

DEBRECENI EGYETEM, AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR,
ÁLLATTENYÉSZTÉSTUDOMÁNYI INTÉZET

ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA
Doktori Iskola vezető: **Dr. KOVÁCS ANDRÁS**, MTA doktora

Témavezető:

Dr. Dr. h.c. GUNDEL JÁNOS

egyetemi magántanár

**AZ EXPANDÁLÁS HATÁSA A
PULYKAHIZLALÓ TAKARMÁNYOK GYÁRTÁSÁTÓL
FELHASZNÁLÁSÁIG**

Készítette:

ERDÉLYI ISTVÁN

doktorjelölt

Debrecen, 2007.

1. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

Az utóbbi másfél évtizedben, a táplálkozástudomány fejlődésének és a fogyasztók egészségügyi magatartásának kialakulása és megerősödése következtében, egyre fontosabbá válik az élelmiszerek, közöttük a húsok és húskészítmények, a tej és tejtermékek, a tojás táplálkozásbiológiai értékének (zsírtartalom, zsírsavösszetétel, koleszterintartalom, vitamin- és ásványianyag-tartalom, bioaktív anyagok, stb. mennyisége és aránya) az elismerése. Ezen túlmenően, vagyis a termék-előállítás oldaláról pedig, a fenntartható fejlődés környezet-, és állatvédelmi szempontjai, valamint a minőségi tudatosság fokozódása, a nemzeti tradíciók és az eredetvédelem előtérbe kerülése következtében, világszerte nagy figyelem fordul a (természetes, illetve az azt közelítő) tartásmódokra, takarmányozásra, mindösszesen megint csak az élelmiszerek minőségére. Bár gazdasági előrejelzések szerint, a világ fejlett régióiban, a húsfogyasztás nem fog számottevően bővülni a közeli jövőben, de a minőségi követelmények emelkednek és változnak, ezért a különleges igények kielégítését célzó készítmények további jelentős térnyerése várható.

A magyar táplálkozási szokások fontos része a rendszeres húsfogyasztás. A '70-es években elindított hústermelési programoknak köszönhetően, 1985-ig fokozatosan növekedett, vagy legalábbis szinten maradt a sertés- és marhahús-fogyasztás, majd az utóbbi mintegy húsz évben lényegesen lecsökkent. Ezzel a tendenciával ellentétében, a baromfihús-fogyasztás állandóan növekedett, de közben összetétele, a pulykahús javára, megváltozott (1. táblázat).

1. táblázat

A baromfihús-termelés és fogyasztás hazánkban (2002–2006) (BAROMFI TERMÉK TANÁCS, 2006)

Év	Termelés összesen	ebből pulyka	Fogyasztás összesen	ebből pulyka
	1000 tonna		kg/fő/év	
2002	640	127	35,1	7,0
2003	631	120	33,2	7,3
2004	606	143	32,3	7,3
2005	551	118	32,0	7,5
2006*	580	127	33,0	8,0

Megjegyzés: * becült érték

A 7,5 kg/fő/év körüli pulykahús fogyasztással, Magyarország az EU-n belül az első helyen (Németország és Franciaország ~6,5 kg, Olaszország ~5 kg, UK ~4,2 kg), a világban pedig a harmadik helyen áll. Az előállított pulykahús mintegy fele itthon kerül elfogyasztásra, a másik felének döntő hányadát az EU (Anglia, Németország, Ausztria, Olaszország) piacain értékesítjük. A brojler csirke termelési volumene csökkenő tendenciát mutat, a pulykatermelés mennyiségileg és részesedése tekintetében is folyamatosan növekedik (BAROMFI TERMÉK TANÁCS, 2006).

Állattenyésztésünk volumene és szerkezete, így baromfiszektorunké is, a rendszerváltást követően megváltozott. Közvetlenül, az oroszországi piacvesztést megelőző időszakban, hazánk baromfi-

hús termelése 580e tonna körül alakult. Ebből a brojler 400e tonna (70%), a liba, kacska 140e tonna (24%), és mindössze 40e tonna (6%) volt pulykahús termelésünk.

Az egész termelési folyamatban kiemelkedő szerep jut a takarmányozásnak, mint a termelési feltételek közül annak, amelyiknek legnagyobb hatása lehet a genetikailag rögzített képességek kihasználtságában, illetve azon belül, a termelési lánc bármely lépcsőfoka igényeinek kielégítésében.

Az élelmiszer előállítási láncban alapvető követelmény egyrészt a táplálóanyagok értékesülésének elősegítése, javítása, másrészt a termékek (így a takarmányok) higiénikus előállítása, aminek egyik módja a technológiába illesztett hőkezelés. Az utóbbi tíz évben mind többször vált szükségessé a takarmány alapanyagok *salmonella* mentesítése, és a táplálóanyagok emészthetőségének javítása a nagy teljesítményre képes gazdasági állatfajok részére. Ebben az időszakban megjelent újabb technológiai módosítás volt az expander beállítása a granulálást megelőző kondicionálás helyett, és ez széles körben népszerűvé vált.

A termikus/hidrotermikus eljárások kétségtelen előnyei ösztönző erejűek mind a takarmánygyártók, mind pedig az állatokat takarmányozó gazdák szempontjából. A granulálás energia ráfordításának csökkentése növelheti a takarmánygyártás eredményességét, feltételezve, hogy a beállított expander megfelelő méretű/teljesítményű. A jobb granulátum minőség és takarmányhigiénia, ami az állatok nagyobb teljesítményéhez és jobb egészségi állapotához vezet, az expander használatának elismerését jelenti, biztosítva a takarmányos szakemberek részére egy nagyobb alapanyag választékot a takarmánykeverékek összeállításához. Tény azonban, hogy a súlygyarapodás és/vagy a takarmányértékesülés javulásának részben fedeznie kell az expandálási technológia működtetési és beruházási többlet költségét.

Munkám célja, hogy a Gallicoop Pulykafeldolgozó Rt., Tamix Takarmánygyártó Üzemében (Szarvas), a technológiai sorba állított expander komplex (takarmánygyártási és takarmányozási) hatását megállapítsam.

Ez a technológia egy hidrotermikus eljárás. Egyes vélemények szerint a főzés bizonyos formáját valósítja meg. Az igazi főzés jelentős vízbevitellel történik, mely után ugyanazt a vizet költséges módon el kell távolítani. A hidrotermikus eljárás viszont felhasználja az anyag saját nedvességtartalmát (10–15%), melyhez csak kevés vizet adnak hozzá, azt is gőz formájában. Emellett a folyamatot fizikai hatás (a nagy nyomás következtében keletkező súrlódási hő) kíséri, és az ilyen kombinált eljárás, végeredményben egy ipari méretű „főzést” valósít meg – gazdaságosan. Az expandálási technológia a jobb mikrobiológiai minőség mellett, „mellékhatásaival” további előnyöket biztosít: például a takarmányok táplálóanyagainak feltáródása következtében javul a takarmányértékesülés.

PEISKER (1998a) és REICHENBACH (2005) munkái nyomán, az expandálás előnyei a következők szerint foglalhatók össze:

- ❖ javuló takarmányérték és emészthetőség → jobb takarmányhasznosulás
- ❖ több zsír/olaj adagolás lehetősége → magasabb energiatartalom

- ❖ keményebb granulátum → jobb takarmányhasznosítás, kevesebb por, javuló egészségi állapot
- ❖ növekvő granulálási teljesítmény → jobb keverőüzemi hatékonyság
- ❖ kedvezőbb mikrobiológiai állapot
- ❖ és mind ezek következtében, jobb hatékonyságú, gazdaságosabb állattermék előállítás.

Az adalékanyagok, hozamfokozók használatának szigorodó szabályozása idején megnőtt azon eljárások jelentősége, melyek nem tartoznak a korlátozások körébe. Éppen ezért, feltétlenül meg kell vizsgálni mindazon tényezőket, amelyeknek a termelési paraméterekre hatásuk van. Ezek közé tartoznak a takarmánykeverékek gyártási technológiájában történő fejlesztések.

Ezeknek a technológiáknak kettős hatásuk van, az egyik a takarmánygyártásban, a másik az állattermék előállításában realizálható. Disszertációmban mindkét hatást vizsgálom, mégpedig úgy, hogy a keverőüzemben megállapítom az expandálás (és/vagy a granulálás) technikai paramétereit (takarmány gyártástechnológiai mérések), majd elvégzem ugyanazon takarmányok fizikai-, kémiai-, és mikrobiológiai analizisét, vizsgálom eltarthatóságukat, *post mortem* megállapítom a hőkezelt takarmányok hatását a béltartalom viszkozitására. Az elkészült takarmányokat egy pulykaanyagcsere és két pulykahizlalási kísérletben vizsgálom. A mérési és kísérleti eredmények felhasználásával, és egy nem teljes körű gazdaságossági modellszámításban értékelem a technológia hasznosságát, alkalmazásának várható előnyeit. Ezzel egy olyan vizsgálatsorozatot valósítok meg, amire a szakirodalomban nem találtam példát, vagyis ugyanazon takarmány útját követem a gyártástól a felhasználásig.

2. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

A takarmányok táplálóanyagainak jobb hasznosíthatósága érdekében különböző kezelési eljárások ismertek, amelyek részben a takarmányok fizikai állapotának megváltoztatásával járnak. Ilyenek többek között az őrlés, a hengerlés, a granulálás, a gőzölés, a pelyhesítés, a mikronizálás, a tószterezés, az extrudálás, az expandálás, stb.. A hőkezelések következménye a takarmányok egyes táplálóanyagainak átalakulása, a mikrobiológiai állapot javulása, valamint a hőérzékeny antinutritív anyagok (például a szójabab tripszin inhibitor) eliminálása. Jelentős hatás különbségekhez vezethet a száraz vagy nedves kezelési közeg is.

A hőkezeléssel azonban óvatosan kell bánni, ugyanis a kedvező hatásokon kívül, kedvezőtlen következményei is lehetnek, például akkor, ha a kezelésben közölt hőösszeget, a kezelés csúcshőmérsékletét és/vagy időtartamát figyelmen kívül hagyják. A következmény a takarmányban levő táplálóanyagok károsodása (például az aminosavak, vitaminok, hozzáadott enzimek hozzáférhetőségének/emészthetőségének csökkenése, a takarmány ízének romlása, stb.) lehet.

KOMKA (2006) teljes, és összefoglaló áttekintést ad a keveréktakarmány-gyártás berendezéseiről és technológiáiról. Az ebben foglaltak szerint, a keveréktakarmányok minősége jelentősen befolyásolja az állati-termék előállításának eredményességét. A minőséget meghatározó tényezők között szerepel a keverőüzemek műszaki színvonala, a technológiájuk korszerűsége. A keverőüzemek fejlesztésének alapvető szempontjait a következők szerint adja meg:

- az alapanyag megfelelő tárolás feltételeinek megteremtése,
- a felhasználásra kerülő alapanyagok fokozott kontrollálása mikrobiológiai és kémiai szempontból,
- a takarmánykeverő gépek működésének ellenőrzése, rendszeres karbantartása,
- a granulálási technológiák alkalmazása, korszerűsítése,
- a technológiák flexibilitása, bővíthetősége,
- a folyadék bedolgozásának lehetősége,
- a hőkezelési eljárások alkalmazásának bővítése,
- az adott állat fajához, fajtájához és korához igazodó legoptimálisabb fizikai jellemzőjű fizikai keverékek gyártási lehetőségének biztosítása,
- munkaegészségügyi és környezetvédelmi szempontok biztosítása,
- számítógépes nyilvántartás az üzemirányítás készletgazdálkodás területén
- fokozott gyártásközi minőségellenőrzés

A takarmányipar célja a felhasználók által igényelt garantálható, biztonságos termékminőség kielégítése, amelynek csak egy része a homogenitás és a jó pelletminőség biztosítása, valamint a mik-

robiológiai szennyezettség csökkentése (szalmonellával szennyezett takarmány forgalomba hozatala nem történhet meg). Mindezen tényezők előtérbe helyezték a hőkezelési technológiák fejlesztését.

Ugyancsak KOMKA (2006) szerint, a '90-es évek közepétől, a nagyobb teljesítményű takarmánykeverő üzemek fejlesztésekor, már alkalmazták az expandálást és a higiénizálást. A keveréktakarmány mikrobiológiai állapotának javítását a higiénizálás biztosította, míg a jobb tápanyag/takarmányértékesülést és a pellet fizikai minőségének javulását az expandálással érték el.

A hőkezelést befolyásoló tényezők között szerepel a kezelendő (keverék) takarmány összetétele, nedvességtartalma, szemcsemérete, valamint a hőkezelés hőmérséklete és a hőn tartási idő hossza.

A KAHL-cégtől kapott információk alapján az expandálás lényegében szintén *egy magas hőmérsékletű rövid idejű* kondicionáló módszer (angol rövidítéssel HTST=High Temperature Short Time). Egy viszonylag új módszer dercés takarmányok kondicionálására. Ezek a gépek, az ún. *annular gap (gyűrű formában réselt) expander*. A gép hasonló az egy csigás extruderhez, ami vastag falu keverőcsőből, egy szegmensekre osztott erős csigából és gőzcsatlakoztatókból áll. Napjainkban jellemző, hogy az expander közvetlenül a granuláló gép elé szerelik be. Az expander kondicionálójában történik meg a folyadék (pl. zsír) és gőz bekeverése.

Az expander, néhány a takarmánygyártók által hangoztatott előnye és hátránya (FAIRFIELD, 1994):

- fokozatosan javuló pelletminőség, egyidejűleg megnövekedő termelési kapacitással,
- lehetőség nagyobb mennyiségű (akár 15–20 %) folyékony anyag (pl. melasz, vagy zsír) bedolgozására a granulálás előtt,
- nagy gabona hányadot tartalmazó takarmányok keményítő tartalmának jobb hidrolizációja,
- a nem kívánatos vagy ártalmas csírák, baktériumok vagy gombák számának csökkentése vagy teljes eliminálása, köszönhetően a magas hőmérsékletnek és nagy nyomásnak,
- az expander technológia kezdeti beruházási igénye nagy,
- a más szempontból előnyös magas hőmérséklet és nagy nyomás limitálhatja a takarmány hőérzékeny anyagainak (vitaminok, gyógyhatású anyagok, stb.) hasznosulását.

Az expandálási (puffasztás, robbantás) eljárást régebben az jellemezte, hogy a gabona magvakat zárt térben gőzzel közvetlenül (nedves) vagy közvetve (a gőzt a fűtőköpenybe vezetve, száraz) hevítették, majd a berendezés hirtelen megnyitása után, a nyomáskülönbség hatására, a magvak térfo gatuk többszörösére duzzadtak. Az újabb technológia abban különbözik a régitől, hogy a szakaszos működését folyamatosá tették.

Az Annular Gap Expanderrel, a pelletálás előtt, rövid ideig tartó magas hőmérsékletű előkezelés történik (BECKMANN-TOUSSAINT és METTMAN, 1990). Felépítését tekintve az extrudertől

csak kimeneti nyílásában különbözik. Az expandálási technológia nagyobb gyártókapacitást tesz lehetővé, fajlagosan csökkenő energiafelhasználás mellett. A jobb pellet minőség, több folyadék adagolásának a lehetősége, a jobb mikrobiológiai állapot és a növekvő gyártókapacitás mellett, további előnyei közé tartozik, az állatok nagyobb teljesítménye az így készült takarmányokkal, egy nagyobb flexibilitás a recepturák összeállításakor, noha a pelletálás nem minden állatfaj részére szükséges.

Az említett szerzőktől, fontos információkat tudhatunk meg az expander fejlődéséről és működéséről. Leírásuk szerint, az expander fejlesztését, a keveréktakarmány-gyártásban folyamatosan növekvő teljesítmény és pellet minőség iránti igény indukálta. Ez a technológia feleslegessé teszi a kötőanyagokat és a kétszeres pelletálást. Az expanderből kijövő anyag azonnali pelletálása jelentősen csökkenti a művelet energiaigényét, az időarányos teljesítménynövekedésnek köszönhetően. Az expander és extruder fő részei gyakorlatilag megegyeznek, a különbség csupán a fejegységben van, ami az előbbiben egy kúp, az utóbbiban pedig egy matrica. A kúpot egy hidraulikusan működtethető munkahenger, szabályozható mértékben nyomja az anyagárammal szemben. Minél nagyobb a nyomás, annál nagyobb lesz az expandátum hőmérséklete és fordítva. A kúpot elhagyó takarmányra ható nyomás azonnal atmoszférikusra esik vissza. A kondicionálás során hozzáadott víz jelentős része gőz formájában spontán távozik, 90 °C alá hűtve az anyagot. Az expanderben található kúp nyomása széles tartományban variálható (0–100 bar) és ezzel együtt a takarmány hőmérséklete is. Az expander hasznos munkahossza 1900–3000 mm, a fő motor energiaigénye 45–250 kW/h, az óránkénti teljesítmény 3–30 t/h között változik.

Az expandert egy ún. strukturáló követi, ahonnan a morzsázott expandátum, a technológiának megfelelően, közvetlenül (a pelletálót kikerülve), vagy a pelletálót követően jut a hűtőbe. A hűtés után a pellet morzsázható. Igény esetén, egy Rotospray segítségével lehet utólagosan (hőérzékeny) enzimet vagy egyéb folyadékot (pl.: zsírt, probiotikumot) a végtermékre adagolni.

Az expandálás, a pelletálás előtti kondicionálás lépéseként felfogva, a technológia jövedelmezőségét azáltal javítja, hogy megkönnyítve a granuláló berendezés munkáját, csökkenti annak áramfelvételét (ezzel részben tudja kompenzálni az expanderezés többlet áramfelhasználását). Ezen kívül a higiéniai státuszt is javítja (PEISKER, 1993).

Több szerző, az előzőek kiegészítéseként közli, hogy az előnyök és hátrányok tudományos értékelésére még szükség van. Ezek a munkák már korábban elkezdődtek, és még napjainkban is tartanak, mert különösen pulyka-takarmányokra és pulykahízlalásra vonatkozó adatok alig találhatók. Kivételt ez alól MELANDRI (1998a,b), valamint PIPA és FRANK, (1989) munkái jelentenek, akik pulykákkal (is) végezték kísérleteiket.

Összefoglalva a szakirodalomban található információkat, azok rendkívül széleskörűek, de hiányoznak azok a kísérletek, amelyekben a szerzők a keverőüzemi technológia részleteit és ugyanazon takarmány biológiai vizsgálatait végezték volna el. A jellemző kísérleti elrendezésben vagy csak a gyártást végezték el és nem tudnak a felhasználás eredményeiről, vagy beállítottak egy állatetelési kísérletet, amiben kész tényként fogadták el a különböző hőkezelés megtörténtét.

3. A KUTATÁS MÓDSZEREI

A kísérleti takarmányok legyártására, majd az állatkísérletekre, a Gallicoop Zrt. integrációjában működő üzemekben került sor.

A takarmányokat a Gallicoop Zrt. Tamix Takarmánykeverő Üzemében (Szarvas) állították elő, ahol a kondicionálás után a takarmányokat előbb expandáltatják, majd ezután granulálják.

Az expandálás+granulálásban résztvevő gépek és berendezések:

1. Előtartály(3m³)
2. Frekvenciaváltóval módosítható fordulatszámú adagoló csiga
3. 1D-550 kondicionáló csiga (Eco-processzor), benne 28 db keverőlapát + gőz illetve olaj/zsíradagoló). A takarmány 72–80 °C-ra melegszik fel, nedvességtartalma 17–18% lesz.

4. OE.23. Expander: az expander kondicionálójából, a 72–80 °C-os és 17–18% nedvességtartalmú anyag az expanderbe kerül. Az expander, erősen leegyszerűsítve, egy vastag falú nyomásálló acélsőből (melyből törőelemek állnak ki) és a benne forgó egytengelyes, szegmensekre osztott csigából áll. Ebbe, megfelelő elrendezésben, különböző helyeken programozott gőzadagolás történik. A törőelemek és a gőzfúvókák együttesen fékezik a tápkeverék haladását, miáltal erős nyíróhatás éri az anyagot, a keverék felmelegszik és a kimenet irányában nyomás jön létre. Az expander végét egy súlyozott kimeneti gyűrű alkotja, amelyet kúpos kiképzésű torpedó (dugattyú) zár. A torpedó és a gyűrű közötti (a nyomás hatására létrejövő) körkörös résen áramlik ki a termék. A torpedó tengelyirányú mozgatását egy hidraulikus munkahenger végzi, lehetővé téve az expander belsejében kialakuló nyomás (ami hatással van az anyag hőmérsékletére) igen érzékeny és pillanatszerű szabályozását. A berendezésben a nyomást 0 és 100 bar között lehet változtatni, a maximális hőmérséklet 120 °C lehet. Az expanderben az anyag kb. 5 mp-ig tartózkodik, de ezen belül, az említett nyomás és hőmérséklet csak egy pillanatnyi ideig áll fenn. A kimenetnél a tápban lévő víz nagy része, a hirtelen nyomásesés hatására, azonnal elpárolog, minek következtében az expandátum további szárítást nem igényel.

5. OE23/30 Strukturáló hengerek: Ez a két, egymással szembeforgó henger, az expanderből kilépő, különböző méretű és alakú, 90–95 °C hőmérsékletű expandátumot, granulálásra alkalmas állapotúra formázza.

6. Gránit 90 granuláló gép: A gépnek gyűrűsmatricája és három présgörgője van. A strukturálóból lehulló expandátum (80–85 °C), egy csiga segítségével kerül a présgéphez, majd a matricából kihulló — 65/70 °C hőmérsékletű — anyag, egy ellenáramú hűtőbe kerül.

7. Geelen VKRS 19X19 granulátum hűtő

8. RS 700 Rotospray: különböző folyadékok felvitelére alkalmas, utolsó lépésként.

Technológiai paraméterek és felvételezésük:

Expanderezés+granulálás: kondicionáló bemenő és kimeneti hőmérséklet (°C), expander teljesítmény (t/h), áramfelvétel (A), kúphőmérséklet (°C), kúpnomás (bar), granuláló teljesítmény (t/h), áramfelvétel (A).

Granulálás: kondicionáló bemenő és kimeneti hőmérséklet (°C), granuláló teljesítmény (t/h), áramfelvétel (A).

A paramétereket az anyagcsere kísérlethez, illetve a hizlalási I. és II. kísérlet takarmányainak gyártásakor vettem fel.

Granulátum szilárdságának mérése

Egy Kahl-féle granulátum keménységmérő műszerrel, az első kísérlet 2.–8. fázisának takarmányaiból kivett 40-40 granulátum keménységét állapítottam meg.

Kísérleti elrendezés:

Mindhárom állatkísérlet kezelései elsősorban a hőkezelés módját jelentik. Az anyagcsere kísérletben, pulyka indító II. tápot expandálva, granulálva, illetve expandálva+granulálva etettünk.

2. táblázat

A kísérleti kezelések

	Anyagcsere kísérlet*	1. kísérlet**		2. kísérlet***
		Kukoricás	Búzás	
Expandált	X			
Granulált	X	Ø	Ø	X
Exp.+gran.	X	Ø	Ø	X

* pulyka indító II.; ** 8 fázis (indító I.-II.-III., nevelő I.-II.-III., befejező I.-II.);

*** 3 fázis (nevelő III. befejező I. és II.); Ø : enzim nélkül; X: +enzimmel

Az első hizlalási kísérletben etetett takarmányokat (8 fázis) közel azonos táplálóanyag-tartalommal, kétféle keményítő bázisra épülve (kukorica, ill. búza) expandáltuk és granuláltuk, ill. csak granuláltuk (számottevő eltérés a nyerszsírtartalomban volt).

A második hizlalási kísérletben a hizlaló takarmányokat (nevelő III., befejező I., befejező II. fázis) a Gallicoop szokványos nagyüzemi tápsorai jelentették, melyek hőkezelési módja szintén expandálás+granulálás, ill. granulálás, volt. Az állatkísérletekben hőkezeletlen takarmányt nem tudunk etetni, egyrészt az eltérő formula miatt, másrészt a szükséges mennyiségű olajat a kezeletlen takarmánnyal nem lehet felvetetni. Ezért hiányzik valamennyi kísérletből a hőkezelés nélküli, a negatív kontroll-kezelés.

Az anyagcsere kísérlet takarmánya (indító II.) a premixbe keverve tartalmazott enzimkeveréket, míg a hizlalási II. kísérlet takarmányaira (3. fázis), a kész pelletre, a Rotospray segítségével vitték fel a folyékony enzimkeveréket. A hizlalási I. kísérlet takarmányai, enzim bekeverés híján, a (fizikai) keményítőtöbbség mértékének vizsgálatára adtak lehetőséget.

Az anyagcsere kísérlet takarmányait visszadaráltuk, hogy azonos legyen a szemcseméretük, hiszen e nélkül, az expandált takarmány amorf formájú részecskékből állt volna. A két hizlalási kísérlet takarmányai pellet formájában kerültek etetésre.

Laboratóriumi vizsgálati módszerek: a hőkezelés hatását a takarmányok kémiai (vizsgálatok az ÁTK-ban) és mikrobiológiai (vizsgálatok az OMMI-ban) változásán keresztül is vizsgáltuk.

A takarmányok ún. Weendei analízise: A hizlalási I. kísérlet nyolc fázisa takarmányainak kémiai analízisét, összesen 48 mintából (2x3x8, „kukoricás” és „búzas”; kezeletlen, expandált+granulált, granulált), míg a hizlalási II. kísérlet 6 mintájából (3x2, expandált+granulált és granulált) végeztük el.

A takarmányok szárazanyag-tartalmát a MSz 6830/3:1993, nyersfehérje-tartalmát a MSz 6830/4:1981, nyerszsírtartalmát a MSz 6830-6:1984, nyersrosttartalmát a MSz EN ISO 6865:2001, nyershamutartalmát MSz EN ISO 6865:2001, bruttó energiatartalmát, pedig MSz EN ISO 9831:2004 kalorimetriás módszerrel állapítottuk meg.

Az anyagcsere vizsgálat keretében végzett, a fent említett vizsgálatokon kívül a takarmány- és bélsármintákból a keményítőtartalom a MSz 683/18-1998 szabvány szerint került meghatározásra. A bélsárminták húgsavtartalmát KRISTEN és POPPE (1966) foszforwolfrámsavas módszerével, ammóniatartalmát, pedig NH₃-érzékeny elektróddal (Radelkis OP 242-2) határoztuk meg.

Vízaktivitás mérés: ez egy viszonylag új és nagyon gyors módszer a takarmánykeverékek mikrobiológiai stabilitásának előrejelzésére. Közvetlenül a gyártás után vett mintákból, állapítottuk meg, a hizlalási I. kísérletben etetett keverékek vízaktivitását.

Mikrobiológiai vizsgálatok: A takarmányok mikrobiológiai állapotának vizsgálata kettős célt szolgált. Az egyik a különböző módon kezelt takarmányok eltarthatósága, a másik veszélytelenségük biztosítása az állatok részére („élelmiszer és takarmánybiztonság”).

Az aerob mezophil baktérium flórát (baktériumflóra összesen, összcsíraszám) MSz EN ISO 4833:2003, az össz penészszámot a MSz ISO 7954:1999, az Enterobacteriaceae sp.-t a MSz ISO 7402:1999, valamint a Salmonella meghatározását a MSz EN ISO 6579:2002 vizsgálati módszerrel végezték. Mikrobiológiai vizsgálatokat végeztek a 3 fázis takarmányát alkotó főbb komponensekből (12 minta) is. A felsorolt vizsgálati módszerek alkalmazására, továbbá az eredmények elbírálására, a 45/2001. (VI.25.) FVM rendelet mellékletében, illetve a 43/2003 (IV.26.) FVM rendelet 20.sz. mellékletében) foglaltak alapján került sor.

A gyártási technológia hatását a friss minták mikrobiológiai állapotára, az indító I., a nevelő II. és a befejező I. fázis mintáiból mértük, hőkezelés nélküli, granulált és expandált+granulált állapotban (kukorica és búza alapú takarmányból) összesen 18 minta vizsgálatával.

Az indító I. fázis takarmányait (kukorica és búza alapú, hőkezelés nélkül, granulált és expandált+granulált) összesen (2x3x3) 18 takarmányt vizsgáltunk a baktériumflóra, a penészszám, a salmonella és az enterobaktérium meghatározásával.

Savszám, peroxidszám mérése: meghatározását a Magyar Takarmány Törvényben előírt, 2004-III-7. sz. vizsgálati módszerrel végeztük el, a hizlalási I. kísérlet takarmányaiból (48 minta), közvetlenül a gyártás után, illetve 30, majd 60 nap elteltével.

Aminosav vizsgálatok: a teljes aminosav-tartalom meghatározása „Az aminosavak ioncserélő kromatográfiás meghatározása” c. 44/2003 FVM rendelet 10. mell. 7. fejezetében leírtak szerint történt, az indító I., nevelő I. és befejező I. takarmányok különböző kezeléseiből (2x3).

Hasznosítható lizintartalom meghatározása: az állati szervezetben kémiai szempontból potenciálisan felhasználható lizint (az epszilon helyzetben levő aminocsoportja szabad), az MSZ 6830/32-82 szerint állapítottuk meg.

Fehérje- és N-oldhatóság mérése: A fehérje denaturáció mértékének meghatározása érdekében állapítottuk meg a fehérje és a N vízdoldhatóságát és határoztuk meg a fehérje (PDI) és a N oldhatósági indexet (NSI). A meghatározás AOAC módszereit (S BA10-65 és S BA11-65), HEGEDÜS és mtsai (1981) ismertetik könyvükben.

Emészthető nyersfehérje-tartalom in vitro mérése: A takarmányok emészthető nyersfehérje-tartalmát az MSZ 6830-5:1987 módszer alapján végeztük.

A takarmány keményítőtartalmának α -amiláz hozzáférhetősége: a takarmány keményítőtartalmának potenciális (bakteriális eredetű) α -amiláz-os hozzáférhetőségének megállapításával, a hőkezelések ilyen jellegű hatását kívántam megállapítani. Ehhez a méréshez, az ÁTK mikrobiológiai laboratóriumában, részvételemmel fejlesztettünk ki egy új módszert (MÁTRAI és mtsai, 2007, megjelenés alatt). Az eljárás lényege, hogy a kezeletlen minták főzésével megállapítjuk a benne található keményítő maximális (bakteriális eredetű) α -amiláz hozzáférhetőségét, és ehhez hasonlítjuk a különbözőképpen hőkezelt minták keményítőtartalmának potenciális hozzáférhetőségét. A méréseket az I. hizlalási kísérletben etetett 48 takarmány mintából végeztük el.

Takarmányviszkózítás: a hőkezelés hatását (a hőkezelési technológiáknak megfelelően vizesített) takarmányok viszkózítására (aminek alapvető összefüggése van a keményítő zselatinizálódásának mértékével) egy Rapid Visco Analyser RVA4-SA készülékkel, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Biokémiai és Élelmiszertechnológiai Tanszékén állapították meg. A módszer részletes leírását JUHÁSZ és SALGÓ (2006) közleménye tartalmazza. Két alkalommal vizsgáltunk mintákat, az első méréskor az önmagában hőkezelt (kezeletlen, expandált, granulált, expandált+granulált) kukorica- és búzadara (mint a kísérleti abrakkeverékek gabonabázisa) vizsgálata történt, a második méréskor pedig, a hizlalási I. kísérletből származó (indító II.), kukorica-, ill. búzaalapú abrakkeverékre (kezeletlen, granulált, expandált+granulált) került sor.

A vékonybél-tartalom viszkózításának mérése: a mérés módszere gyakorlatilag megegyezik a takarmányok esetében alkalmazottal, a különbség a minta előkészítésében van. Ehhez figyelembe vettük a WIESEMAN (1990), valamint SZŰCSNÉ és mtsai (1999) közleményeiben található ajánlásokat. A mérés, az első hizlalási kísérlet nevelő II. fázisának (11. hetes pulykák, $n=2 \times 2 \times 6$) végén történt vágáskor gyűjtött vékonybelekből, a laboratóriumban kivett mintákból történt. A minták, megfelelő előkészítés után kerültek a viscosimeterbe, ahol a mérés a korábbiakban leírtak szerint történt.

Állatkísérleti módszerek:

Az anyagcsere kísérlet módszere: a kísérletet a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Karának kísérleti telepén állítottuk be, két európai referencia módszer ajánlásainak figyelembevételével (BOURDILLON és mtsai, 1990ab). A kísérletbe 28. napos, a Gallicoop Zrt. előnevelő telepéről származó, 1230 ± 240 g testsúlyú bak pulykák (B.U.T. BIG 6) kerültek, $3 \times (2 \times 8)$

elrendezésben (a 3 kezelés: granulált, expandált és expandált+granulált; kezelésként – egyedileg elhelyezett – 8 állattal, két ismétlésben) beállítva. A hőkezelt takarmányokat visszadarálva, morzsázott formában etettük. A számításokhoz (emésztési együtthatók, N retenció), VINCZE (1999) módszerét használtuk.

Az I. hizlalási kísérlet módszere: 2x2 tényezős elrendezés, 12 ismétlés, ismétlésként 6 madár. Tényezők: a gyártástechnológia (granulált, illetve expandált+granulált), és a recept típusa (gabonaforrás: kukorica, illetve búza). A kísérletet 2006. májusában, a Gallicoop Zrt. integrációjába tartozó Habar Kft. III. számú pulyka előnevelő telepén állítottuk be, Converter hibrid (Hybrid Ltd., Kanada) bak pulykával, ahol az előnevelés kísérleti fázisa 17–52. nap között történt, még pedig úgy, hogy az üzemszerűen működő istállóba, 48 (1 m² alapterületű, 100 cm elválasztófal magasságú) ketrecet (kezelésként 12, 6 madár/ketrec) állítottunk fel.

Az 52. napos korban, a madarakat és a ketreceket átszállítottuk a Goldfood Kft. újkígyósi Örökföld Pulykahizlaló telepére, ahol a hizlalás befejeződött (az 52. és 135. nap között, de 2 m²/6 madár alapterülettel). A pulykákat a kísérlet beindításakor, a végén, valamint takarmányváltáskor, összesen 11 alkalommal egyedenként lemértük. A takarmányfelvételt ketrecenként és takarmányváltásonként rögzítettük. A levágott állatok vágóhídi minősítésre kerültek.

A II. hizlalási kísérlet módszere: 2 kezelés, kezelésként 12 ismétléssel, ismétlésként 5 előnevelt madárral (Converter hibrid, Hybrid Ltd., Kanada). A kísérleti tényező: a gyártástechnológia (granulált, illetve expandált+granulált). Enzim kiegészítés (Kemzym W. Liquid) a technológiai sor végén, Rotospray-vel történt. A kísérletet 2006. októberében, ugyancsak a Goldfood Kft. újkígyósi Örökföld Pulykahizlaló telepén állítottuk be, az előzővel azonos tartási körülmények között, de csak az utolsó hizlalási szakaszban (84. életnaptól 126. napos korig). Hét alkalommal történt súlymérés. A takarmányfelvételt szintén ketrecenként és takarmányváltásonként rögzítettük. A levágott állatok vágóhídi minősítésre kerültek.

Biometriai és ökonómiai számítások: a biometriai számításokat (alapstatisztika, varianciaanalízis, T próba) az SPSS program segítségével végeztem el. A nem teljes körű ökonómiai számításokban leíró statisztikát alkalmaztam, hozzá az alapadatokat a Gallicoop Pulykafeldolgozó Zrt. (5540 Szarvas, Ipartelep 531/1) könyvelési-, controlling-, valamint a termeltetési osztálya, illetve takarmánykeverő üzeme bocsátotta a rendelkezésemre.

4. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

A disszertációmban bemutatott kísérletek alapvető célja a takarmányok (esetemben példaként a pulykatakarmányok) expandálással és granulálással, illetve csak granulálással történő kezelésének vizsgálata volt. Ezeknek a technológiáknak kettős hatásuk van, az egyik a takarmánygyártás, a másik az állattermék előállításában realizálható. Disszertációmban mindkét hatást vizsgáltam. A keverőüzemben takarmány gyártástechnológiai méréseket végeztem, majd megállapítottam a különböző takarmányok fizikai-, kémiai-, és mikrobiológiai jellemzőit és eltarthatóságukat. Az elkészült takarmányokat egy pulykaanyagcsere és két pulykahizlalási kísérletben teszteltem. A mérési és kísérleti eredmények felhasználásával, és egy nem teljes körű gazdaságossági modellszámításban becsültem a technológia hasznosságát, alkalmazásának várható előnyeit.

A takarmány gyártástechnológia fontos, viszonylag új eleme az expandálás, és viszonylag régi eleme a granulálás. Jóllehet mindkét elemről vannak ismereteink (ezekről bővebb áttekintést adtak GUNDEL, 2003; KOMKA, 2006; és mások), azonban alig van (PEISKER, 1998b, MELANDRI, 1998a,b), sőt talán nincs is olyan, amelyik a gyártási körülményeket és a biológiai felhasználhatóságot minden szempontból együttesen elemezné, tartalmazná, vagyis ugyanazt a takarmányt vizsgálná gyártás közben, a tárolás alatt, majd pulykaetetési kísérletben.

Kísérleteimben 12 recept alapján, pulykák részére összeállított takarmány gyártásáról gyűjtöttem adatokat. Ezekből kitűnik, hogy rendkívül gyorsan lejátszódó folyamatokról van szó, hiszen a kondicionálóban a tartózkodási idő 10 másodperc, az expanderben 5, és a granulálóban is csak 5 másodperc. Itt továbbá az expandálóból való kilépéskor bekövetkező nyomáskülönbség hatására létrejövő szét"robbanás"-kor, történnek meg azok a folyamatok, melyek hatására megváltozik a takarmányok bizonyos anyagainak átstrukturálódása, kedvező vagy kedvezőtlen változása. Üzemi tapasztalat, hogy a takarmányok, összetételüktől függően (például gabonaféleségeik szerint), különbözőképpen viselkednek. Konkrét mérésekkel ezt az üzemi tapasztalatot csak részben tudtam megerősíteni, mert a kezelések (kondicionálás, granulálás, illetve expandálás majd granulálás), mért értékeiben nem alakult ki jelentősnek nevezhető különbség, mind a hőmérsékletek, mind a tartózkodási idők gyakorlatilag megegyeznek. Ez érthető is, mert a termelést vezérlő számítógép ezeket szabályozza. Lényeges ezen belül, és az üzem gazdasági hatékonysága miatt döntőnek tekinthető különbség, hogy az expandálás+granulálás fajlagos áramfelvétele csaknem háromszorosa a granulálásénak. Azonban, az expandálást követő granulálás fajlagos áramfelvétele 16–22%-kal kevesebb, mint a csak granulálásnak. Ezzel együtt jár a granuláló gép 1,5–2 t/órás teljesítmény növekedése (bizonyos mértékig a gyártott takarmány összetételétől függően). Az üzem mérnökeinek véleménye szerint, ez a teljesítménynövekedés, összüzemi szinten, messze meghaladón kompenzálja az expandálással járó többlet áramfelvételt és annak költségeit. Ezek a megállapítások részben egyeznek, részben különböznek a szakirodalomban található véleményekkel (pl. FAIRFIELD, 1994; LUCHT, 1998a; és mások).

Az elért csúcshőmérsékleteken kívül, megpróbáltam megállapítani a közölt hőösszegeket, mert annak szintén hatása van a változásokra. Konkrét hőközlés (gőzadagolás) csak a kondicionálóban és az expanderben van. A mért adatok alapján történt számítások szerint, amennyiben a technológia szerint, a granulálást megelőzi az expandálás, akkor mintegy 30%-kal több hő közlése történik a kezelt anyaggal. Ez magyarázata lehet a keményítő csirizedés különbségeinek, de többek között, ennek a vizsgálata is további kutatásokat igényelne, annál is inkább, mert erre vonatkozó adatot a szakirodalomban nem találtam.

A technológia végén megjelenő granulátumok fizikai tulajdonságai, nevezetesen keménysége, morzsolódási hajlama is változik a keletkező hőhatásra bekövetkező módosulások függvényében. Ebben az esetben, mindenekelőtt a keményítő csirizedésének mértéke eredményez eltérő hatékonyságú ragasztó hatást, és ebben hasonló eredményre jutottam, mint FAIRFIELD, 1994; KOMKA, 2002; és BENCSIK, 2004. Gyártásközi méréseim viszont azt mutatják, hogy a takarmány zsírtartalmának van elsődlegesen meghatározó szerepe ebből a szempontból. Összességében azt tudtam megállapítani, hogy nagy összes zsírtartalom esetén is, az előbb expandált takarmányból készült granulátum mintegy 7–11%-kal keményebb, mint a kondicionálás után közvetlenül készült pellet. A pellet keménységgel foglalkozó szakirodalom döntően csak a zselatinizálódásra való képességgel és a hozzáadott ragasztóanyagokkal (melasz) foglalkozik (PAYNE és mtsai, 1994; POEL, 1989; KOMKA, 2006), és csak megemlítik, hogy a nagy zsírtartalmú takarmányból készült granulátumok puhábbak lesznek.

A takarmányok szabványos, ún. Weende-i analízise, amint az várható volt, nem mutatott semmiféle változást a kezelésekre hatása.

Vizsgáltam az ún. étrendi rosttartalom változását, de a szakirodalomban alig találni erre vonatkozó adatokat. CLASSNEN és BEDFORD (1991) szerint a hőkezeléseknek van hatása, ami SUNDBERG és mtsai (1995) véleménye alapján, valószínűleg annak köszönhető, hogy a gabonák saját enzimeinek aktivitása mérséklődik, ami a rost lebonthatóságát gátolja. A kapott adatok arányainak tendenciáiban, nincs különbség a kezeletlen, valamint a kezelt (granulált, illetve expandált és granulált) mintákat tekintve. Amennyiben SUNDBERG és mtsai (1995) feltételezést elfogadjuk, akkor érthető, hogy a hőkezelés hatására miért növekszik a TDF, valamint vele együtt, a korábban kialakult arányokat megtartva, az oldható rost mennyisége. Nehezebben értelmezhető a hemicellulóz-tartalom hőhatásra növekvő értéke. A jelenségek tisztázására, mindenképpen további vizsgálatok szükségesek.

Miután a különböző hőkezeléseknek közismert hatása van a takarmányban levő fehérjék-re/fehérje frakciókra, ezért azokat külön is vizsgáltam.

A nyersfehérje-tartalom emészthetőségét *in vivo* és *in vitro* egyaránt meghatároztam, a kezelésekközött egyik esetben sem alakult ki különbség. Ez az eredmény megegyezik a MELANDRI (1998a) által közöltekkel, és talán azzal magyarázható, hogy a nyersfehérje (Nx6,25) nem eléggé pontos megközelítése a problémának, ehhez fehérje oldhatósági és aminosav vizsgálatok szükségesek. Jelentős eltérés van a kétféle módon meghatározott emésztési együttható mértékében, ami azzal magyarázható, hogy az *in vitro* módszer általános célokat szolgál, és nem baromfi (pulyka) specifikus.

A kezelt takarmány minta össz-fehérje-, illetve -nitrogéntartalmából a vizes oldatban maradó fehérje, illetve nitrogén arányát mutatja a fehérje-, illetve a N oldhatósági index (Protein Dispersibility Index, PDI, illetve Nitrogen Solubility Index, NSI). A szakirodalom szerint, a HTST kezelések hatására ez az index csökkenhet, ami a nagy keményítő módosulás miatt bekövetkező *inklúzió* (bezárás) eredménye (minél nagyobb az eredeti fehérjetartalom pl.: hüvelyesek esetén, annál nagyobb). Az első kísérletben etetett takarmányokból származó 48 minta vizsgálata megerősíti azt a szakirodalomban található véleményt (PEISKER, 1992, GINSTE és DeSCHRIJVER, 1998), ami szerint, a hőközlés növekedésével, a PDI, ill. az NSI csökken. Bár a csökkenés többnyire szignifikáns, még sem tekinthető jelentősnek, mert ahhoz az értékeknek meg kellene haladnia a 20 relatív %-ot (HEGEDÜS és mtsai, 1981), ami a PDI esetében 9,5, ill. 19,2%, valamint az NSI esetében 17,0, ill. 18,2% (kukorica, ill. búza alapú keverékek). Megjegyezhető különbség a kukorica és búza alapú keverékek között az utóbbiak magasabb értékei, ami arra enged következtetni, hogy ebben az esetben, a kukoricás keverékek hőkárosodása nagyobb (ez többek között egyik oka lehet annak, hogy az etetési kísérletekben, a búzás keveréket fogyasztók értek el nagyobb teljesítményeket).

A különböző kezelt minták aminosav-tartalmában nem állapítható meg lényeges eltérés, és ez várható is volt. Viszont ez a véleményem nem egyezik MELANDRI-éval (1998a), aki az általam talátnál kisebb különbségeket is a kezeléseknél hatásaként értékel.

A takarmányok hőkezelésének egy negatív hatása lehet, az ún. Maillard-reakció révén, egyes aminosavaknak az állati szervezet részére felhasználhatatlanná válása. A lizin hozzáférhetőségét, az ún. festékmegkötő módszerrel határoztuk meg, és miután a hőkezelések nem értek el szélsőséges értékeket, nem találtunk lényeges változásokat a kezeléseknél hatására. Ez megfelel a MELANDRI (1998a) által közölteknek, aki szerint az aminosavak hőkárosodása csak akkor jön létre, ha a hőmérséklet meghaladja a 130 °C-ot.

A keményítőt a szervezet saját enzimek képesek bontani, míg az NSP-t nem. A (Weendei) nyersrost analízisben, az NSP részben a nyersrost frakcióban, részben a N m.k.a. frakcióban jelentkezik, aminek oka a különböző NSP-k eltérő oldhatósága. Az összes NSP-tartalmon kívül, az NSP vízoldható hányada is mérvadó, mivel az NSP elsősorban a nagy viszkozitás kialakításával hat az emésztőtraktusra. A takarmánygyártásban alkalmazott hőkezelések, (pl. pelletálás) befolyásolják az NSP-k mennyiségét, oldhatóságát, és viszkozitását (CLASSNEN és BEDFORD, 1991), továbbá SUNDBERG és mtsai (1995) feltételezik, hogy a hőkezelés hatására a gabonában található endogén enzimek aktivitása csökken, ami a rost lebonthatóságát gátolja, és a béltartalom viszkozitását növeli. Kísérletben, a hizlalási I. kísérletből származó 11. hetes pulykák *post mortem* bélviszkozitásának megállapítására volt lehetőségem. Azt találtam, hogy az értékek a búza alapú takarmányban, illetve az expandált+granulált kezelésben voltak nagyobbak. Az értékek összehasonlítására a szakirodalomban nem találtam adatot. Amit tudni lehet, hogy a kukorica általában nem növeli a bélviszkozitást (OROSZ és mtsai, 2006), a búza pedig növeli (JEROCH és mtsai, 1993; CHOCT és mtsai, 1996; DUSEL és mtsai, 1997).

A takarmányok keményítőtartalmának többféle tulajdonságát vizsgáltuk. Egy, a munka során kifejlesztett módszerrel, a keményítő α -amilázos hozzáférhetőségét határoztuk meg. A mérés hipotézise az volt, hogy a hőkezelés hatására elkezdődik a keményítő szemcsék lebomlása, és ez, a legfontosabb, a szervezetben működő keményítóbontó enzim, az α -amiláz számára kedvező feltételeket biztosít. Előbb kezeletlen mintából meghatároztuk a potenciálisan 100%-os hozzáférhetőséget, majd ehhez az értékhez viszonyítottuk a különböző mintákból meghatározott értékeket. Megállapítottuk, a granulálás, illetve az expandálás+granulálás szignifikánsan növeli a hozzáférhetőséget, de talán a vártnál kisebb mértékben. A kezeletlen minták, eredeti, mintegy 11%-os hozzáférhetősége, a búzas mintákban 17, 4, ill. 21,6 %-ra, a kukoricásokban 22,6, ill. 26,8%-ra emelkedett. Ennek mértéke az előbbi esetben 51, ill. 87%-os, az utóbbiban pedig, 107, ill. 146%-os. A bemutatott értékek, az állatok szempontjából fontos, de nem biztos, hogy realizálható, jelentős változások. Igazolja ezt, hogy a pulyka anyagcsere kísérletben, a keményítő látszólagos emészthetőségében (ami egyébként is igen jó volt), szignifikáns mértékű javulás csak az expandálás+granulálás hatására volt elérhető.

Ugyancsak a keményítő lebontottságát lehet jellemezni a kezelt takarmányokból készített szuszpenzió viszkozitásának mérésével. Az ún. RVA görbék lefutása, ami az értékelés alapja, a mintákban található keményítőben levő amilóz/amilopektin arány, továbbá a keményítőszemcsék mennyisége és hozzáférhetősége függvényében változik. A kukorica és a búza minták eltérően reagáltak a hőkezelésekre, ami feltehetően keményítőjük különbözőségének következménye. A kukorica minta csúcviszkozitási értéke az expandálás hatására kis mértékben emelkedett, csak a granulálás hatására csökkent, míg a kettős kezelésre lényegesen emelkedett. A búza minták esetében teljesen egyértelmű tendencia látható, valamennyi mért adat alapján legnagyobb viszkozitása a expandált+granulált mintának van, ezt követi a csak granulált, a csak expandált, és a kezeletlen minta. Az abszolút értékek és azok különbségei is ebben az esetben nagyobbak, mint a kukoricában, ami arra utal, hogy a búza keményítő nagyobb csirizedésével (zselatinizálódásával) számolhatunk, mint a kukorica esetében, ami megerősíti az üzemben szerzett empirikus tapasztalatokat.

A keverékek viszkozitását, a keményítő lebontottságán kívül, azok zsirtartalma, és más összetevői is erősen befolyásolhatták. Éppen ezért, bár a tendenciák azonosak, a viszkozitás értékek lényegesen kisebbek. Az ilyen, vagyis takarmánykeverék minták viszkozitás vizsgálatában nincs, vagy alig van tapasztalat, ezért további biológiai, fizikai és keményítőkémiai vizsgálatra van e tárgykörben szükség.

A szakirodalom alapján ismert, hogy a különböző hőkezeléseknek jelentős szerepe van a takarmányok eltarthatóságában, mikrobiológiai stabilitásában, mikrobiológiai állapotának javításában. Kísérleteimben ezeket a hatásokat többféle módon kísértem figyelemmel.

Az első, tájékoztató jellegű vizsgálatban, a kezeletlen és kezelt minták vízkaktivitását állapítottam meg. Valamennyi mérés esetén olyan adatokat kaptam, ami nem csak a takarmányok jó minőségét, hanem azt is mutatta, hogy a mintával megegyező tétel mikrobiológiai romlásának is kicsi az esélye.

A hidrotermikus technológiák egyik célja, hogy a káros baktériumokat lehetőleg teljesen elpusztítsák. Ehhez bizonyos időre, hőmérsékletre, nedvességtartalomra, s nyomásra van szükség, és minden faktornak külön hatása is van. Az expandálási technológia végén egy hirtelen nyomáscsökkenés történik, mely során a belső nyomás, a kimeneti gyűrű előtti 40 bar-ról, a gyűrűt elhagyva, atmoszférikusra esik vissza. Ennek hatására a mikrobák permeábilis membránjai, valósággal szétrobbannak (PEISKER, 1994b; THOMAS és POEL, 2000). A tényleges mikrobiológiai vizsgálatok kétirányúak voltak. Az egyikben a friss minták (alapanyagok és hőkezelés után a keverékek) mikrobiológiai állapotát, a másikban ugyanezeket a mutatókat, az expandált+granulált, illetve csak granulált keverékek egy, illetve két hónapos (szobahőmérsékletű) tárolása után állapítottuk meg. Az első vizsgálattal csak megerősíteni tudtuk a vízáktívítási mérési eredményeket, az egy-két nagyobb penészsám a megengedett határértéken belül volt. A teljes keverékek vizsgálata szintén a jó minőséget igazolja, de úgy hogy a kukorica alapú takarmányok penészszáma, valamennyi mintában, mind az expandálás+granulálás, mind pedig a csak granulálás hatására egy nagyságrenddel csökkent. A búza alapú keverékekben ez a csökkenés csak az indító tápban volt megállapítható, mégpedig két nagyságrenddel.

A tárolási kísérlet egyértelműen bizonyította, hogy összhatásában a hőkezelés növeli a takarmányok eltarthatóságát, mikrobiológiai stabilitását. Amíg ugyanis a kezeletlen minták mikrobiológiai állapota (összcóra és penészszáma) romlott, addig a kezelt minták ugyanezen mutatói nem változtak, vagyis számítani lehet az expandált+granulált, vagy csak granulált takarmánytípusok jó eltarthatóságára.

A mikrobiológiai mérésekkel azonos időben (0., 30., és 60. nap) a takarmányok peroxid és savszámát is megállapítottuk, aminek rendkívüli jelentősége van ilyen nagy zsírtartalmú keverékek esetében. Az engedélyezett határértékekhez (savszám 50, peroxidszám 25) hasonlítva, valamennyi friss minta eredménye megfelelő, sőt a peroxidszám szempontjából, az 1. és 2. hónapos minták sem érik el a kritikus értéket. E mellett azonban megfigyelhető az a tendencia, hogy értékek a kezeletlen mintákban a legmagasabbak, majd a granuláltak következnek, és az expandált+granulált mintákban a legalacsonyabbak. A savszámok esetében (amelyből a szabad zsírsavak mennyiségére lehet következtetni) jelentős változások figyelhetők meg, a takarmányok olajtartalmának, illetve a technológiának betudhatóan. A kukorica alapú takarmányminták közül a kezeletlenek savszáma, a két hónapos tárolás végére elérte a kritikus értéket, míg a kezeltéké (granulált, expandált+granulált) nem. Nagy változás a búza alapú minták esetében figyelhető meg, ezekben ugyanis mintegy 10%-kal több nyerszsír van (részben bekevert, részben Rotospray-vel hozzáadott). A kezeletlen minta savszáma már egy hónap alatt, kétszeresére emelkedve, meghaladta a kritikus értéket, a második hónap végére pedig az érték az eredeti 276%-ára nőtt. A granulált mintában is viszonylag gyorsan emelkedett az érték, de csak a második hónap végére került 50 fölé (220%). Az 1., ill. 2. hónapos kezelt minták értékei szignifikánsan térnek el a kezeletlenekétől. A granulált+expandált minta, a tárolási kísérlet végén is nagyon jó értéket mutatott.

A jelenség, vagyis hogy a peroxidszám gyakorlatilag alig, a savszám pedig jelentősen emelkedik, azzal magyarázható, hogy a takarmányhoz hozzáadott olaj, a gyártása során alkalmazott kezelések miatt, valószínűleg labilissá vált. Ennek következtében az enzimatis hidrolizálási folyamatok önmagukban is beindultak (hőkezelés nélküli takarmányok), majd a granulálás, illetve az expandálás+granulálás az enzimeket károsítva, a hidrolízis mértékét csökkentette. Ugyancsak ezzel magyarázható a búzas takarmányokban kapott nagyobb érték is, mert azokhoz a takarmányokhoz több hőkezelést nem kapott (Rotospray-vel adagolt) zsír került. Meg kell jegyezni, hogy bár a savszám értékek több esetben jelentősen meghaladták a kritikus határértéket (azaz a törvényi előírások alapján forgalomba nem hozhatók), ez a takarmányok hasznosulását nagy valószínűséggel nem rontja, mert a madarak, a „savasabb” takarmányt jól kompenzálják.

Az *in vitro* méréseken kívül *in vivo* állatkísérletekben is vizsgáltam az expandálás+granulálás, illetve a csak granulálás hatásait.

A szakirodalomban nem találtam olyan beszámolót, amelyik az expandálás+granulálás, illetve a csak granulálás hatását egyidejűleg vizsgálta volna a takarmányok emészthetőségére és emészthető vagy metabolizálható energiatartalmára, pulykára vonatkozóan. Ez volt az oka annak, hogy egy pulykával beállított anyagcsere kísérletben megállapítottam, az indító II. elnevezésű keverék táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségét, és metabolizálható energiatartalmát. Háromféle takarmány került etetésre: expandált, granulált és expandált+granulált. A nyersfehérje emészthetőségében, hasonlóan az *in vitro* meghatározásokhoz, nem állapítható meg különbség, és ez megerősíti azt, hogy az alkalmazott kezelések, nem károsítják a takarmányfehérjéket. A nyerszsír emészthetőségében a csak expandálás vagy a csak granulálás hatására nem alakult ki különbség, az expandálás+granulálás viszont mindkettőnél szignifikánsan jobb emészthetőséget hozott. A keményítő emészthetőségében hasonló arányok és tendencia volt megállapítható. A vizsgált takarmány 0 nitrogén retencióra korrigált látszólagos metabolizálható energia (AMEn) tartalmában viszonylag kicsi, de mégis szignifikáns különbségek alakultak ki. A legkisebb érték a csak expandált takarmányra volt megállapítható, míg a legnagyobb az expandált+granuláltra. Az emészthetőségi vizsgálatok alapján az állapítható meg, hogy az expandálás+granulálás additív hatására a takarmány táplálóanyagainak emészthetősége és az AMEn értéke egyértelműen növekszik.

Granulált és expandált+granulált takarmányokkal két pulykahizlalási kísérletet állítottam be. Az elsőben, a pulykanevelés általános gyakorlata szerint, nyolcfázisú takarmányozás volt, mégpedig az előzetesen várható különbségek biztosabb realizálása érdekében egy kukorica és egy búza alapú keverék sorral. Valamennyi kísérleti kezelést jelentő takarmányt, 12 ismétlésben, 6-6 madár fogyasztotta ($n=2 \times 2 \times (12 \times 6)$ azaz 288), mégpedig 17. és 135. életnap között. A második kísérlet rövidebb ideig tartott, ebben az integrációban használatos utolsó három takarmányt (nevelő III., bejező I. és II.) csak granulálva, illetve expandálva és granulálva etettem ugyancsak 12 ismétlésben ($n=2 \times (12 \times 5)$ azaz 120), a 84. és a 126. életnap között.

Az első kísérletet, a 87–102. nap (nevelő III.) között, szisztematikus hibaként, egy hőség periódus zavarta meg, visszaesést okozva valamennyi vizsgált tényezőben, amit azonban a madarak, a későbbi napokban/hetekben kompenzáltak. A madarak súlygyarapodásában nem alakult ki szignifikáns eltérés egyik takarmányozási fázisban, és összességében sem. Az adatok szerint, ha kis mértékben is, de többnyire az expandált+granulált takarmányok eredményeztek nagyobb értékeket. A búzas nevelő II., III., és a befejező I., valamint a kukoricás befejező III. esetében, a csak granulált takarmányokat fogyasztók értek el jobb eredményt.

A madarak (és természetesen minden más faj) önkéntes takarmány felvétele fontos alapfeltétele a termelésnek. A kísérletben, valójában nehezen megmagyarázhatóan, ellentétes tendencia figyelhető meg a kukoricás, illetve a búzas takarmányt fogyasztók között, amennyiben az előbbi takarmányt fogyasztók az expandált+granuláltból ettek többet, az utóbbiak a csak granuláltból. Összességében a búzas takarmányokból nagyobb napi fejadag fogyott, mint kukoricásokból.

A fajlagos takarmány-felhasználás (az egy kg (vágáskori) élősúlyra jutó felhasznált takarmány mennyisége) tekintetében a kezelések közti különbségek nem túl nagyok, általában az expandált+granulált takarmányt fogyasztóké kedvezőbb, mint a csak granuláltat fogyasztóké. Ebben az esetben is látszik a hőség napok kedvezőtlen hatása, majd azt követő kompenzációs időszak.

A teljes hizlalás eredményeit összefoglalva, a legjobb mutatókat (jóllehet nem szignifikánsan) az expandált+granulált búza alapú takarmányt fogyasztó kezelés madarai mutatják: a legnagyobb záró súlyt, és napi átlagos súlygyarapodást érték el, és legjobb volt a takarmányértékesítésük is, mégpedig egy elég magas átlagos takarmány-felvételi szinten. A másik búzas kezelés súlygyarapodása szintén nagyon jó volt, de miután ebből a takarmányból ettek legtöbbit a madarak, a takarmányértékesítési mutató ebben a kezelésben volt a leggyengébb. A két kukorica alapú takarmányt fogyasztó kezelésből egyértelműen az expandált+granulált takarmányt fogyasztók minősíthetők jobbnak. Az értékes húsrészek (comb, mell) mennyisége minden kezelésben arányos volt a vágósúllyal, semmiféle, a takarmányozásnak betudható különbség nem alakult ki.

A második kísérletben szintén egymáshoz közel álló eredmények születtek, a különbségek azonban szignifikánsak. A súlygyarapodás különbségei ennek ellenére minimálisak, az induláskori súly eltérés gyakorlatilag a kísérlet alatt végig megmaradt. Egy életkor szakasz kivételével, valamennyi esetben $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns különbség (20–60 g/nap/madár) állapítható meg a két kezelés madarainak napi takarmány felvétele között, mégpedig a csak granulált takarmányt fogyasztók javára. A súlygyarapodás kis eltérései, és hogy az expandált+granulált takarmányból a madarak kevesebbet fogyasztottak, több életkori szakaszban, és összesítve is, azt eredményezte, hogy a fajlagos takarmányértékesítés tekintetében, $P \leq 0,05$ szinten, szignifikáns különbség van ennek a kezelésnek a hatására. Az értékes húsrészek mennyisége azonos volt a kezelésekből.

Összességében az állapítható meg, hogy elsősorban a kisebb takarmányfelvételnek köszönhető jobb takarmányértékesítés miatt, az expandált+granulált takarmány etetése látszik indokoltnak. A ta-

karmányfelvételen megállapítottak (csökkenés), mindkét kísérlet tapasztalatait figyelembe véve, további kísérleti munkát igényelnek.

Az etetési kísérletek eredménye alig különbözik a szakirodalomban találhatóktól, jóllehet pulykahizlalási kísérletről nem találtam beszámolót. A brojler csirkékkel (korábban JACKSON, 1994; újabban DOUGLAS és PARSONS, 2000; CAMPBELL és mtsai, 2006; és mások) valamint sertésekkel (O'DOHERTY és mtsai, 2001ab; REICHENBACH, 2005) beállított kísérletekben többnyire nem érték el jelentős eredményjavulásokat. Ennek ellenére az a szerzők véleménye, hogy az egyéb előnyök (gyártási könnyebbségek, mikrobiológiai állapot javulása) miatt mégis érdemes a takarmányokat, a monogasztrikus állatok részére előbb expandálni és utána granulálni.

Az elvégzett nem teljes körű gazdaságossági értékelések eredményei indokolják azt, hogy a teljes technológiai folyamatra (gyártás, pulykahizlalás) kiterjedő átfogó gazdaságossági elemzés készüljön. Oka, hogy a jelen esetben nem csak arról van szó, miszerint van egy gyártási technológia, és ennek bekerülési, valamint üzemeltetési költségei, hanem számtalan kölcsönhatás is létezik. Ezek pedig lehetnek fizikaiak, kémiaiak és/vagy biológiaiak. Kihatásuk lehet a közvetlen gyártási költségekre, az állatiternék előállításának költségeire, de mindösszesen a termelési integráció egészének gazdaságosságára. A költség elemek fontos része a fajlagos anyag-, illetve energia-felhasználás, amibe éppen úgy beletartozik a gépek és berendezések áramfogyasztása (amiről HERRMAN és LOUGHIN, 2003, kiemelten említést tesznek), mint az állatok takarmány transzformációs képessége/lehetősége.

A kísérletek valamennyi vizsgálatát tekintve az expandálás+granulálás technológiája eredményesebbnek tekinthető, mint a csak granulálás, mégpedig elsősorban a takarmánygyártási előnyök miatt. Ez kiterjed a fajlagos kapacitásnövekedésre, például a granuláló gépek 1,5–2 t/h teljesítmény növekedésével, egy műszakkal kevesebb is elég, a munkaszervezési előnyökre és az ezeknek köszönhető költség csökkenésre egyaránt. Mindezeket még meg is erősíti az állatok takarmányozásában elérhető termelési és költséghatékonyság-javulás (ami az integráció szintjén becsülve már százmillió forintos nagyságrendű).

5. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ EREDMÉNYEI

1. Az expandálás és granulálás hatására, a takarmányhoz adott zsír mennyiségétől függetlenül, a granulátum keménysége, törésvizsgálattal megállapítva, 7–11%-kal nő
2. A kettős hőkezelés hatására a PDI és az NSI csökkenése 20%-nál kisebb, ami még nem éri el a biológiai szempontból jelentősnek tartott 20 %-nál nagyobb értéket
3. Expandált+granulált takarmányt etetve, a 11. hetes pulykák bélviszkózitása, búza alapú takarmány etetve jobban, kukorica alapút etetve kevésbé, kismértékben emelkedik (alapadat, mert összehasonlító érték nem ismert)
4. Expandálás + granulálás hatására a kezelt takarmány keményítőjének α -amilázos hozzáférhetősége 21,6–26,8%-ra emelkedik a kezeletlen minta 11%-os értékével szemben (búza alapú keverék esetén ez 87-, kukoricás keverékben 146%-os emelkedés)
5. A búza minták viszkózitása nagyobb, mint a kukoricáé, és az expandált + granulált mintáké nagyobb, mint a csak expandált vagy csak granulált, illetve a kezeletlen mintáké
6. A keverékek viszkózitása hasonló tendenciát mutat, mint önmagukban a gabonáké, de mértéke kisebb, mert azt a keményítő csírizesedésén kívül más összetevők (zsír, összes NSP, stb.) is befolyásolják
7. Az expandálás+granulálás növeli a takarmányok eltarthatóságát, azaz, a mikrobiológiai és peroxid/savszám vizsgálatok alapján, biztonságosan lehet számítani az így kezelt takarmány tételek legalább kéthónapos tárolhatóságára, károsodás nélküli
8. A pulykákkal beállított emészthetőségi kísérlet alapján megállapítható, hogy a fehérje, a zsír- és a keményítő emészthetőségében, az expandálás+granulálás hatására megállapítható kismértékű javulás elegendő ahhoz, hogy az így kezelt takarmányok AMEn értéke (pulykában is) szignifikánsan növekedjék

6. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A (pulyka)takarmányok expandálása, majd ezt követően granulálása, legyen a takarmánygyártási technológia általánosan elterjedt része, mert csak ennek a technológiának a segítségével lehet elérni a megkívánt nagy energia- és fehérjekoncentrációjú higiénikus pulykatakarmányokat;
2. A kísérleti munkát célszerű lenne kiterjeszteni azokra a tényezőkre, amelyek a pulykákra vonatkozóan nem ismertek. Ezek, a különböző idejű, hőfokú és nyomású hőkezelések hatása
 - a takarmány-alapanyagok és keverékek fehérje/aminosav valamint keményítő-tartalmára;
 - a táplálóanyagok emészthetőségére;
 - a keményítő lebonthatóságára;
 - a takarmány viszkozitására;
 - a takarmány mikrobiológiai állapotára és eltarthatóságára;
 - a különböző korú és ivarú pulykák teljesítményére.
3. Mindenképpen célszerű lenne egy teljes körű, a gyártásra (ezen belül a beruházásra és működésre) valamint a felhasználásra egyaránt kiterjedő gazdaságossági értékelés elkészítése.

7. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Lektorált tudományos közlemények

Erdélyi I. – Pálffy T. (2005): Expanded and granulated fodder in pig breeding. „Sustainable agriculture across borders in Europe”, Debrecen – Oradea, 148-152 p.

Pálffy T. – **Erdélyi I.** (2005): The effects of different fat sources on broiler performance and fatty acid composition. „Sustainable agriculture across borders in Europe”, Debrecen – Oradea, 234-238p.

Erdélyi I. – Pálffy T. (2006): Hőkezelt takarmányok a pulykák takarmányozásában. „A jövő tudósai, a vidék jövője” doktoranduszok konferenciája, Állattenyésztési tudományok szekció, Debrecen, DE Agrártudományi Közlemények (megjelenés alatt)

Pálffy T. – **Erdélyi I.** (2006): Emelt alfa-linolénsav tartalmú tápok hatása a broilercsirke húsminőségére. „A jövő tudósai, a vidék jövője” doktoranduszok konferenciája, Állattenyésztési tudományok szekció, Debrecen, DE Agrártudományi Közlemények (megjelenés alatt)

Mátrai T. –Kókai Miklósné – Salamon Józsefné — Hermán Istvánné – **Erdélyi I.** (2007): Módszer a takarmányok keményítő tartalmának alfa-amilázos hozzáférhetőségének meghatározására, Állattenyésztés és Takarmányozás, 56.(közlésre elfogadva)

Erdélyi I. – Bársony P. – Pálffy T. – Hermán Istvánné – Gundel J. (2007): Pulykahizlalás expandált takarmánnyal, Állattenyésztés és Takarmányozás, 56.(közlésre elfogadva)

Erdélyi I. – Bársony P. – Pálffy T. – Mátrai Tibor – Kókai Miklósné – Salgó A. – Marthné, Schill Judit – Hermán Istvánné – Gundel J. (2007): Expandálás és granulálás hatása takarmányok táplálóértékére, Állattenyésztés és Takarmányozás, 56.(közlésre elfogadva)

Könyvrészlet

Pálffy T. – Hermán Istvánné - Lugasi Andrea – **Erdélyi I.** –Gundel J. (2007): A csirkehús zsírsavösszetételének hatása az oxidatív stabilitására, Debreceni Egyetem, 146-153p. (szerk: Jávor András, Tanyi János) ISBN 978-963-9732-14-8

Erdélyi I. – Bársony P. – Pálffy T. – Hermán Istvánné – Gundel J. (2007): Expandálás és granulálás hatása enzimmel kiegészített pulykatakarmányokra, Debreceni Egyetem, 161-167p. (szerk: Jávor András, Tanyi János) ISBN 978-963-9732-14-8

Előadások konferencián

Erdélyi I. (2005): Expandálás: A malactakarmányok hidrotermikus kezelésének új lehetősége, XI. Ifjúsági Tudományos Fórum, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, 2005. március 24., Keszthely

Erdélyi I. – Pálffy T. (2006): Hőkezelt takarmányok a pulykák takarmányozásában. „A jövő tudósai, a vidék jövője” doktoranduszok konferenciája, Állattenyésztési tudományok szekció 2006. november 23., Debrecen

Pálffy T. – **Erdélyi I.** (2006): Emelt alfa-linolénsav tartalmú tápok hatása a broilercsirke húsminőségére. „A jövő tudósai, a vidék jövője” doktoranduszok konferenciája, Állattenyésztési tudományok szekció, 2006. november 23., Debrecen

Egyéb tudományos közlemények

Erdélyi I. (2005): Expandálás: A malactakarmányok hidrotermikus kezelésének új lehetősége, XI. Ifjúsági Tudományos Fórum, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, 2005. március 24., Keszthely (Takarmányozási szekció, CD-n kiadott anyag)

Erdélyi I. – Pálfy T. – Hermán Istvánné – Gundel J. (2007): Hőkezelt és enzimes takarmányok a pulykák takarmányozásában, Takarmányozás, 10. évf.1. szám/2007, 4-7p.