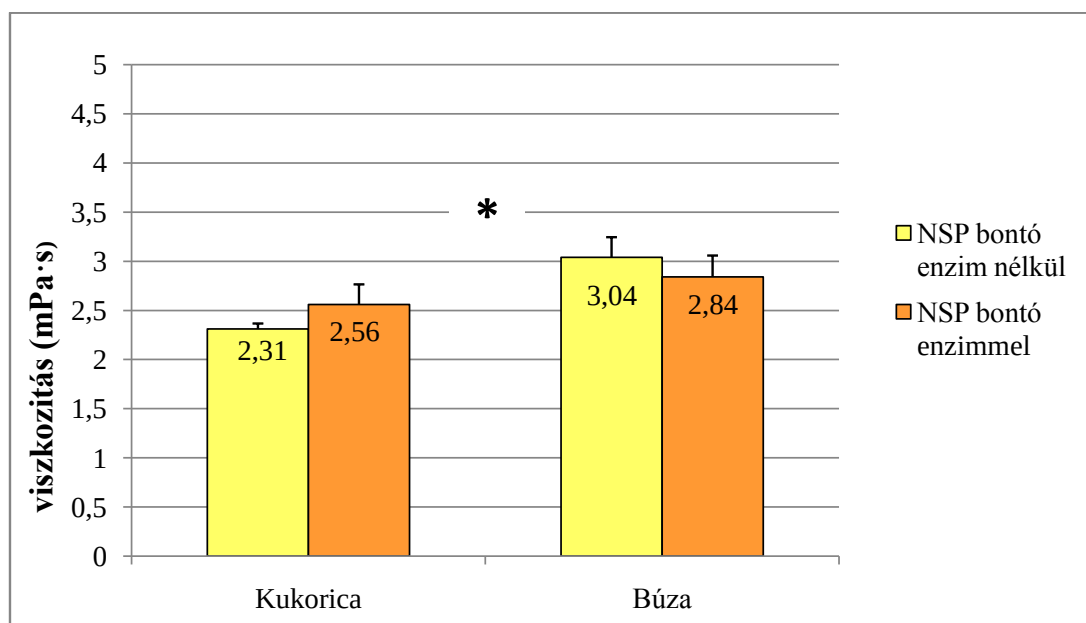
	búza		kukorica	
	összes	vízoldható	összes	vízoldható
1.	47,73	9,14	23,59	0,56
	48,29	9,16	23,96	0,65
2.	48,75	9,25	25,67	0,83
	49,22	9,34	26,22	0,92
3.	50,14	9,42	28,31	0,93
	50,51	9,53	28,58	1,02
4.	51,90	9,53	30,43	1,02
	52,08	9,62	30,43	1,11
átlag	49,83	9,37	27,15	0,88

4.2. A vékonybél viszkozitás értékeinek alakulása

A búza eredendően magasabb oldható arabinoxilán-tartalmából adódóan magasabb csípőbél viszkozitás-értékeket mértük a búza alapú takarmányokat fogyasztó csoportok esetében, a kukorica alapú csoportok értékeihez képest.

A kukorica és a búza alapú tápok közötti eltérés szignifikáns volt (**5. ábra**). Az enzimkiegészítés a búza alapú tápnál csökkentette ugyan a béltartalom viszkozitását, a különbség azonban nem volt szignifikáns.

5. ábra Viszkozitás értékek a csípőbélben



* = szignifikáns különbség a kukorica és búza alapú tápok között

4.3. Az éhbél szövettani vizsgálatának eredményei

Takarmányozási kezeléseink a hat vizsgált szövettani paraméter közül három esetben voltak szignifikáns hatással. Ezek a morfológiai mutatók a kriptamélység, a bélboholó-kripta arány

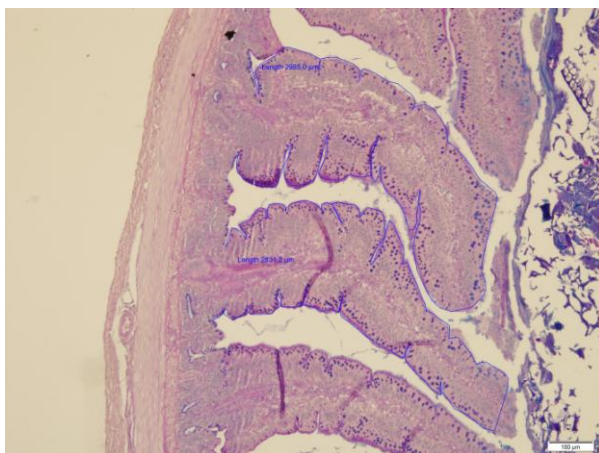
és a bélboholy csúcsi szélessége volt. Az **5. táblázat** értékeiből látható, hogy esetünkben sem a gabona fajtája, sem az enzim-kiegészítés nem befolyásolta szignifikánsan a bélbolyhok hosszát.

5. táblázat Az éhbél morfológiai eredményei (mikron)

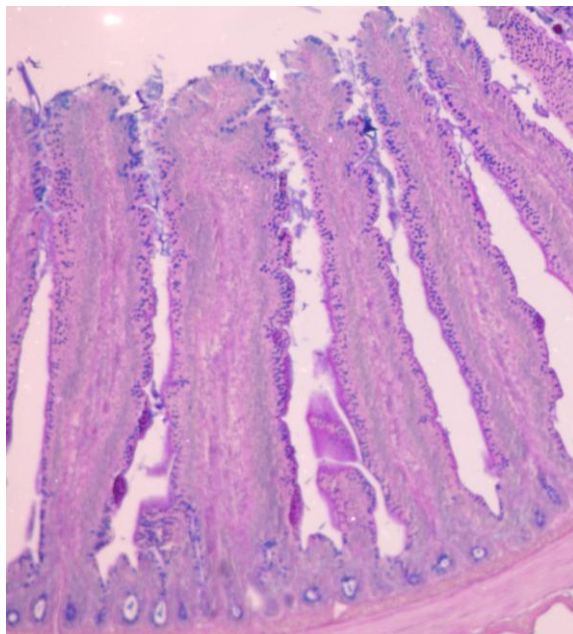
	kukorica	kukorica+enzim	búza	búza+enzim
bélboholy hosszúság	825,0±22,0	791,5±35,3	812,5±31,3	823,4±21,1
kripta mélység	177,7±6,3 ab	157,5±7,4 bc	150,8±5,1 c	183,4±7,3 a
csúcsi szélesség	121,0±6,5 b	143,3±6,1 a	129,7±5,1 ab	138,5±5,4 ab
bélboholy-kripta arány	5,0±0,2 ab	5,7±0,4 ab	5,6±0,2 a	4,8±0,2 b
izomvastagság	119,3±3,8	131,9±23,8	115,0±4,0	122,7±3,9
alapi szélesség	175,0±9,5	191,6±6,9	185,5±8,8	199,0±8,8

A kripta mélységét tekintve a kukorica tartalmú tápot fogyasztó csoportnál szignifikánsan nagyobb értéket kaptunk a búzas táphoz képest. Az enzim-kiegészítés a kukorica esetében nem eredményezett változást, a búza esetében azonban szignifikánsan növelte a kripta mélységet. A búza esetében az enzim-kiegészítés a kripta mélységének változtatásán keresztül befolyásolja a nyáktermelő sejtek számát is, mely intenzívebb nyáktermeléshez vezet, ami befolyásolja a vékonybél mikroflóráját, a különböző baktériumok kolonizációját.

2. kép A 4/4-es jelzésű, kukorica alapú, enzim-kiegészítéses tápot fogyasztó csirke éhbélmetszete



3. kép A 7/1-es jelzésű, búza alapú, enzim-kiegészítéses tápot fogyasztó csirke éhbélmetszete



A bélbolyhok és a kripta méret eredményeivel magyarázhatók a bélboholy-kripta arány szignifikáns különbségei. Ez esetben azonban csupán a búzát és a búzát enzim-kiegészítéssel fogyasztó csoport eredményei tértek el egymástól szignifikánsan.

A bélboholy csúcsi szélessége a kukoricás tápoknál különbözött. A táp enzim-kiegészítései szignifikánsan növelték a kripták csúcsi szélességét. Az éhbél izomvastagság és a bélbolyhok alapi szélessége tekintetében a kezelések nem okoztak statisztikailag igazolható elérést.

Az elvégzett kutatások többsége szignifikáns morfológiai különbségekről számol be a kukorica, búza és árpa alapú tápok összehasonlításakor (Yasar és Forbes, 1999; Mathlouthi és mtsai., 2002). A nagyobb oldható NSP-tartalom általában csökkenti a bélhám felületet, amit mérsékel az NSP-bontó enzimek használata. Thomas és mtsai. (2005) ezzel szemben nem tapasztaltak szignifikáns eltérést broilerek éhbél morfológiájában kukorica, cirok és búza alapú tápok etetésekor. Eredményeink nem támasztják alá azt a feltételezést, hogy a búza alapú tápok lényegesen befolyásolnák a bélbolyhok hosszát és a vékonybél felületét.

A jelen kísérletben a búza alapú tápok etetése, továbbá a búza alapú tápok NSP-bontó enzim kiegészítése inkább a vékonybél nyáktermelését és a bélhámsejtek proliferációját

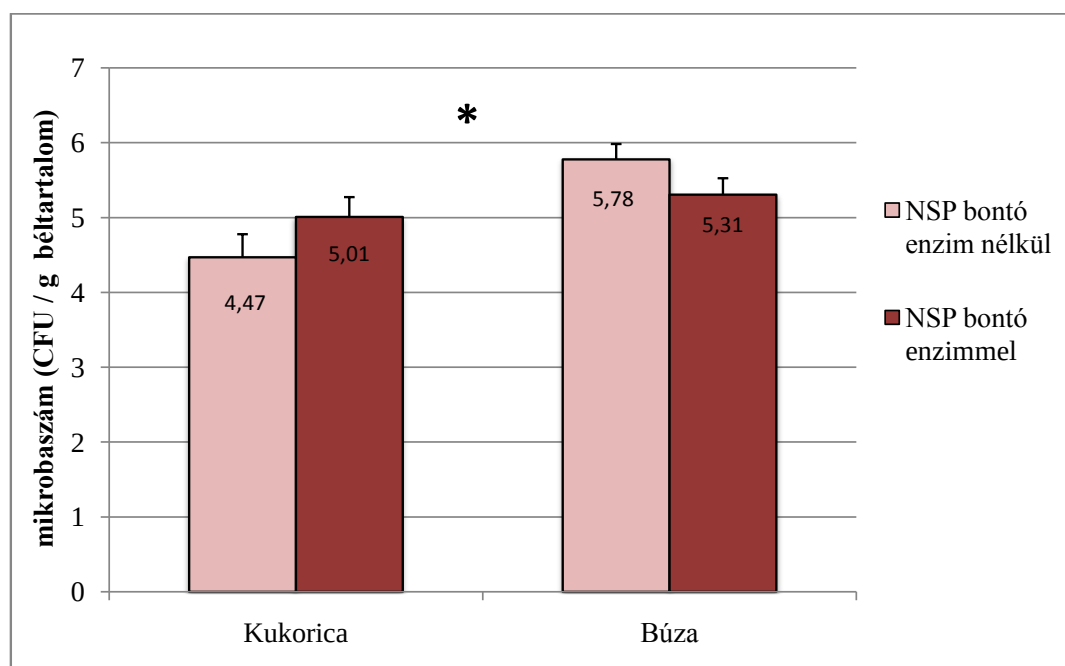
befolyásolja. A kukorica alapú tápok bélbolyhok csúcsi szélességére gyakorolt szignifikáns hatásának oka nem ismert, bár az NSP-bontó enzimek pozitív hatásáról több kutatási eredmény,- cirok és kukorica alapú tápok estésekor is, beszámol. Az NSP bontó enzimek ugyanis az oldható NSP-k mellett az egyéb sejtfalalkotókat is bontják, javítva az emésztőenzimek hozzáférhetőségét a takarmány táplálóanyagaihoz (Choct és mtsai., 1999).

4.4. A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

A vakbéltartalom mikroflórájának vizsgálata kísérletünkben a Coliformok és Lactobacillusok mennyiségi meghatározását jelentette.

A Coliformok számának alakulásáról elmondható, hogy különbség adódott a kétféle gabonára alapozott takarmányozás között. A búza alapon takarmányozott csoportok esetében szignifikánsan nagyobb volt a Coliformok száma a kukorica alapon takarmányozott csoportokéhoz képest (**6. ábra**). A tápok enzim-kiegészítése azonban nem okozott szignifikáns különbséget egyik táp esetében sem. A Coliform baktériumok számbeli különbsége a vakbélbe jutó emésztetlen szénhidrátokkal, döntően oligiszacharidokkal áll összefüggésben és mintegy jelzi az itt jelenlevő baktérium flóra felszaporodását (Jozefiak és mtsai., 2007).

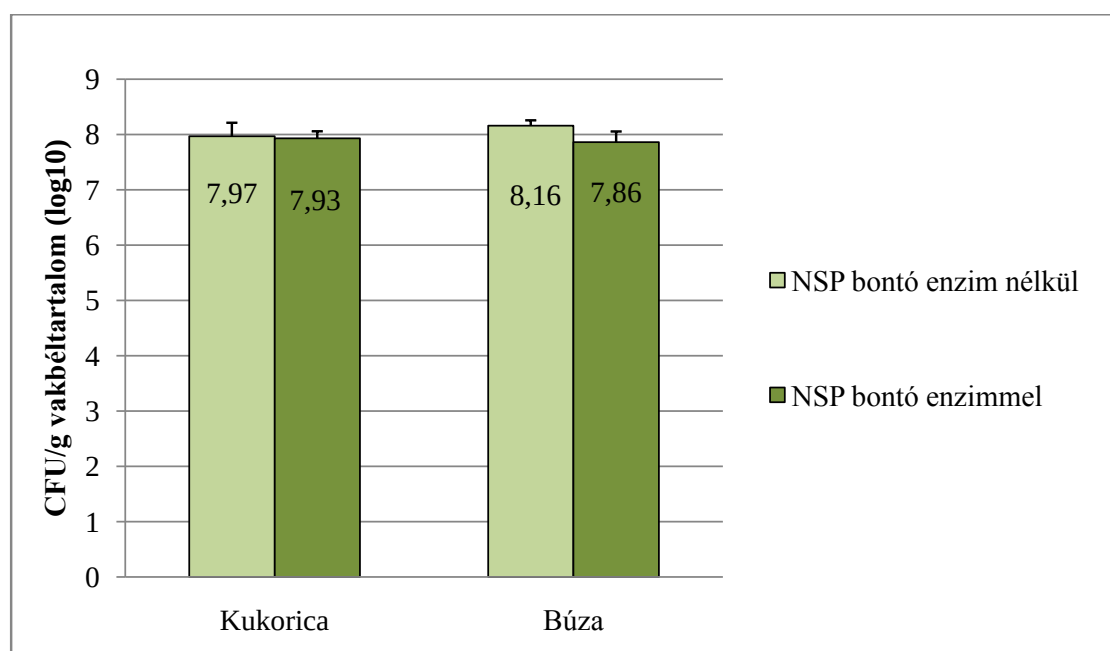
6. ábra A vakbél Coliform baktérium tartalma



* = szignifikáns különbség a kukorica és búza alapú tápok között

A vakbél tejsavtermelő baktérium számát sem a gabona, sem az enzim-kiegészítés nem befolyásolta szignifikánsan (7. ábra).

7. ábra A vakbél Lactobacillus tartalma



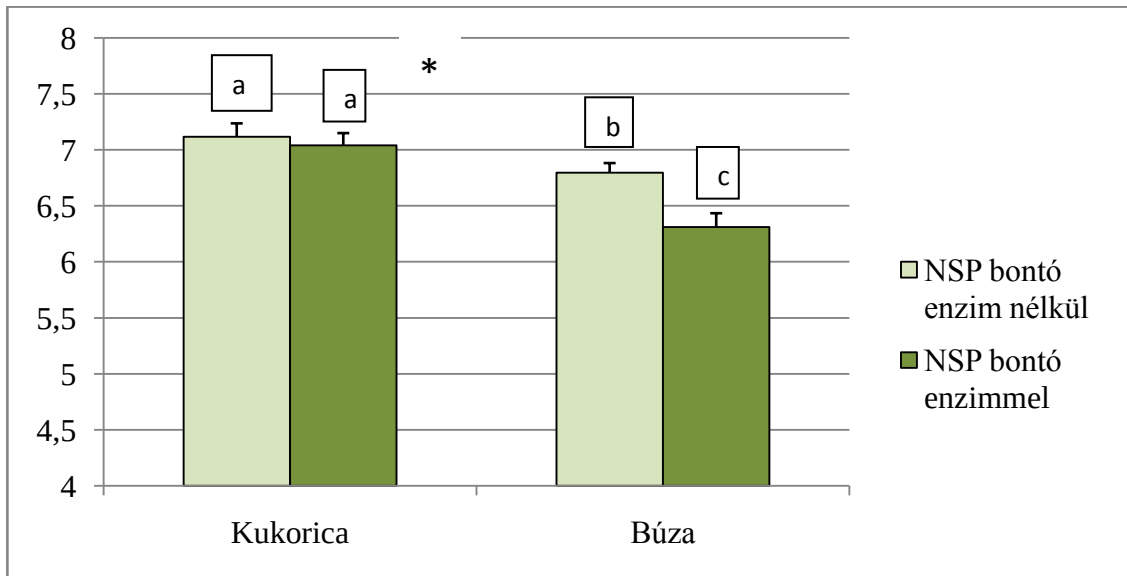
Eredményink megerősítik azokat a kutatási eredményeket, melyek szerint a nagyobb oldható NSP-tartalmú tápok etetése növeli a vakbél mikrobaszámát (Choct és mtsai., 1999). Ennek fontos szerepe van a patogén kórokozók, a Salmonella és a Campylobacter mennyiségének csökkentésében (Molnár és mtsai., 2012). A vakbél mikroba-összetételének változása azonban nem elsősorban a tejsavtermelők felszaporodásával magyarázható. Nurmi és Ranata (1973) a laktóznegatív enterobaktériumok számának csökkenését elsősorban a tejsavtermelők felszaporodásával, a patogének kompetitív gátlásával magyarázzák.

4.5. A vakbél pH-jának alakulása

A mikrobaszám változásának megfelelően a búza alapú takarmányozás szignifikáns mértékben csökkentette a vakbél tartalom pH-ját, a kukorica alapú takarmányozáshoz viszonyítva **(8. ábra)**. A gabona hatása mellett az enzim kiegészítés még tovább csökkentette a vakbél tartalom pH-ját a búza alapú takarmányozás esetében. Ez a hatás szintén szignifikáns volt.

A pH érték csökkenése arra enged következtetni, hogy az alkalmazott enzim az NSP anyagok elbontásán keresztül növelte a vakbélbe jutó **probiotikus** hatású oligoszacharidok mennyiségét, és ezáltal a vakbélben képződő illó zsírsavak arányát. Ez az eredményünk egybevág a több korábbi kutatási eredménnyel (Choct és mtsai., 1999; Bedford és Aapajalahti, 2001). Mások azonban nem tapasztaltak változást a vakbél pH-jában és illózsírsav koncentrációjában (Lázaro és mtsai., 2003).

8. ábra A vakbélben mért pH-értékek



* = szignifikáns különbség a kukorica és búza alapú tápok között
a, b = az eltérő betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek

4.6. A rövid szénláncú zsírsavak mennyiségének alakulása

A vakbél tartalom összes SCFA-tartalmát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a búza alapú takarmányozás megnövelte az SCFA-tartalmat a vakbélben, a kukorica alapú takarmányokhoz viszonyítva **(6.táblázat)**. Az összes SCFA-tartalmat tekintve az enzim-kiegészítés nem okozott szignifikáns különbséget. A búza alapú táp enzim-kiegészítése sem növelte a képződött összes illózsírsav szintjét, ami némiképp ellentmond a vakbél pH alakulásának.

6.táblázat A vakbél illózsírsav koncentrációja (μmol/g)

Gabona	Enzim- kiegészítés	Ecetsav	Propionsav	Vajsav	Valeriánsav	Összes illózsírsav
Kukorica	-	43,7	11,3	17,3a	1,95	76,7
	+	38,2	10,4	20,4a	2,26	74,3
Búza	-	45,0	8,9	36,1b	2,57	94,6
	+	53,4	6,3	22,2ab	1,27	84,3
Kukorica		40,9	10,8b	18,8a	2,10	75,5a
Búza		49,0	7,7a	29,5b	1,95	89,7b
Enzim	-	44,3	10,1	26,7	2,26	85,6
	+	45,4	8,5	21,2	1,79	79,0
p-értékek						
Gabona		0,052	0,010	0,015	0,65	0,048
Enzim		0,75	0,15	0,21	0,19	0,37
Gabona x Enzim		0,094	0,49	0,046	0,031	0,57

Az illózsírsavak között az ecetsav dominált minden kezelésnél. Mennyisége búza alapú tápok esetében nagyobb volt, de a különbség nem volt szignifikáns. A kukorica alapon takarmányozott csoportok vakbelében a propionsav koncentráció szignifikánsan meghaladta a búzás tápokra vonatkozó értéket. Ezzel ellentétben szignifikáns különbséget mértünk a vajsav tekintetében. A vakbél vajsav koncentrációja búzás csoport esetében szignifikánsan magasabb volt, mint a búzás enzimes és a két kukoricás csoport eredménye. A búza alapú táp etetésekor kapott magasabb vakbélbeli illózsírsav koncentráció – hasonlóan a Coliform baktériumszám megemelkedéséhez – a vakbélbe jutó NSP többlettel hozható összefüggésbe.

Az éhbél illózsírsav tartalmának analizését is elvégeztük, de ebben az esetben az illózsírsav koncentrációk a mérési határértékek alatt maradtak. Bár az éhbél illózsírsav tartalma kukorica alapú tápok esetében töredéke a vakbélben mérhető koncentrációknak, az idevonatkozó szakirodalmak enzim-kiegészítés nélkül adott búza alapú tápok hatására jelentősen megemelkedő illózsírsav koncentrációkról számolnak be (Choct és mtsai., 1999; Silva és Smithard, 2002), melyek a mi módszerünkkel is mérhetőek lettek volna. Ebből arra

következtetünk, hogy az enzim-kiegészítés nélkül adott búza alapú táp nem növelte meg jelentős mértékben az éhbélben a baktériumszámot, ami összefüggésben állhat a kísérletünkben használt búza relatív alacsony arabinoxilán-tartalmával.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Az irodalmi adatoknak megfelelően saját kísérletünkkel is sikerült bizonyítani, hogy a különböző gabonataralmú és NSP-bontó enzimet tartalmazó tápok szignifikáns hatással vannak, mind a bél morfológiára, mind pedig a broilercsirkék bél mikroflórájára. A korábban publikált eredményektől eltérően azonban nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést az éhbél felületét meghatározó bélbolyhok méretében. A bélmorfológiát illetően a legfontosabb változás a búzas tápok enzim-kiegészítésének hatására megnőtt kripta méret volt, ami a bélhámsejtek nagyobb arányú proliferációjára és nagyobb nyálkaanyag termelésre enged következtetni.

Eredményeink megerősítik azokat a korábbi kutatási eredményeket, melyek szerint a búza alapú tápok megnövelik a bél mikroba számát. Kísérletünkben a vakbélben döntően a Coliform mikrobák száma nőtt, a tejsavtermelők mennyisége nem változott. A vakbél pH viszonyainak változását jól jellemezte a vakbélben termelődő illó zsírsavak nagyobb koncentrációja.

A búza alapú táp etetésekor kapott magasabb vakbélbeli illózsírsav koncentráció – hasonlóan a Coliform baktériumszámok megemelkedésével – a vakbélbe jutó NSP többlettel hozható összefüggésbe. A Coliform baktériumszám megemelkedése összefüggésben állhat még a búza alapú tápok hatására megnövekedett kriptamélység és ennek következtében, az éhbélben megnövekedett nyáktermeléssel is.

Bár az éhbél illózsírsav tartalma kukorica alapú tápok esetében töredéke a vakbélben mérhető koncentrációknak, az idevonatkozó szakirodalom (Choct és mtsai., 1996) az enzim-kiegészítés nélkül adott búza alapú tápok hatására jelentősen megemelkedő illózsírsav koncentrációkról számol be, mely szoros összefüggésben állt az ileális keményítő emészthetőség romlásával. A mi esetünkben az enzim-kiegészítés nélkül adott búza alapú táp nem növelte meg jelentős mértékben az éhbélbeli bakteriális fermentációt.

A búza alapú táp esetében az enzim-kiegészítés hatására a viszkozitás-érték csökkenését vártuk volna (Shakouri és mtsai., 2009; Molnár és mtsai., 2012), ami azonban csupán tendenciájában jelentkezett, nem volt szignifikáns. Szakirodalmi adatok arról számolnak be, hogy búza alapú táp etetésekor az csípőbél viszkozitás-értékek körülbelül 3 és 20 mPa.s

között váltakoznak (Choct és mtsai., 2004; Liu és mtsai., 2007; Murphy és mtsai., 2009; Shakouri és mtsai., 2009; Morález-López és mtsai., 2010). Hasonlóan a szakirodalmi adatokhoz egy korábbi búzaetetéses kísérletünkben a viszkozitás-értékek 5 és 8mPa.s között alakultak (Molnár és mtsai., 2012). A mi esetünkben tapasztalt 3,04 mPa.s-os érték a fenti skálában a lehető legalacsonyabb értéket jelenti, ami az enzim-kiegészítés viszkozitás-csökkentő hatásának elmaradását is magyarázza. Emellett az alacsony viszkozitás-érték részben magyarázatot ad a búza alapú táp negatív hatásainak elmaradására is.

Az csípőbél viszkozitás-értékek nagyban függhetnek az etetett búzafajtától (Szűcsné és mtsai., 1999). Mivel a búza, emésztésre kifejtett negatív hatásai nagyban a béltartalom viszkozitásának megemelkedéséből és annak következményeiből adódnak (Lange és mtsai., 2000), így logikusnak tűnhet, hogy az alacsonyabb vízzoldható arabinoxilán és ebből adódóan viszkozitás-értékekkel elmaradhatnak az emésztésre kifejtett kedvezőtlen hatások, amit a mi eredményeink is alátámasztanak. Mindamellelt Maissonner és mtsai. (2001) egy kísérletükben arra a következtetésre jutottak, hogy a búza alapú táp fehérje és zsír emészthetőség csökkentő hatása nemcsak a béltartalom viszkozitás-érték megemelkedésével állhat összefüggésben.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban, a világ jelentős részén a baromfitakarmányok fő gabonanövénye a kukorica. A helyi klimatikus adottságoktól függően a kukorica mellett megjelenik a búza is, mint a kukoricát kisebb-nagyobb részben kiváltó összetevő. A búza létjogosultsága a globális felmelegedés következtében is nőhet, az egyre szárazabb klimatikus viszonyok előtérbe helyezhetik a búza termesztését a kukoricával szemben. Mindkét gabonaféle, mint energiaforrás kerül be a baromfitakarmányokba, viszont beltartalmi szempontból néhány tekintetben különböznek egymástól. A búza gazdagabb a vízben oldható nem-keményítő szénhidrát (NSP) tartalomban, mely vegyületek megnövelik a bél viszkozitását, antinutritív hatásúak és befolyásolják a bél mikroflórát.

Kísérletünkben arra kerestük a választ, hogy kukorica, búza alapú tápok specifikus enzim-kiegészítéssel és enzim-kiegészítéssel nélkül milyen hatást gyakorolnak a brojlercsirkék bélmorfológiájára és a vakbél mikroflórájára.

Kísérletünket 160 db ROSS 308-as típusú brojlercsirke felhasználásával végeztük. Az állatokat 4 különböző takarmányozási csoportba osztottuk, mely csoportokat kukorica-, búza alapú, és ezek enzimmal kiegészített változataival takarmányoztuk. Az állatokat mélyalmos tartástechnológián helyeztük el, ad libitum takarmányoztuk őket. A különböző összetételű tápok és enzim-kiegészítések hatásainak megismerése érdekében a béltartalom viszkozitásának, pH-jának, az illózsírsav szekréciónak, a vakbél Coliform és Lactobacillus baktérium szám mérésére és a bél morfológia meghatározására került sor. Az enzim-kiegészítés nélkül adott búza alapú táp megnövelte az éhbél-tartalom viszkozitását a kontroll kukoricás táphoz hasonlítva. A búza alapú tápok szignifikánsan megnövelték a vakbélbeli illózsírsav-koncentrációt és Coliform baktériumszámot a kukorica alapú tápokhoz hasonlítva. A Lactobacillusok tekintetében sem a gabonaféle, sem az enzim-kiegészítés nem eredményezett szignifikáns különbségeket. A vakbélbeli pH értékeket az enzim-kiegészítést tartalmazó búza alapú tápok szignifikáns mértékben lecsökkentették.

Eredményeinkből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a búza-tartalmú tápok etetése a mag oldható arabinoxilán-tartalmától függően nem csak a jól ismert emésztési folyamatokat befolyásolja, hanem kihat a madarak bélmorfológiájára és a vakbélben zajló mikrobiológiai folyamatokra is.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. Antal J. (szerk.) (2005) - Növénytermesztéstan 1-2, Mezőgazda kiadó, Budapest
2. Bárdos L., Husvéth F., Kovács M. (szerk.) (2007) - Gazdasági állatok anatómiájának és élettanának alapjai, Mezőgazda kiadó, Budapest
3. Barnes, E. M. (1979) - The intestinal microflora of poultry and game birds during life and after storage. *J Appl Bacteriol* 46:407 – 419.
4. Barnes, E.M., Mead G.C., Barnum, D.A., Harry, E.G., (1972) - The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. *Brit Poult Sci* 13:311 – 326.
5. Bedford, M.R., Apajalahti, J. (2001) - Microbial interactions in response to exogenous enzyme utilisation. In Bedford, M.R., Partridge, G.G. (Eds.) *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI Publishing, pp. 299-314.
6. Choct, M., Kocher, A., Waters, D.L., Pettersson, D., Ross, G. (2004) - A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *Br J Nutr.* Jul;92(1): 53-61.
7. Choct, M., Hughes, R.J., Bedford, M.R. (1999) - Effects of xylanase and individual bird variation, starch digestion, throughout the intestine and ileal and caecal volatile fatty acid production in chickens fed wheat. *Br. Poultry Sci.* 40. 419-422.
8. Coloe, P.J., Bagust, T.J., Ireland, I. (1984) - Development of the normal gastrointestinal microflora of specific pathogen-free chickens. *J Hygiene* 92:79 – 87.
9. Cook, S.I., Sellin, J.H. (1998) - Review article: short chain fatty acids in health and disease. *Aliment Pharmacol Ther* 12: 499-507
10. Ferket, P. R. (2011) - Nutritional-disease interactions regarding gut health in chickens. *Proceedings of the 18th European Symposium on Poultry Nutrition-Izmir, Turkey*, p.: 180-193
11. Floch, M.H., Hong-Curtiss, J. (2002) - Probiotics and functional foods in gastrointestinal disorders. *Curr Trends Options Gastroenterol* 5: 311-321
12. Hübener, K., W., Vahjen and O., Simon (2002) - Bacterial Responses to Different Dietary Cereal Types and Xylanase Supplementation in the Intestine of Broiler Chicken, *Archiv für Tierernährung*, 56:3, 167-187,
13. Jackson A.A. (1983) - Amino acids: essential and non-essential? *Lancet* 1: 1034-1037.
14. Jozefiak, D., Rutkowski, A., Jensen, B.B., Engberg, R.M. (2007) - Effects of dietary inclusion of triticale, rye and wheat and xylanase supplementation on growth

- performance of broiler chickens and fermentation in the gastrointestinal tract. *Animal Feed Science and technology*. 132. 79-93.
15. Knudsen, K.E.B. (1997) Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 67: 319-338.
 16. Lange, C. F. M. (2000) - Characterisation of the non-starch polysaccharides. In: *Feed evaluation, principles and practice*. Ed.: Moughan, P. J., Verstegen, N. W., A., Visser-Reyneveld, M. I., Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 77-92. p.
 17. Lazaro, R., Garcia, M., Medel, P., Mateos, G.G. (2003) Influence of enzymes on performance and digestive parameters of broilers fed rye-based diets. *Poultry Sci.* 82. 132-140.
 18. Liu, J.R., Lai, S.F., Yu, B. (2007) - Evaluation of an intestinal *Lactobacillus reuteri* strain expressing rumen fungal xylanase as a probiotic for broiler chickens fed on a wheat-based diet. *Br Poult Sci.* Aug;48(4):507-14.
 19. Macfarlane, S., Macfarlane, G.T. (2003) - Regulation of short-chain fatty acid production. *Proc Nutr Soc* 62: 67-72
 20. Maisonnier, S., J. Gomez and B. Carré (2001) - Nutrient digestibility and intestinal viscosities in broiler chickens fed on wheat diets, as compared to maize diets with added guar gum *British Poultry Science* 42: 102–110
 21. Matlouthi, N., Lalles, J.P., Lepercq, P., Juste, C., Larbier, M. (2002) - Xylanase and β -glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed rye-based diets. *Journal of Animal Science*. 80. 2773-2779.
 22. Miller, T.L., Wollin, M.J. (1979) Fermentations by saccharolytic intestine bacteria. *Amer J Clin Nutr.* 32: 164-172
 23. Molnár, A., Hess, C., Pál, L., Wágner, L., Awad, W., Husvéth, F., Hess, M. és Dublec, K. (2012) - A takarmány NSP-tartalmának *Campylobacter jejuni* elleni hatása brojlercsirkékben. A baromfitakarmányozás és a bélflóra egyensúlya című konferencián elhangzott előadás. Bécsi Állatorvos-tudományi Egyetem 2012.10.11.
 24. Morales-López, R., Auclair, E., Van Immerseel, F., Ducatelle, R., García, F., Brufau, J. (2010) - Effects of different yeast cell wall supplements added to maize- or wheat-based diets for broiler chickens. *British Poultry Science*. Jun; 51(3):399-408.
 25. Murphy, T.C., McCracken, J.K., McCann, M.E., George, J., Bedford, M.R. (2009) - Broiler performance and in vivo viscosity as influenced by a range of xylanases,

- varying in ability to effect wheat in vitro viscosity. *British Poultry Science*. Nov;50(6):716-24.
26. Nurmi, E., Ranata, M., (1973) - New aspects of Salmonella infection in broiler production. *Nature*. 241. 210-211.
 27. Rebole, A., Ortiz, LT., Rodriguez, ML., Alzueta, C., Trevino, J. and Velasco, S. (2010) - Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat- and barley-based diet. *Poult Sci* 89:276–286.
 28. Roberfroid, MB. (2005) - Introducing inulin-type fructane. *Brit J Nutr*. 93: S13-S25.
 29. Rodriguez, M. L., Rebole, A., Velasco, S., Ortiz, L. T., Trevino, J. and Alzueta, C. (2011) - Wheat- and barley-based diets with or without additives influence broiler chicken performance, nutrient digestibility and intestinal microflora. *Journal of the science of food and agriculture*. Jan 15;92(1):184-90
 30. Roy ,CC., Kien ,CL., Bouthilier, L., Levy, E. (2006) - Short-chain fatty acids: Ready for prime time? *Nutr Clin Pract* 21: 351-366
 31. Schmidt J. (szerk.) (2003) – A takarmányozás alapjai, Mezőgazda kiadó, Budapest
 32. Shakouri, M. D. et al. (2009) - Intestinal function and gut microflora of broiler chickens as influenced by cereal grains and microbial enzyme supplementation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 93, 647–658.
 33. Svihus, B., Gullord, M. (2002) - Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2. 71-92.
 34. Szűcsné, P., J., Rose, P., Csizmadia, M., Alder, D. (1999) - A búza viszkozitásának és takarmányértékének összefüggései. *Állattenyésztés és Takarmányozás* Vol. 48.5.
 35. Thomas, D.V., Ravindran, V., Thomas, D.G. (2005) - Performance, digestive tract measurements and gut morphology in broiler chickens fed diets containing maize, wheat and sorghum. *Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium* 17. 61-62.
 36. Vince, A., Killingley, M., Wrong, OM. (1978) - Effect of lactulose on ammonia production in the fecal incubation system. *Gastroenterology* 74: 544-549
 37. Yasar, S., Forbes, J.M. (1999) - Performance and gastrointestinal response of broiler chickens fed on cereal grain-based food soaked in water. *British Poultry Sci.* 40. 65-76.

