

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.

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

*Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
az Állattenyésztési Tudományok tudományágában*

Írta: Erdélyi István

Készült a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolája keretében

A Doktori Iskola vezetője: Dr. Kovács András, MTA doktora

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. fokozat
Elnök:
Tagok:

A doktori szigorlat időpontja: 200..... hónap

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. Fokozat	Aláírás
.....
.....
.....

A bíráló bizottság:

	Név	Tud. Fokozat	Aláírás
Elnök:
Titkár:
Tagok:

Az értekezés védésének időpontja: 200.....

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	47
3.1. A takarmánygyártás technológiája.....	48
3.1.1. Az üzem, a technológiai folyamat és expandálás gépei.....	48
3.1.2. Technológiai paraméterek és felvételezésük	53
3.2. Kísérleti elrendezés.....	54
3.3. Laboratóriumi vizsgálati módszerek.....	59
3.3.1. A takarmányok ún. Weendei analízise	59
3.3.2. Vízáktívítás mérés.....	59
3.3.3. Mikrobiológiai vizsgálatok	60
3.3.4. Savszám, peroxidszám mérése	61
3.3.5. A takarmány fehérje elemzésére használt módszerek	61
3.4. Állatkísérleti módszerek	64
3.4.1. Az anyagcsere kísérlet módszere.....	64
3.4.2. Az I. hizlalási kísérlet módszere	65
3.4.3. A II. hizlalási kísérlet módszere	65
3.1.5. Biometriai és ökonómiai számítások	66
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEK	67
4.1. Az állatkísérletben etetett takarmányok gyártásának paraméterei.....	67
4.1.1. A takarmányok gyártása közben felvett technológiai paraméterek.....	67
4.1.2. A granulátumok keménysége.....	71
4.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	73
4.2.1. A kísérletekben etetett takarmányok kémiai összetétele	73
4.2.2. A takarmányok vízáktívítása	74
4.2.3. A takarmányok mikrobiológiai állapota	75
4.2.4. A takarmányok eltarthatósága peroxid és savszámuk alapján.....	77
4.2.5. A takarmányok vizsgálata a fehérjetartalmukkal kapcsolatosan	79
4.2.6. A takarmány keményítőtartalmának α -amiláz hozzáférhetősége	82
4.2.7. A takarmány és vékonybél-tartalom viszkozitása.....	84
4.3. Állatkísérletek.....	90
4.4. Gazdaságossági modellszámítások (nem teljes körű).....	101

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	106
6. ÖSSZEFOGLALÁS / SUMMARY.....	117
7. IRODALOMJEGYZÉK	121
8. MELLÉKLETEK.....	131
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	
NYILATKOZAT	

1. BEVEZETÉS

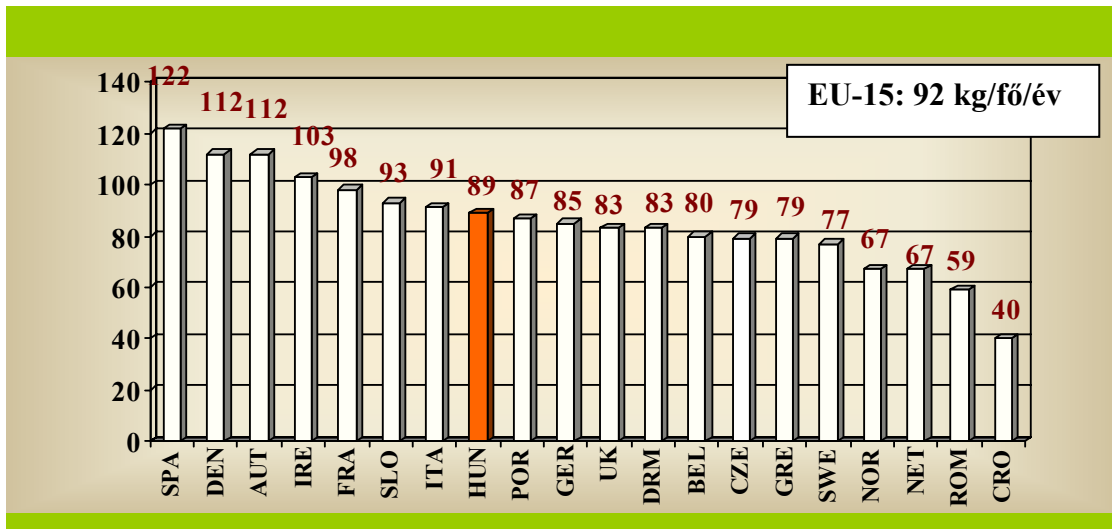
Az utóbbi másfél évtizedben, a táplálkozástudomány fejlődésének és a fogyasztók egészségtudatos magatartásának kialakulása és megerősödése következtében, egyre fontosabbá válik az élelmiszerek, közöttük a húsok és húskészítmények, a tej és tejtermékek, a tojás táplálkozásbiológiai értékének (zsírtartalom, 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. Az egész folyamatban kiemelkedő szerep jut a takarmányozásnak, mint a termelési feltételek közül annak, amelyiknek legnagyobb hatása lehet a genetikailag rögzített képességek kihasználhatóságában, illetve azon belül, a termelési lánc bármely lépcsőfoka igényeinek kielégítésében.

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. Az *1. ábrán* az európai országok összevont húsvásárlási adatait mutatom be a KSH által közölték alapján. Ebből kitűnik, hogy hazánk ebben a sorban, nagyjából az átlagos szintnek felel meg. Nyilvánvaló azonban, hogy a különböző országok között (például földrajzi elhelyezkedésük, vagy tradíciójuk miatt), a teljes mennyiség hasonlósága esetében is, lényeges eltérések lehetnek a vásárolt húsok összetételében.

1. ábra: Húsvásárlás néhány európai országban, kg/fő/év

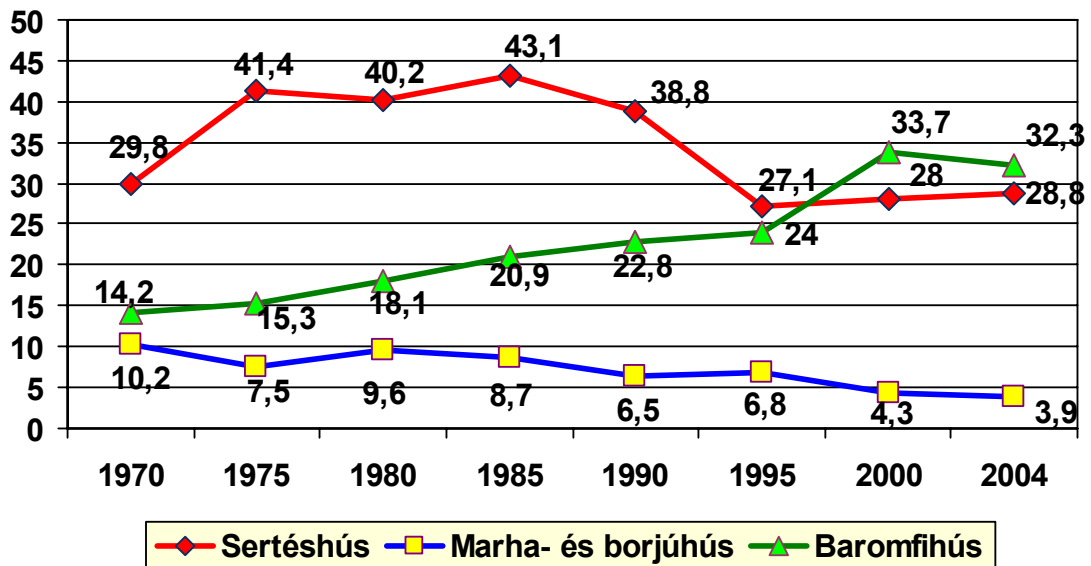
(KSH, Élelmiszermérlegek, 2004. Budapest, 2006; MARTOS, 2007 nyomán)



A 2. ábra a hazai húsfogyasztás összetételét mutatja be. Jól látszik a hazai tradíció, de az is, hogy az jelentősen átalakult az elmúlt két-három évtizedben.

2. ábra: Húsfogyasztás Magyarországon az elmúlt 35 évben (kg/fő/év)

(KSH: Élelmiszermérlegek 2004, Budapest, 2006; MARTOS, 2007 nyomán)



A '70-es években elindított hústermelési programoknak köszönhetően, 1985-ig fokozatosan növekedett, vagy legalábbis szinten maradt a sertés- és marhahúsfogyasztás, majd az utóbbi mintegy húsz évben lényegesen lecsökkent. Ezzel a tenden-

ciával ellentétében, a baromfihús-fogyasztás állandóan növekedett, de közben összetétele, a pulykahús javára, megváltozott.

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: * becslült 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 baromfihús 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.

A takarmányok hőkezelése, különböző célok érdekében, valószínűleg már több száz éves takarmány előkészítési gyakorlat. Így pl. régóta ismert a burgonya főzése, ami a keményítő feltárását, a konyhai moslék főzése, ami a sterilizálást, vagy az árpa pörkölése, ami például a malacok emésztését hivatott elősegíteni. Valójában a forrólevegős szárítás is egy formája lehet a hőkezelésnek, amennyiben helyes technológia esetén hőhatásról nem beszélhetünk, helytelen technológia esetén azonban, a túlzott kezelésből származó hátrányok (táplálóanyagok hőkárosodása, pl. a fehérjék denaturálódásának következtében az emészthetőség romlása, a részecskék különböző mértékű pörkölése/megégése következményeként az íz romlással járó kisebb takarmányfelvétel, stb.) egyértelműen csökkentik a termelési eredményeket.

A granulálásról, mint technológiáról 1911-ből, Angliából van hír, ahol Sizer Ltd. kezdett működtetni kereskedelmi céllal takarmány-granuláló berendezést. Ezekben elsősorban melasszal kevert takarmányokat készítettek. A technológia a 20'-as években kezdett elterjedni az USA-ban (SCHOEFF, 1994). A negyvenes-ötvenes években kezdett elterjedni hazánkban a takarmányok granulálása, amelynek sok előnyös hatása ismert: a válogatást kizárja, bizonyos fertőtlenítő hatása van, könnyebben kezelhető, gazdaságosabban tárolható/szállítható, mert nagyobb térfogatsúlyú, nem frakcionálódik a szállítás közben, többet vesz fel belőle az állat.

Az általános technológiai fejlődés tette lehetővé, hogy a hetvenes-nyolcvanas években megjelentek a takarmánygyártási technológiába beépített, különböző mértékben automatizált, hőkezelési eljárások. Magyarországon főleg az ún. Bocchi-féle berendezések (főzés gőzzel, majd lapkázás), és a különböző extrudálási módszerek terjedtek el, de volt néhány üzem, amelyik a mikronizálást, a nagyfrekvenciás besugárzást, illetve az expandálás „robbantásos” változatát alkalmazta. Jóllehet, a hőkezelésnek többféle célja lehet, így a keményítő-feltárás, a mikrobiológiai állapot javítása, kérődzők részére a fehérje bizonyos fokú denaturálása (*by pass* fehérje), mégis leggyakrabban az antinutritív anyagok hatásának csökkentésére használták. 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 a kondicionálás fejlesztéseként megjelent, a granulálás előkészítését szolgáló (de több célra is használható) expander.

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 takarmányhigiéna, 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.

Disszertációmban az expandálásnak, mint a takarmány-gyártás új technológiai elemének hatásait elemzem, a pulykát, illetve pulykatakarmányokat felhasználva ehhez.

Különböző fizikai, kémiai és biológiai (mikrobiológiai és állatkísérleti) módszereket használtam, és egy tájékozódó jellegű (nem teljes körű) gazdasági értékelésben kísérletem meg az eljárás használatának jogosságát igazolni.

A téma felvetése

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

Az üzemben kialakított expandálási technológia egy hidrotermikus eljárás. Egyes vélemények szerint tulajdonképpen a főzés bizonyos formájáról van szó. Az igazi főzés azonban magas 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 kell hozzáadni, gőz formájában. Emellett azonban 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 utóbbi évtizedben, újabb, „látványosabb és hangzatosabb” (többnyire drágább) hőkezelési eljárásokat is kidolgoztak, így néhányan hajlamosak a már több mint tízéves korra visszatekintő expandálást elavultnak titulálni és hatását lebecsülni. Az expandálás a fokozott mikrobiológiai biztonságra törekvő eljárások közül mindmáig magasan vezető helyet foglal el. 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 a jelentősége azon eljárásoknak, melyek nem tartoznak a korlátozások körébe. Éppen ezért, miközben folyamatosan kutatják a hozamok növelésének gazdaságosan alkalmazható lehetőségeit, feltétlenül meg kell vizsgálni mindazon tényezőket, amelyeknek a termelési paraméterekre hatásuk van. Ezek közé tartoznak a takarmánykeverékek gyártási technológiájában történő fejlesztések.

A kilencvenes évek elejétől a takarmányipar fokozott mértékben vezetett be intézkedéseket a salmonella- (és más mikrobiológiai) fertőzés veszélyének csökkentésére. Ennek egyik hatékony lehetősége a technológiába illesztett hőkezelési eljárás, melyek közül Európában előbb az extrudálás, újabban, pedig az expandálás terjedt el, de e célra sok más módszer is ismeretes.

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 analízisét, 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 vizsgálat sorozatot valósítok meg, amire a szakirodalomban nem találtam példát, vagyis ugyanazon takarmány útját követem a gyártástól a felhasználásig.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

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. Ide sorolható még a pelyhesítés (lapkázás) is, mellyel az előzőleg hőkezelt takarmányt két henger között engedik át, ami így ellapulva, a hőkezelés hatására zselatinizálódott keményítő szerkezetét irreverzibilisen rögzíti.

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 be rendezéseiről 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 mikrobiológiai 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 hőkezelési technológiák hazai alkalmazása a '80-as évekre tehető. Az akkor használatos eljárások néhány jellemző mutatóját, valamint a takarmány-előkészítési módszerek hatásait, a táplálóanyagok hozzáférhetősége, és a minőségi faktorok szempontjából, a 2. táblázatban ismertetem (GUNDEL, 2003).

Ha eltekintünk a kísérleti jelleggel kipróbált mikronizálástól és pörköléstől, akkor az üzemi gyakorlatban is alkalmazott pelyhesítés („Bocchi”-technológia) és az extrudálás jelentette a hőkezelési eljárások hazai elterjedésének a kezdetét. Az új technológiákat elsősorban a teljes olajtartalmú szója és a keveréktakarmányok alapkomponensül szolgáló szemestermények (kukorica, búza, árpa) hőkezelésére alkalmazták. Szója esetében az antinutritív anyagok (tripszin inhibitor, ureáz aktivitás) eliminálása volt a cél, de a szemesterményekben más jellegű minőségi változást is eredményezett, azaz jobb tápanyag-értékesülést (keményítő feltáródás) és a mikrobiológiai fertőzöttség erőteljes mérséklését. A technológiákat 0,5–2,5 t/h üzemi teljesítmény és 300–900 MJ/t fajlagos energiafelhasználás jellemezte.

A takarmány-előkészítési módszerek néhány jellemző mutatója és hatása (GUNDEL, 2003)

Kezelés	Nedvesség	Hőmérséklet	Nyomás	Időtartam	A kezelés hatása			
					a hozzáférhetőségre		a minőségrontó faktorokra	
					keményítő	fehérje	mikrobiológiai állapot	antinutritív faktorok
Szárítás	eredeti	magas/alacsony	atm.	rövid/hosszú	++	+	+	+
Darálás	eredeti	változó	különböző	különböző	+	*	—	*
Hengerlés	eredeti	normál	nagy	nagyon rövid	+	*	*	*
Granulálás	eredeti/gőz	magas/alacsony	atm.	rövid	+	+	+++	*+
Főzés	eredeti/+gőz	100 °C	atm.	5–25 perc	+++	++	+++	++
Gőzölés	nagy (+gőz)	100 °C	atm.	3–10 perc	+++	++	+++	++
Pelyhesítés	nagy (+gőz)	120 °C	atm.	1–6 perc	+++	++	+++	++
Mikronizálás	közepes	150 °C	atm.	30–60 sec	+++	++	+++	++
Nagyfrekvenciás ¹	közepes	100–120 °C	atm.	40–60 sec	+++	++	+++	++
Mikrohullámú	közepes	120–140 °C	atm.	40–60 sec	+++	++	+++	+++
Puffasztás	eredeti(+gőz)	100–130 °C	nagy	10–15 sec	++++	+++	+++	+++
Extrudálás	eredeti(+gőz)	130–180 °C	nagy	10–15 sec	+++	++	+++	++
Tosztolás	eredeti	120–140 °C	atm.	15–20 perc	++++	+++	+++	+++
Tosztolás	eredeti+gőz	100–105 °C	atm.	30 perc	++	++	++	+++

Megjegyzés: ¹ 27–42 MHz; atm. = atmoszférikus; + pozitív, illetve — negatív hatás; * nincs hatás

A '90-es évek közepétől, a nagyobb teljesítményű takarmánykeverő üzemek rekonstrukciójakor, már szervesen beépültek a legkorszerűbb hőkezelési technológiák, az expandálás és a higiénizálás. Ez utóbbi kizárólag a keveréktakarmány mikrobiológiai állapotának javítását célozza, míg az expandálás, ezen túlmenően, a jobb tápanyag/takarmányértékesülést és a pellet fizikai minőség javulását is eredményezi. Az expanderek és higiénizálók igen széles teljesítménytartománya rugalmasan illeszthető a különböző nagyságrendű keveréktakarmány gyártó technológiákba.

Az extrudert több mint száz éve használják különböző iparágakban. Első ipari-kereskedelmi célú használatáról a gumiiparban tudunk, az 1880-as évekből, előbb Angliából, majd rövid idő után az USA-ból. Ezek a gépek a dugattyús és csigás elrendezés kombinációi voltak, kis hosszúság/átmérő aránnyal. Az iker csigás típus 1935-ben, a műanyagiparban jelent meg (HAUCK és HUBER, 1989; HAUCK és mtsai, 1994).

Ugyancsak HAUCK és HUBER (1989) munkájából tudjuk, hogy az élelmiszeripari alkalmazás a tésztagyártásban, az 1920-30-as években kezdődött, mégpedig alacsony fordulatszámra (lassú nyírási hatékonysággal) és hőfokon. 1940-es évek végén kezdték alkalmazni az egy csigás „főző” extrudereket az USA-ban, kukorica-snack, majd a '60-as évektől, az ún. reggeli müzlik, a „ready-to-eat” gabonák készítésére. 1970-től beszélhetünk a texturált fehérjék (extrudált húsok, húsanalógok) gyártásának indulásáról. Az '50-es években jelent meg az egy csigás száraz extruder, ugyancsak az USA-ban, a „pet food” gyártásban, de igazi elterjedése a takarmányiparban csak 1980 körül kezdődött. Az extrudálás lényegét, SMITH már 1975-ben a következőképpen fogalmazta meg: „egy olyan főzési eljárás, amelyikkel a nevesített, extrudáltható, keményítőben és/vagy fehérjében gazdag anyagok plasztikussá válnak egy csőben, a nedveség, a nyomás, a hő és a mechanikai hatások eredményeként”. Mindez a termék (esetünkben a takarmány) megemelkedő hőmérsékletét, a keményítő szemcsék zselatinizálódását, a fehérjék bizonyos mértékű denaturációját, általában egy újra rendeződött rostállományt jelent a csőben, és ami a legfontosabb, az extrudátum (a takarmány) bekövetkező expanzióját („szétrobbanását”) a berendezés kiömlőnyílásának elhagyásakor.

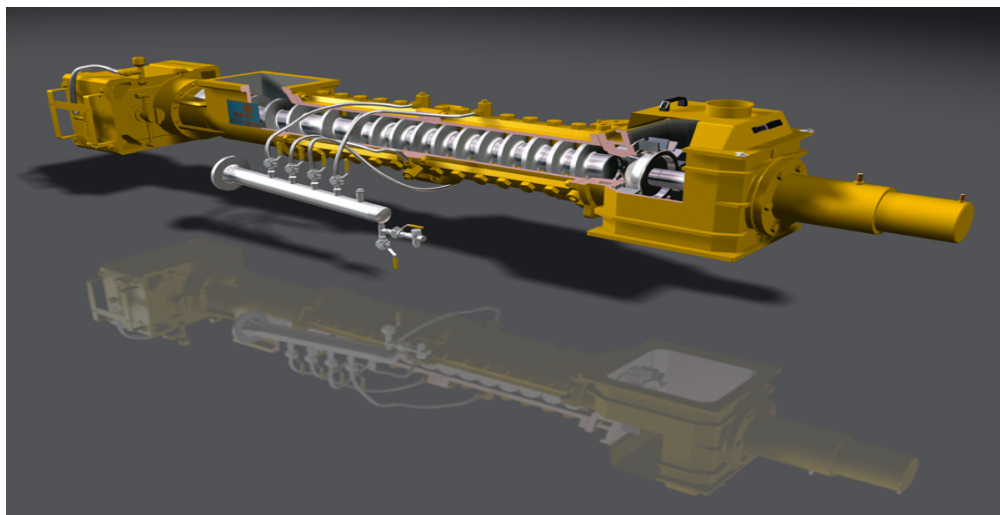
Több korai irodalom foglalkozik azzal, hogy bemutassa az extrudálás (mint HTST kezelés) hatásait. Így BJÖRCK és ASP (1983), CHEFTEL (1986) és PHILLIPS (1989) az extrudálás hatásait foglalták össze, részben saját kutatásaik, részben, pedig szakirodalmi áttekintések alapján. Megállapítják, hogy az eljárás, korrekt végrehajtás esetén, a táplálóanyagok hozzáférhetőségét javítja, és ezzel az emésztő enzimek munkáját elősegíti.

Az expander elnevezés a növényolajiparból jött, ahol egy olyan főző extrudert neveztek így, amit az 1960-as évek elején az „Anderson International Grain Expander” nevű cég készített szója flékezésére (hőkezelésére). Ez egy rövid idejű nyomás/hőmérséklet kezelés volt az extrahálás előtt. Az 1980-as évek közepétől ajánlja expanderét az Amandus Kahl cég (Németország) keveréktakarmányok (hő)kezelésére, egyrészt a táplálóérték növelése, másrészt pedig a granulálás hatékonyságának javítására. Nagyjából egyidőben az Almex, a Bühler és Sprout Matador cégek is kifejlesztették saját extrudereiket (Lucht, 2007). A módszer 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) *expanderek*. A gép (3. és 4. ábra) hasonló az egy csigás extruderhez, ami vastag falu keverőcsőből, egy szegmensekre osztott erős csigából és gözcsatlakoztatókból áll.

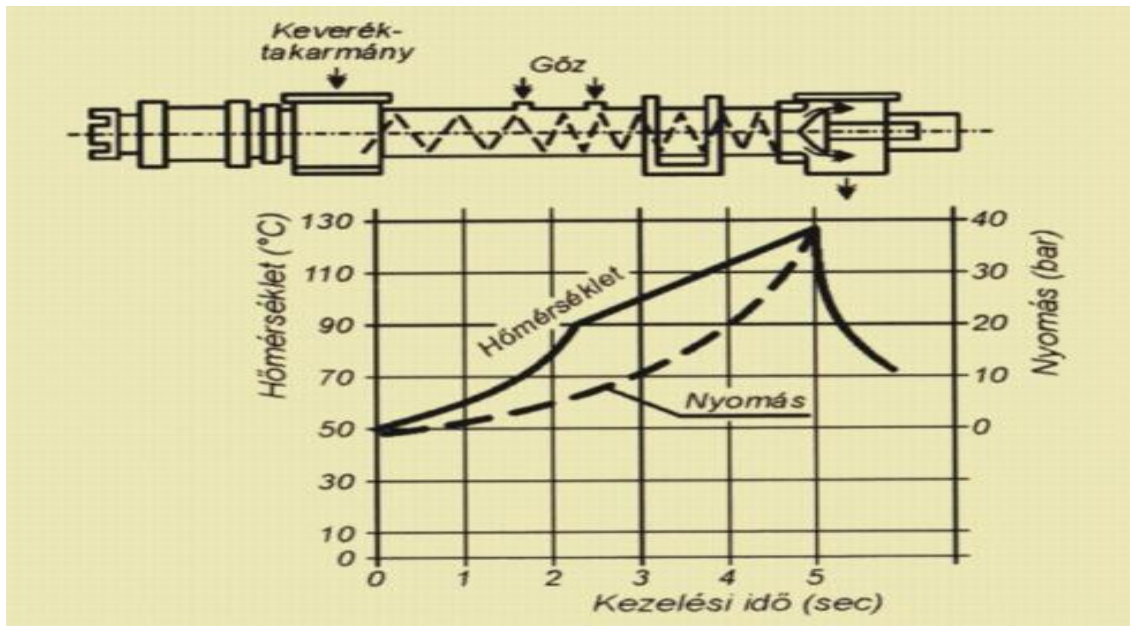
A kiömlő részen van a gépnek egy kúp alakú szabályozó eleme („szelepe”), amihez tartozik egy gyűrű alakú nyílás (rés). Ez a kúp egy növekvő anyag hőmérsékletet (110–130 °C) és nyomást (ami elérheti akár 60–70 bar-t) indukál az expanderben. A megkívánt kondicionálástól függően, a kúp és a megfelelő nyomás, működés közben is, hidraulikusan módosítható. A gőzt ott adják az expander kamrájába, ahol a kondicionálási hőmérséklet meghaladja a 120 °C-t (FAIRFIELD, 1994; LUCHT, 1994a).

Napjainkban jellemző, hogy az expandert közvetlenül a granuláló gép elé szerelik be. Az expander kondicionálójában történik a folyadék (pl. zsír) és gőz bekeverése.

3. ábra: Expander (PEISKER, 1998a)



4. ábra: Az expandáltatás sematikus folyamata
(WETZEL, 1993; KOMKA, 2002)



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.

FAIRFIELD (1994) az előzőek kiegészítéseként azt közli, hogy az előnyök és hátrányok tudományos értékelésére még szükség van. Ezek a munkák abban az időszakban kezdődtek, és még napjainkban is tartanak.

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 térfogatuk többszörösére duzzadtak. Az újabb technológiában a szakaszos működést folyamatossá 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. Először Észak-Európában használták, már az 1980-as évek végén, míg Amerikában csak 1993-tól alkalmazzák. 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 receptúrák összeállításakor.

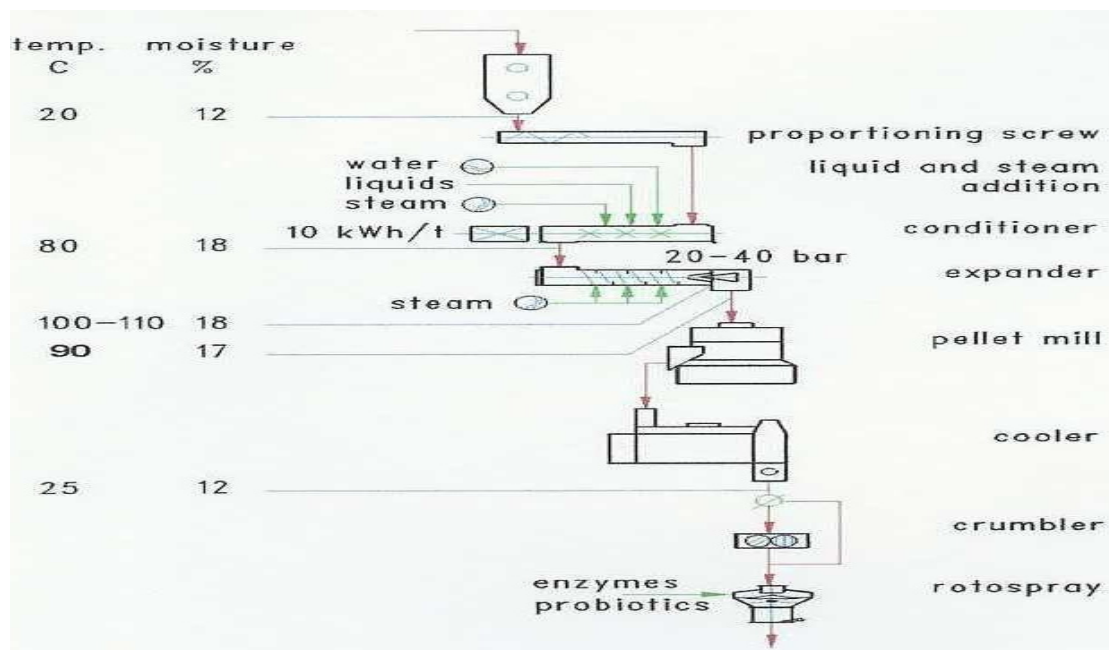
Az említett szerzőktől, fontos információkat tudhatunk meg az expander fejlődéséről és működéséről. Szerintük, az expander fejlesztését, a keveréktakarmánygyártásban folyamatosan növekvő teljesítmény és pellet minőség iránti igény indukálta. Ez a technológia feleslegessé teszi a kötőanyagokat és a kétszeres 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. A kúp nyomása (és ezzel a hőmérséklet) széles tartományban variálható (0–100 bar). Az expander hasznos munkahossza 1900–3000 mm, a fő motor teljesítménye 45–250 kW, és az óránkénti gyártókapacitás 3–30 t/h között változik.

Egy takarmánykeverő technológiába utólagosan beépített expandert mutat be ARMSTRONG (1993), végigkísérve a takarmányt érő hőhatások mértékét, illetve a különböző fázisokban eltöltött idő hosszát, a keverőegységtől egészen a kész granulátumig. A keverés után a dercés anyag az adagoló csiga segítségével egy ún. kondicionáló mixerbe kerül, melyet az expander kondicionálójának nevez. Ebben a keverékhez

vizet és gőzt, továbbá ha szükséges, egyéb folyadékot (pl.: zsírt) adnak. A tartózkodási idő fél- és két perc között változik a részecskemérettől függően. Ezt követően kerül az anyag az expanderbe, ahol a tartózkodási idő 5–8 másodperc. A baromfi takarmányok optimális kezelési hőmérséklete 100 és 110 °C között van. 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-vel lehet (hőérzékeny) enzimet vagy egyéb folyadékot (pl.: zsírt, probiotikumot) a végtermékre adagolni (5. ábra).

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).

**5. ábra: Az expandált takarmány egy lehetséges gyártási folyamata
(ARMSTRONG, 1993)**



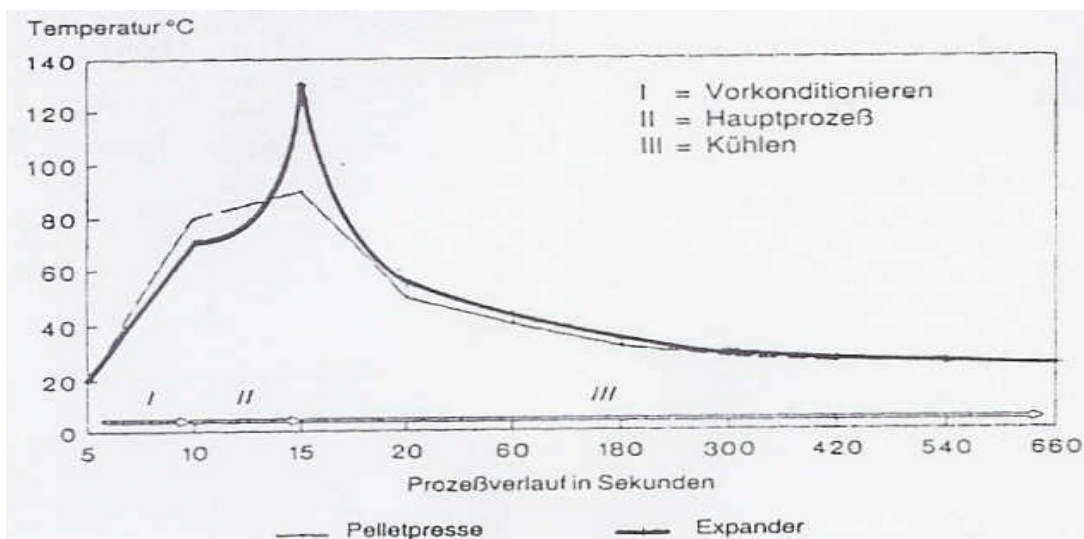
A pelletminőség javításának az érdekében is hozták létre az expanderes kezelést. FANCHER és mtsai (1996) szerint a takarmányok fizikai és higiéniai javulása magával vonta az állatok teljesítményének javulását is. Az expandálás egy tipikusan HTST kezelés és a technológiát tekintve közös alapokon nyugszik az extruderrel.

VAN ZUILICHEM és mtsai (1997) szerint a „magas hőmérséklet rövid idő” (HTST) a takarmánykezelés egyik elterjedt formájává vált világszerte. Előnye a jobb

pellet minőség, a gyártási kapacitás növekedése, bővíthető alapanyag választék, a patogén mikroorganizmusok számának redukálása és az energia hasznosulás javulása.

Egy német kutató (LUCHT, 1998a) egyik cikkében arról számol be, hogy az expandálás és pelletálás közben miként változik a takarmány hőmérséklete, illetve mennyi a kezelés időtartama. Az eljárásban három szakaszt különböztetnek meg. Az első az ún. előkondicionálási szakasz. Ez tulajdonképpen egy rövid ideig tartó kezelés, ami nem párosul túl magas hőmérséklettel. A második szakasz az ún. főszakasz, amit egy intenzív hőmérsékletemelkedés jellemez, ami a 130 °C-ot is elérheti, a kúpnymástól és nedvességtartalomtól függően. A kezelés időtartama ebben a szakaszban nem több mint öt másodperc. A harmadik, az ún. hűtési szakasz, két, kisebb részre bontható. Az első egy rövid ideig, bizonyos pontig tartó gyors hőmérséklet csökkenés jellemez, míg a második szakaszban, egy időben elnyúló lassabb hőmérsékletcsökkenés következik be (6. ábra).

6. ábra: A hőmérséklet változása az idő függvényében granulálás és expandálás közben (LUCHT, 1998a)



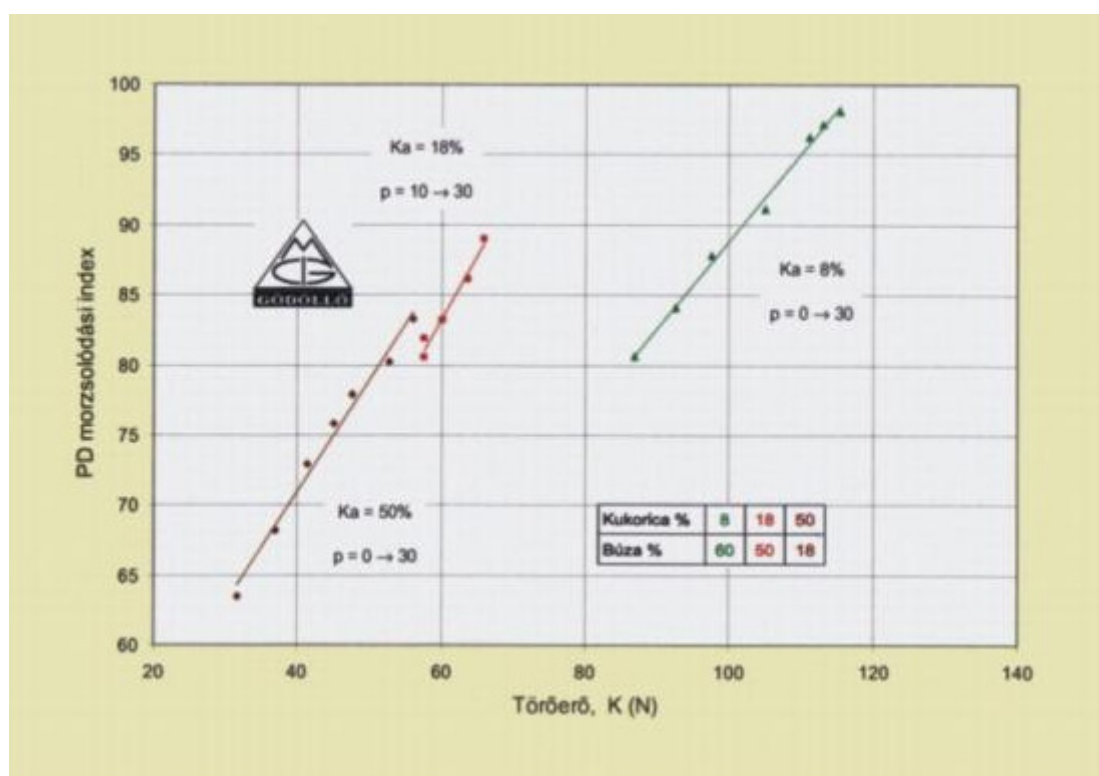
Üzemi körülmények között, elsősorban az expander nyomásának a pelletek fizikai jellemzőire gyakorolt hatását vizsgálta KOMKA (2006). A közleményből idézem a 7. ábra magyarázatát: „Az expander nyomásának változtatásával a kezdeti $d_{50}=0,8$ mm átlagos szemcseméretű táp szemcsemérete fokozatosan növekedett, és a $p=30$ bar nyomású expandálás után elérte az 1,4–1,7 mm-t. Az alsó érték 50%, míg a felső a 8% kukoricát tartalmazó tápok esetében adódott”.

A nagyobb átlagos szemcseméretű tápok pelletáláskor, a gyártás közbeni törmelékhányad mennyisége, az expander nyomás hatására csökkenő tendenciát mutatott. Ez konk-

rétan azt jelenti, hogy az expandálás nélküli pelletgyártáskor ($p=0$) keletkező törmelék-hányadhoz képest, a 40,5, illetve 38,5%-kal csökkent az 50, illetve 8% kukorica részarányú tápok gyártásakor keletkező törmelék-hányad.

Az expander nyomás növelése kedvező a pelletek szilárdsági jellemzőinek szempontjából is. A morzsolódási PD (granulátum keménység) index, az expander nyomás növelésével lineárisan nő, ami azt jelenti, hogy az expandálást követő pelletálással kopásállóbb terméket lehet készíteni (7. ábra).

7. ábra: A PD index és a törőerő alakulása az expander nyomás növekedésével



A gyártás közben is elvégezhető gyors vizsgálati lehetőségű törőerő mérés eredményei szerint, az expander nyomás növelésével a pellet keménysége lineárisan nő.

Keresve a kapcsolatot a laboratóriumban meghatározható PD index, és a gyártás közben is mérhető törőerő között megállapítható, hogy adott összetétel és expander nyomás-tartomány mellett, a két szilárdsági jellemző között szoros kapcsolat van. A 7. ábrából látható, hogy az 50% kukorica részarányú, \varnothing 5 mm-es pelletek esetében, 0–30 bar expander nyomás között, a törőerő 32–57 N változásához 64–84 PD index, míg a 8% kukoricát tartalmazó, hasonló méretű pelletek esetében, a törőerő 88–116 N változásához 81–98 PD indexváltozás tartozik. Az adott tartományokon belül 1 N törőerő-

növekedés 0,8, illetve 0,29 PD indexemelkedést eredményez, ami itt is igazolja a már ismertetett megállapítást, hogy az eredetileg várhatóan kedvezőtlenebb szilárdságú pelleték minősége, az expandálással fajlagosan jobban javítható (KOMKA, 2002).

A hidrotermikus műveletekkel elérhető előnyök függenek a gyártáshoz felhasznált nyers- és alapanyagok jellemzőitől, a táp összetételétől. Technológiai oldalról közelítve a hatás a hőmérséklet, a víztartalom, a nyomás és a behatási idő additív függvénye.

Az expanderek és más szuperkondicionálók, amelyek rövid ideig tartó, magas anyag hőmérsékletű kondicionálásra készültek, főként a hő, a mechanikai energia és a nyíróerő felhasználásával „főzik meg” a terméket, a keményítő zselatinizálódása és/vagy a kórokozó mikroorganizmusok elpusztítása érdekében (GILL, 2001). A csigás expanderek a takarmánykeveréket préselik, bár ez a folyamat leginkább a dob utolsó szakaszában erősödik fel, mielőtt az anyag átpréselődik a gyűrű alakú résen, és ezen szabályozott résméretű kimeneti nyílás torló nyomása hatására préselődik össze.

Az expanderes kezelés hatása a táplálóanyagokra

Ezelőtt tizenöt évvel PEISKER (1992) egy közleményében leírta, hogy a különböző eredetű keményítők között jelentős eltérések vannak, és ezért reakciójuk a különböző kezelésekre sem egyforma.

A keményítőben kétféle molekulatípus található: a lineáris jellegű amiláz α -1–4' kötésekkel és az elágazó szerkezetű amilopektin α -1–6' kötésekkel. Az amiláz és az amilopektin a növényekben jellegzetes szferokristályos szerkezetű keményítőszemcsék formájában található (a szemcsékben, egyes esetekben, kevés foszforsav és zsírsav is kimutatható). A keményítőszemcsék melegítésre, vizes közegben duzzadnak, majd viszkózus oldatot (csiriz) képeznek, mely lehűtve géllé dermed. A keményítő molekulák tömege 10^4 – 10^5 nagyságrendre esik. Savval, enzimekkel (amilázok), maltózra és glükózra bonthatók (LÁSZTITY, 1981).

A keményítőt az anyagcserében jelenlévő (saját) enzimek képesek bontani, míg az NSP-t nem. A (Weendei) nyersrost analízisben, az NSP a nyersrost és a N m.k.a. frakcióban jelentkezik. Ennek oka a NSP-k eltérő oldhatósága. Az összes NSP-tartalmon kívül, a vízoldható hányad is mérvadó, mivel az NSP elsősorban a nagy viszkozitás kialakításával hat az emésztőtraktusra. Olyan állatokban, melyek emésztőrendszerében kicsi a mikrobiális aktivitás (pl. tyúk-félék), emésztési és felszívódási zavarokat okozhat (hasmenés, ragacsos bélsár, csökkent teljesítmény) (3. táblázat).

**Különböző NSP anyagok antinutritív hatása
(JEROCH és mtsai, 1995)**

Vegyület	Előfordulás	Hatás	Állatfaj
β -glükán	árpa, zab, rozs	béltartalom viszkozitása nő, emésztési zavarok, lassúbb passzázs, csökkent teljesítmény, ragacsos bélsár	fiatal baromfi
Pentozánok	rozs, tritikálé, búza		baromfi, sertés
Oligoszacharidok (raffinóz, sztachióz, verbaszkóz, ajugóz)	hüvelyes magvak, extr. szójadara, extr. repcedara	fokozott gáztermelés (CO ₂ , H ₂ , CH ₄) a vastagbélben, hasmenés	monogasztrikus állatok

A több vízdoldható NSP-t tartalmazó gabona-félék (4. táblázat) jelentősen növelik a béltartalom viszkozitását, és ezzel csökkentik a táplálóanyagok emészthetőségét, főleg a zsírokét (közülük is elsősorban a nagyobb olvadáspontúakét, míg a kisebb olvadáspontú szójaolajét kevésbé). A gabonafélékkel ellentétben, a szója NSP-tartalma túlnyomó többségében galaktózból és galakturonsavból, valamint mannózból, ramnózból áll, melyek más tulajdonságúak (kevesbé vízdoldhatók), ezért nem növelik a chymus viszkozitását.

Néhány gabona és növényi fehérjehordozó rostalkotó és a N m.k.a. tartalmában megjelenő anyagok (g/kg sz.a.) (BACH KNUDSEN és mtsai, 1996)

Alkotók	Kukorica	Búza	Búzakorpa	Árpa (hántolatlan)	Árpakorpa	Zab (hántolatlan)	Zab (hántolt)	Zabkorpa	Szójadara	Napraforgó pogácsa
Összes cukor ¹	20	19	17	21	32	17	—	14	137	58
Keményítő	690	651	222	587	174	468	557	213	27	10
β -glükán	1	8	24	42	16	40	54	14	—	—
S-NCP ²	9	25	29	56	20	40	54	13	63	57
I-NCP ³	66	74	273	88	267	110	49	295	92	136
Cellulóz	22	20	72	43	192	82	14	196	62	123
Összes NSP	97	119	374	186	478	232	116	505	217	315
Klason lignin	11	19	75	35	115	66	32	148	16	133
„étrendi” rost	108	138	449	221	594	298	148	653	233	448

¹ monoszacharidok, szacharóz, raffinóz, sztachióz

² oldható, nem cellulóz poliszacharidok

³ oldhatatlan, nem cellulóz poliszacharidok

Az 5. táblázat különböző irodalmi források alapján tartalmazza a gabonafélék összes és oldható β -glükán és pentozán mennyiségét (SIMON és VAHJEN, 2006).

A búza esetében az arabinoxilán a legismertebb pentozán, a β -glükán csak kisebb mennyiségben fordul elő. Az oldható, nem keményítő poliszacharidok jelenléte, ill. mennyisége meghatározza az adott gabona fizikai-kémiai tulajdonságait, ezáltal jelentős mértékben befolyásolja azok élettani hatását (pl. a béltartalom viszkozitását is). A kukoricaszemnek megközelítően 5–6%-át alkotja a héj, ami elsősorban cellulózt, ill. más oldhatatlan, nem keményítő poliszacharidokat tartalmaz.

5. táblázat

**β -glükán és pentozántartalom a gabonafélékben, g/kg
(különböző szerzők szerint, SIMON és VAHJEN, 2006 nyomán))**

	β -glükán		Pentozán	
	összes	oldható	összes	oldható
Árpa	26–60	24–50	31–60	5–8
Rozs	13–47	—	59–122	19–45
Búza	3–11	—	35–70	5–23
Kukorica	~1	—	33–68	4–10

Az oldhatatlan alkotók túlsúlya (oldhatatlan rost: 66 g/kg sz.a., oldható rost: 9 g/kg sz.a.) miatt a kukorica nem növeli a béltartalom viszkozitását (OROSZ és mtsai, 2006).

Búza etetésekor az oldható arabinoxilánok mennyisége növeli elsősorban a béltartalom viszkozitását (JEROCH és mtsai, 1993; CHOCT és mtsai, 1996; DUSEL és mtsai, 1997). A β -glükánban gazdag árpával, egy brojler csirkékkel beállított kísérlet alapján bebizonyították, hogy a kor előrehaladtával, azok képesek akár 20–30% árpát is elviselni a takarmányban, amit a bélcsatorna β -glükonázt termelő mikroflórájának adaptációjával magyaráztak.

Bizonyított, hogy a takarmánygyártás során alkalmazott egyes kezelések (hőkezelés, pelletálás, extrudálás) befolyásolják az NSP-k mennyiségét, oldhatóságát, és viszkozitását (CLASSNEN és BEDFORD, 1991).

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.

Általános vonásként elmondható, hogy egy tipikus expanderes eljárásban, a keményítő változása már a keverőcsigában megindul. Amikor az első 2–3 százaléknyi gőzt adják a keverékhez, a keményítő szemcsék duzzadása megkezdődik, ami a kristályos szerkezet felbomlásának a megindulását jelenti. A duzzadás az expanderben folytatódik, sőt jelentősen felgyorsul a hőmérséklet hirtelen emelkedésével. Ahogyan a folyamat halad előre, a keverék plasztikus ömledékké alakul. Ezt nevezik „modifikációnak” vagy „zselatinizálódásnak” (6. és 7. táblázat) (PEISKER, 1992). A gép mechanikai munkája is befolyásolja a folyamatot. A végső zselatinizálódás, az ún. expansziós térben megy végbe, közvetlenül a kilépés után. Ekkor a hirtelen nyomásesés következtében, a megduzzadt keményítő granulák „felrobbannak”. A módosulás mértékének energiatartása nem lineáris (8. ábra).

6. táblázat

**Alapanyagok és expandált termékek keményítő modifikációjának %-a
(PEISKER, 1992)**

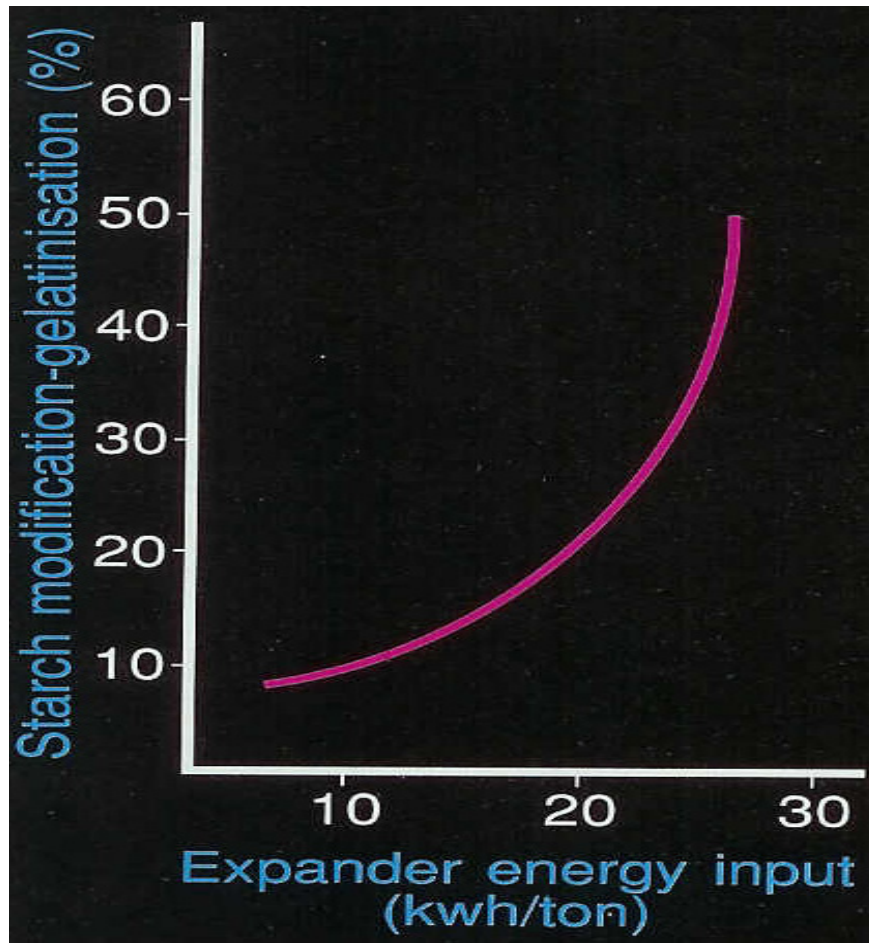
Termék	Nyerstermék	Expandált termék
Búza	8	45
Árpa	15	51
Kukorica	5	41
Lóbab	6	41
Borsó	10	50
Tápióka	62	73

7. táblázat

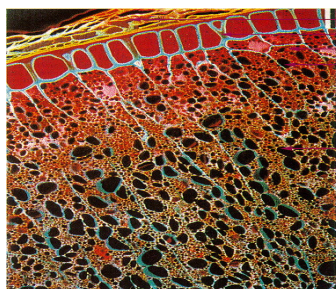
**Expandált keverék-takarmányok keményítő modifikációjának %-a
(PEISKER, 1992)**

Termék	Nyerstermék	Expandált termék
Brojler takarmány	18	57
Tojó takarmány	22	35
Sertés takarmány	25	47
Pulyka takarmány	46	85

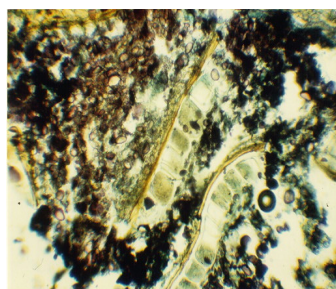
8. ábra: A búzakeményítő modifikáció és a HTST (High-temperature-short-time conditioning) kezelés energia-beviteli kapcsolata (PEISKER, 1992)



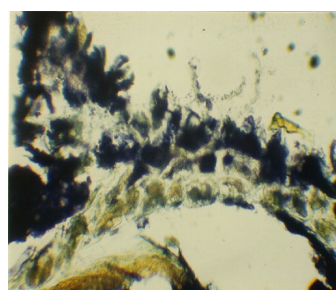
PEISKER (1992) már hivatkozott cikkében, részletesen foglalkozik a különböző eredetű keményítő szemcsék változásával. Ennek megfelelően, és a keményítő szemcse karakteréből adódóan, a különböző kondicionálási eljárások hatásai eltérnek egymástól. A 9–12. ábrákon négy, mikroszkópos felvétel jól láthatóan mutatja, mi történik a kezeletlen búzával az expanderes kezelés közben: a kezelés hatására a keményítő szemcse közvetlenül a keverést követő gőzadagolás hatására (2–3%) el kezd duzzadni, majd fokozatosan elveszti kristályos szerkezetét. A gabonákban lévő keményítő zselatinizációja 50–60 °C között indul el (a hüvelyeseké 55–75 °C között). A képeken látható hatások 100–110 °C között jöttek létre.



9. *ábra*: Kezeletlen búza: A keményítő szemcsék jól láthatók, nem duzzadtak. Az aleuron réteg ép.



10. *ábra*: 110 °C-on expandált búza: Az aleuron réteg részben ép, narancssárga rétegei még láthatók. Az endospermium részben deformálódott, a keményítő szemcsék megduzzadtak. A keményítő szemcsék zselatinizációja 30% körüli.



11. *ábra*: 130 °C-on expandált búza: Az endospermium teljesen deformálódott, az aleuron réteg modifikációja figyelemre méltó. A keményítő szemcsék zselatinizációja 55–60% közötti.



12. *ábra*: 160 °C-on expandált búza: Az eredmény az ún. szuper modifikáció. Az ilyen mértékű kezelés szükségtelen. A keményítő szemcsék zselatinizációja 90%.

Nem önmagában a keményítő, hanem a rost frakció is módosul a hőkezelés hatására. Erről számoltak be SILEJSTROM (1986), valamint egy későbbi közleményében PEISKER (1994b), áttekintő adatokat közölve az expandálás hatásairól a takarmánykomponensek keményítőtartalmának módosítására (8. táblázat), valamint a nyersrost emészthetőségének a változásáról sertésekben és brojlerekben (9. táblázat).

8. táblázat

Hőkezelések hatása a keményítő modifikációra (PEISKER, 1994b)

Kezelés	Modifikáció (%)
Pelletálás	31,7
Expandálás és pelletálás	42,8

A rostfrakció emészthetősége (%) expandált takarmányban (PEISKER, 1994b)

	Sertés		Brojler	
	Kontroll	Expandált	Kontroll	Expandált
Nyersrost	36	50	n.a.	n.a.
NDF	55	56	8	14
ADF	33	40	20	22
Cellulóz	n.a.	n.a.	8	16

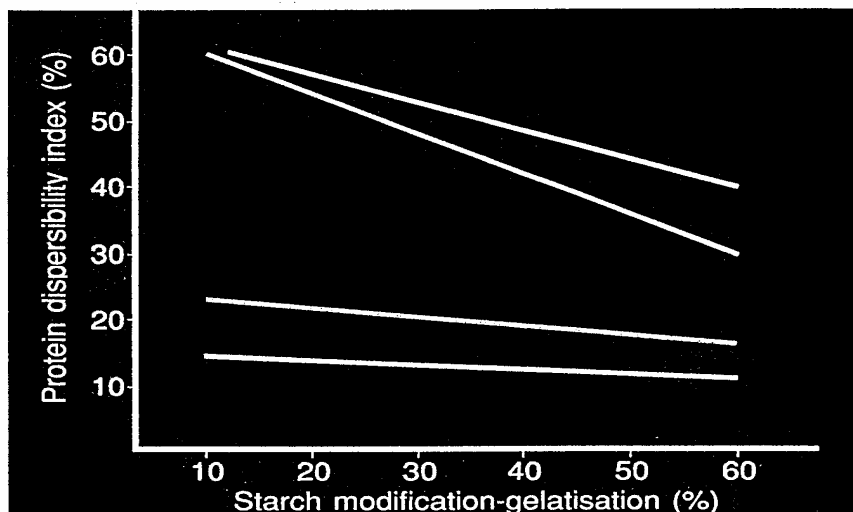
Az előbbieken hivatkozott cikkében, PEISKER (1994b), annak a véleményének ad hangot, hogy az expandálás hatására a takarmány higiéniai státusa is javul. Ismerteti továbbá, hogy az expanderrel elérhető maximális hőmérséklet ugyan 140 °C, azonban a legtöbb takarmány optimális kezelési tartománya ennél alacsonyabb (90–135 °C). A kezelés hatására bekövetkező keményítő zselatinizáció esszenciális a halak, a kutyák, a macskák és a sertések számára (ugyanis ez a keményítő több fermentálható szubsztrátot biztosít a tejsavbaktériumok számára). A baromfi esetében nem talált összefüggést a keményítő zselatinizációja és emészthetősége között. Ökonómiai szempontból a 35–50%-os zselatinizáció kedvezőbb, mint a 100 százalékos. A szerző felhívja a figyelmet arra is, hogy a fehérjék hőérzékenyek, hő hatására koagulálódnak, oldhatóságuk csökken. Tapasztalata szerint a hőkezelés hatására, a neutrális zsírok, és a szabad zsírsavak nem károsodnak. A rost frakciók analízise szerint csökken az oldhatatlan, és növekszik az oldható rost részaránya, átlagosan két százalékkal. Ennek nagyobb jelentősége a monogasztrikusok esetében van, mivel a receptúrában, a rost részaránya 1,5–2 százalékkal növelhető a teljesítmény visszaesése nélkül.

A zselatinizálódáson kívül a keményítő hidrolizálódik is, aminek következtében enzimátikus lebonthatósága az állatban javul. Ez lényeges hatással van a patogén baktériumok szaporodását gátló tejsav képződésére a malacok és általában a sertések esetében (BOULDUAN és PEISKER, 1992). A tejsavképződés 30%-kal több expandált termék fogyasztása esetén, mint egyébként. A hidrolízis továbbá jobb vízoldhatóságot is jelent, különösen, ha expandálás után nem történik pelletálás (PEISKER, 1992).

Jelentős mennyiségű keményítő jelenlétében, a magas hőmérsékletű, rövid idejű HTST (High-temperature-short-time conditioning) kezelések hajlamosak csökkenteni a fehérjék oldhatóságát, amelyet a PDI-vel (protein/fehérje diszperzibilis/oldhatósági index) jellemeznek. Az expander szintén csökkenti a PDI-t, de az emésztőrendszer enzimeji számára a fehérjék még könnyen elérhetők. Ez a nagy keményítő módosulás miatt bekö-

vetkező *inklúzió* (bezárás) eredménye. Minél nagyobb az eredeti fehérjetartalom (pl.: hüvelyesek esetén), annál nagyobb a PDI-nek a keményítő bezáró hatása következtében létrejövő csökkenése. A mennyiségi változásokat a 13. ábra mutatja, különböző kiindulási fehérjetartalom esetén (PEISKER, 1992)

13. ábra: Takarmányok PDI-jének változása a keményítő módosulás függvényében (PEISKER, 1992)



Többek között HURREL és FINOT (1985) szerint, a takarmányiparban az aminosavak stabilitására kiemelt figyelmet kell fordítani. Az aminosav veszteség mindig sokkal látványosabb, mint a vitaminoké. Gondoljunk csak a Maillard-reakcióra, amikor is, például a lizin, a redukált cukrokkal, egy az állati szervezet által lebontani nem képes komplexet alkot. Ez a tény az oka annak, hogy sok közlemény foglalkozik az aminosavak hasznosulásának a témakörével.

A 4. International Kahl Symposiumon, MELANDRI (1998a) mutatta be a Kahl cég expander technológiáját. Szerinte, az expandálás sem a fehérje mennyiségét, sem az esszenciális aminosavakat nem érinti. A lizintartalomban pl.: 120 °C-ig semmi, 130 °C-ig is csak jelentéktelen változás történik. A mai gyakorlatban nagyon fontos kristályos (szintetikus) aminosavak szintén expander-stabilak. Ezért MELANDRI (1998a) azt is vizsgálta, hogy milyen hatással van az expander a sertés-takarmányok aminosav-tartalmára, ha azokat különböző hőmérsékleten kezelte. A számszerű adatokat a 10. és a 11. táblázat mutatja.

10. táblázat

**Az aminosavak stabilitása és hasznosíthatósága expandált sertés takarmányokban
(%, MELANDRI, 1998a)**

Aminosav	Kezeletlen	Expandált	
		120 °C	130 °C
Lizin	0,84	0,83	0,78
Hasznosítható lizin	0,80	0,79	0,74
Lizin hasznosíthatóság	95	95	95
Treonin	0,61	0,59	0,57
Metionin	0,55	0,56	0,54

11. táblázat

Az expander hatása a kristályos aminosavakra (MELANDRI, 1998a)

Hőmérséklet		140 °C
Nyomás		50 bar
Nedvesség		18%
Aminosav	Előtte (%)	Utána (%)
Lizin	0,48+0,35*	0,78
Metionin	0,23+0,22*	0,41

* hozzáadott kristályos aminosavak

90-, 110-, illetve 130 °C-on expandált folyékony lizintartalmú (50%-os L-lizin koncentráció) brojler takarmányt tesztelt PEISKER (1998b), 8-35. napos brojlerekkel. Búza+szója (*A diéta*) és búza+szója+melasz (*B diéta*) alapú takarmányt teszteltek. 240 ISA-4-es hibrid vett részt a kísérletben, mely 8 kezelést tartalmazott, kezelésenként 30 madárral. A takarmányok különböző hőkezelése, mint például az extrudálás, expandálás, dupla pelletálás, és egyéb módszerek jelentősen csökkenthetik a takarmányban található patogének számát, de ezek a kezelések általában hatástalanok a mikotoxinokra, a vírusokra vagy a BSE ágensekre (*12. táblázat*).

Az *A* diéta esetében, az élősúlyt tekintve nem volt szignifikáns különbség az A0, A90 és az A110* között, viszont szignifikánsan alacsonyabb volt az élősúly az A110* és az A130 kezelések estében. A takarmány transzformációban nem volt szignifikáns különbség a kezelések között.

12. táblázat

Különböző hőmérsékleten expandált folyékony lizintartalmú, takarmányok hatása a brojlerek teljesítményre (8–35. nap, PEISKER, 1998b)

	A0	A90	A110	A130	A110*	B90	B110	B130
Takarmány felvétel (g)	2598	2607	2244	2371	2421	2815	2535	2414
Súlygyarapodás (g)	1199	1196	1071	1102	1166	1293	1243	1210
Takarmányértékesülés, (kg/kg)	2,17	2,18	2,10	2,15	2,08	2,17	2,04	1,99

Megjegyzés:

A diéta: A0: kezeletlen; A90: 90 °C-on expandált; A110: 110 °C-on expandált;

A130: 130 °C-on expandált; A110*: 110 °C-on expandált, utána folyékony lizin adagolása

B diéta: B90:90 °C-on expandált; B110: 110 °C-on expandált;

B130: 130 °C-on expandált

A hőmérséklet emelkedés hatására, a *B* diéta esetében a takarmányértékesülésben kialakult különbségek, szignifikánsak voltak. A takarmányfelvétel és a záró élősúly, a hőmérséklet emelkedésével, (nem szignifikánsan) csökkent.

A 13. táblázat a valódi lizin emészthetőséget és a N retenciót tartalmazza különböző hőmérsékletű expandálások után (PEISKER, 1998b).

13. táblázat

Különböző hőmérsékleten expandált folyékony lizintartalmú, takarmányok hatása a lizin valódi emészthetőségére és a N-forgalomra (8–35. nap, PEISKER, 1998b)

	A0	A90	A110	A130	A110*	B90	B110	B130
Valódi lizin emészthetőség (%)	91,5	87,2	88,9	89,2	89,9	88,9	87,6	88,9
N-felvétel (g)	77,4	75,2	65,8	69,5	71,8	80,2	72,9	73,5
N-retenció (g)	32,8	33,3	28,7	29,5	30,0	36,2	33,4	31,9
N-retenció (%)	42,4	44,2	43,6	42,5	41,9	45,1	45,8	43,4

Megjegyzés: a kezelések jelölése, lásd 12. táblázat

A valódi lizin emészthetőség esetében csökkenés volt ugyan a kontrollhoz képest, de az eltérés nem szignifikáns. 110 °C-ig a N-retenció jobb volt (felette nem), de az eltérés szintén nem szignifikáns. Az a konklúzió vonható le, hogy a kezeléseknél nem volt szignifikáns hatása sem a lizin emészthetőségre, sem a N-retencióra.

Több szerző (így többek között CAMIRE, 1990; WISEMAN, 1991; valamint MARTY és CHAVEZ, 1995) hívja fel a figyelmet arra, hogy extrém vagy rosszul kivitelezett kezelések hatására a takarmány fehérje károsodik.

GRANT már 1982-ben vizsgálta a hőkezelés hatását a bab (*Phaseolus vulgaris*) hemagglutinázási aktivitására. További néhány hüvelyes magban található antinutritív

faktort mutatva be cikkében, POEL (1989) vizsgálta azok maradék aktivitását is, különböző hőmérsékletű és időtartamú expanderes kezelés után (14. táblázat). Megállapítja, hogy a magasabb hőmérsékletű és hosszabb ideig tartó kezeléssel jobb eredmény érhető el, mint a csak rövid ideig tartó alacsonyabb hőmérsékletű kezeléssel.

14. táblázat

Néhány hüvelyes antinutritív faktorai (POEL, 1989)

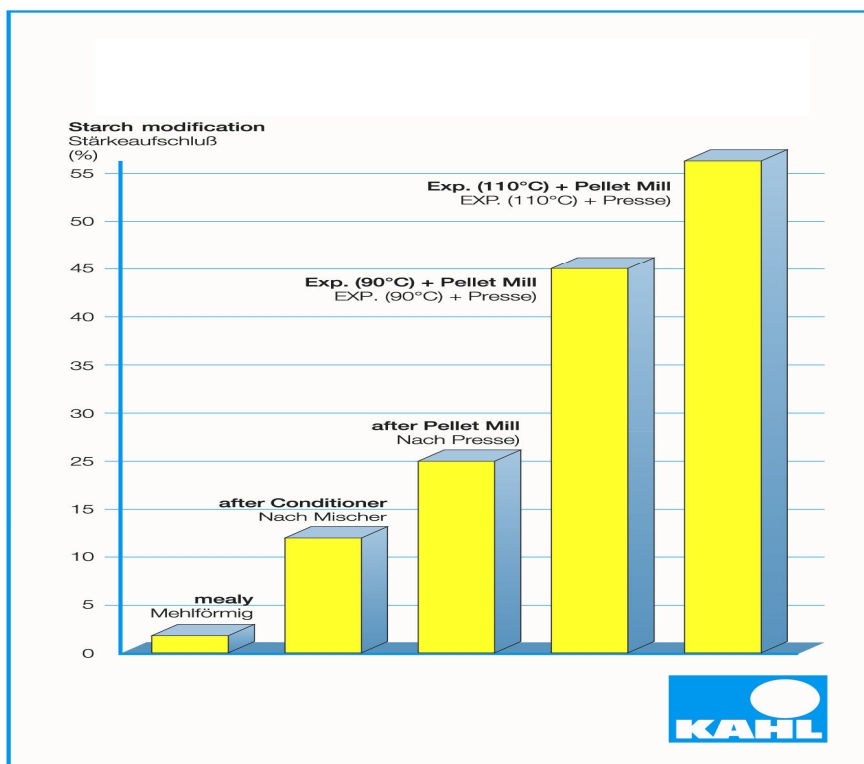
	Tripszin inhibitor	Lektin	Tannin	Egyéb
Szójabab	++++	++		
Bab	++	++++		
Lóbab			+++	+
Borsó	+	+	+	

Az expandálás és granulálás együttes hatása

DELORT-LAVAL (1993) egyik cikkében arról számol be, hogy az expandálásnak és pelletálásnak együttesen számos előnyös hatása van. Az előnyös hatások közé sorolja, a különböző takarmánykomponensek emészthetőségének javítását a keményítő hidrolízisével és zselatinizációjával, ami lehetővé teszi a tejsav termelés fokozódását az emésztőtraktusban. A pozitív hatások közé sorolható továbbá, a fehérjék denaturációja, az antinutritív faktorok fokozott destrukciója (lektin, tripszin inhibitorok), a nemkívánatos enzimek inaktiválása (glucossinol, peroxidáz, lipoxigenáz, mirozináz), különböző mérgező komponensek (aflatoxin, glükozinolat) roncsolása, a mikroorganizmusok (baktériumok, gombák, salmonella,) gyérítése. Előny még, hogy a kezelési kombináció csökkenti a porfrakció képződését és levegőbe kerülését, a granulátum keménységének növelésén keresztül pedig, csökkenti a takarmány veszteséget.

Az expanderben a nyomás, a hőmérséklet és a nedvesség együttes hatására a keményítő zselatinizáció nagyobb mértékű, mint a csak hagyományos pelletáláskor. Ennek a fontos ténynek nagy szerepe van fiatal állatok szempontjából, mivel emésztőrendszerük ekkor még nem kellőképpen fejlett, és ezért keményítő emésztésük sem eléggé hatékony. A 14. ábrán a sertéstakarmányok keményítő modifikációjának mértéke látható, különböző hőmérsékleten végzett kezelések hatására (HANCOCK, 1998).

14. ábra: A sertéstakarmányok keményítő modifikációja (HANCOCK, 1998)



GINSTE és DeSCHRIJVER (1998) véleménye szerint, a takarmány expandálás+granulálása a fehérje oldhatóság csökkenését eredményezi.

Az expandálás előtt és után (110–115 °C), illetve az expandálás+granulálás után vett minták elemzésével, az aminosavakra gyakorolt hatásokat vizsgálta REICHENBACH (2005) 18%-os nyersfehérje-tartalmú és 11%-os nyerszsírtartalmú brojler takarmányokban. A szerző szerint, ha az expanderben a hőmérséklet 120 °C fölé emelkedik, az aminosavakra számottevő káros hatással bír. A kapott eredményeket a 15. táblázat foglalja össze.

15. táblázat

Néhány aminosav mennyiségének (%) változása (REICHENBACH, 2005)

	Expandálás előtt (%)	Expandálás után (%)	Expandálás+ pelletálás után (%)
Metionin	0,46	0,45	0,44
Cisztin	0,29	0,28	0,28
Met+cisz	0,75	0,73	0,72
Lizin	1,12	1,10	1,10
Treonin	0,72	0,72	0,70
Suppl.metionin	0,20	0,20	0,19
Suppl.cisztin	0,13	0,13	0,13
Suppl.treonin	0,06	0,06	0,06

KAPPKE (2003) megerősíti, hogy a takarmányok hidrotermikus kezelése különböző módszerekkel végezhető, például expandálással vagy extrudálással, mely technológiákban a takarmányt nem csak nedvesség és hőhatás, hanem nyomáshatás is éri. A hidrotermikus kezeléseket a takarmányok higiénikus állapotának javítására és bizonyos táplálóanyagok, mint például a keményítő és fehérje emészthetőségének növelése, továbbá a hőérzékeny antinutritív anyagok mennyiségének a csökkentése érdekében végzik. A kondicionálást, és az azt helyettesítő/kiegészítő expandálást, a pelletálás megelőző lépéseként használják, a pelletáló berendezés energiafogyasztásának csökkentésére. Adatokat közöl az aminosavak stabilitásáról is (16. táblázat).

16. táblázat

Aminosavak stabilitása expandálás és pelletálás után (KAPPKE, 2003)

	Kezdeti állapot	Expandálás után	Expandálás és pelletálás után
DL-metionin (%)	0,20	0,21	0,19
L-treonin (%)	0,06	0,06	0,05

A takarmány-adalékanyagok (vitaminok, aminosavak, antibiotikumok és egyéb adalék anyagok) esetleg ugyancsak károsodhatnak a pelletálási technológiában. Erre hívta fel a figyelmet JANSEN (1989) egy korábbi közleményében. Hangsúlyozza, hogy kiemelt gondosságot kell fordítani ebből a szempontból a technológiára, különösen hőérzékeny komponensek használatakor. Ilyen káros tényező lehet a vitaminok esetében a nedvesség, a túl magas hőmérséklet, a nyomás, a fény, a nyomelemek (pl.: réz, vas), az alacsony vagy magas pH, és/vagy a különféle kemikáliák.

A hőkezelések hatását vizsgálta a takarmányokban található A-vitamin- és riboflavin visszanyerhetőségére COELHO (1991). A kísérletben, pelletálás, extrudálás, és expandálás+pelletálás, valamint kétszeres pelletálás esetén mérték a változásokat (17. táblázat).

Hőkezelési eljárások hatása az A-vitamin- és a riboflavin visszanyerhetőségére (%)

Kezelési eljárások	A-vitamin „mikrokapszulázott”	Riboflavin
Pelletálás, 88 °C, 60 sec	90	89
Extrudálás, 132 °C, 30 sec	90	88
Expandálás, 127 °C, 10 sec/Pelletálás, 82 °C, 30 sec	88	83
Dupla pelletálás, 88 °C, 60 sec, 42 °C, 30 sec	84	83

A BASF (1994) cégcsoport egy vizsgálsorozatot állított be arra vonatkozólag, hogy a különböző hőmérsékletű, és változó ideig tartó expandálás milyen hatással van a takarmányok vitamintartalmára. A kapott eredményekből megállapították, hogy az expandálás után, a termékben kevesebb vitamin marad vissza. Az E-vitamin alkohol, és az aszkorbinsav szenvedte el a legnagyobb károsodást. Ezek a vitaminok, már a legalacsonyabb kezelési hőmérsékleten és a legrövidebb kezelési idővel is, elvesztették aktivitásuk 20%-át. Hosszú ideig tartó, magas expandálási hőmérsékleten, ugyanezen vitaminok aktivitásuk 65%-át veszítették el. A D-vitamin, E-vitamin acetát, B₁₂, ascorbil phosphate, és kolinklorid még a hosszú ideig tartó, magas kezelési hőmérsékleten is megőrizték aktivitásuk 85%-át. Az ún. mikrokapszulázott vitaminok, melyek („beadlet”) formában voltak, jobb visszanyerhetőséget mutattak, mint azok, melyek „ásványi” formában voltak bekeverve. A thiamin mononitrát stabilabbnak bizonyult, mint a thiamin HCl, továbbá az ascorbil phosphate is stabilabb volt a többi C-vitamin forrásnál. Összegzésképpen megállapították, hogy az alacsony hőmérsékletű, rövid ideig tartó kezelések az A-vitamin, a mikrokapszulázott D-vitamin, a D-vitamin M.S., az E-vitamin acetát, a thiamin monohidrát, a riboflavin, a B₁₂, kalcium panthotenát, a folsav, a biotin, a niacin, és a kolinklorid nagyon jó visszamaradási arányt értek el. Viszont az E-vitamin alkohol, és az aszkorbinsav megmaradása kifejezetten gyenge volt.

A BASF (1994) egy másik vizsgálsorozatot is elvégzett, a különböző hőmérsékletű, és változó ideig tartó pelletálás hatásának megállapítására a takarmányok vitamintartalmára. Megállapították, hogy a pelletálási hőmérséklet növekedésével egyidejűleg jelentősen csökken az E-vitamin acetát, a D-vitamin mikrokapszulázott formája, a D-vitamin M.S., a B₁₂ és a kolinklorid mennyisége.

A BASF (1994) harmadik mérés sorozatában a különböző hőmérsékletű, és változó ideig tartó expandálás+pelletálás hatását vizsgálta. Megállapították, ha az expanziós kondicionálást magas pelletálási hőmérséklettel kombinálták, akkor az E-vitamin alkohol, és az aszkorbinsav szinte teljes egészében megsemmisül. Az eredmények fényében egyér-

telmü, hogy az expansziós eljárás befolyással van a vitamin visszanyerhetőségére, és ha ezt az eljárást még pelletálással is kombinálják, akkor a hatás összegződhet.

COELHO egy későbbi közleményében (1996a) felhívja a figyelmet arra, hogy „magas hőmérséklet rövid idő” (HTST) berendezés alkalmazásakor fokozottan ügyelni kell a hőérzékeny takarmány összetevőkre, nevezetesen a vitaminokra, aminosavakra, enzimekre. Ma már léteznek hőstabil készítmények (például a vitaminok közül a K₃, A, E, D), a védelem azonban nem 100%-os. Ezt annak a kísérletnek az alapján mondja, amelyikben a granulálásnak és az expandálásnak külön és együtt, a hőérzékeny vitaminokra gyakorolt hatásait vizsgálta. Ismeretes, hogy az expanderben és a granuláló gépben kialakuló hőmérséklet hatással van vitaminokra, és a károsodás 120 °C felett különösen jelentős lehet. Megállapította, hogy az alacsonyabb hőmérsékleten végzett kezelés, a B vitamincsoportra kismértékű, a K₃ vitaminra ennél nagyobb károsító hatású volt. A 18. táblázatban néhány hőérzékeny vitamin visszanyerhetőségi aránya (%) látható a különböző kezelések után.

18. táblázat

**Vitaminok visszanyerhetőségi aránya (%) különböző kezelések után
(COELHO, 1996a)**

Hőmérséklet	Expandálás		Pelletálás		Expandálás+pelletálás	
	101-105 °C	111-115 °C	86-90 °C	91-95 °C	86-90 °C	91-95 °C
A (védett)	97	95	94	91	93	90
D ₃ (védett)	98	96	93	92	93	91
E vit. acetát	97	95	93	92	92	90
K ₃	82	78	75	72	63	58
B ₁	96	92	89	87	87	82
B ₂	92	88	89	87	84	78
B ₆	94	91	87	85	85	79
B ₁₂	97	96	96	96	94	92
Panhoténsav	95	92	89	87	86	82
Niacin	93	89	90	89	85	80
Aszkorbinsav-P	98	96	93	92	92	89
Kolinklorid	99	98	97	97	97	95

Egy olyan teljesen új eljárást mutat be REICHENBACH (2005), amellyel elkerülhető az expandernek a hőérzékeny takarmány összetevőkre (enzimek, vitaminok, antibiotikumok, és probiotikumok) kifejtett kedvezőtlen hatása. Az eljárás lényege, hogy a nem hőstabil összetevőket nem az expanderezés előtt, hanem utána, egy ún. „Rotospray” segítségével viszik fel a kész granulátumok felületére. Az új berendezés lehetővé teszi az energia szint növelését is az utólagos zsíradagolás lehetőségével. Ezzel

a hidrotermikus rendszer megkerülésével küszöbölhető ki a nem hőstabil összetevők inaktiválódása.

MELANDRI (1998b) egy előadásban foglalta össze az expandált takarmányokkal beállított olaszországi pulykanevelési kísérletek tapasztalatait. Ezekben az expandálás hatását vizsgálták pulykák részére készített takarmányok pelletminőségére, a gyártás során felmerült energia igényre, a termelési teljesítményre, a zsíradagolási lehetőségekre, az élősúlyra, a fajlagos takarmányértékesülésre, illetve az elhullásra (19. táblázat).

19. táblázat

**Az expandálás hatása a pulykatakarmányokra
(MELANDRI, 1998b)**

Technikai paraméterek	Expandálás nélkül	Expandálva (105 °C)
Pellet minőség (%)		
„Pfast”-10 perces teszt	94,2	96,5
„Pfast”-60 perces teszt	87,0	92,0
Energia felvétel (KWh/t)	20 csak pelletálva	21 expandálva és pelletálva
Termelés (t/h)	8	10,5
Zsíradagolási lehetőség (%)	1,5	5–6
Élősúly (kg) 95. napos tojó	7,8	8,5
140. napos bak	16,8	18,3
Fajlagos tak. ért. (kg/kg)	2,5	2,4
Elhullás (%)	9	6,5

A kezelések hatását nagyon sok kutató és kutatócsoport vizsgálta, *in vivo*, különböző állatkísérletekben. Ezek során, többek között például megállapították, hogy különböző, az utólag a takarmányhoz adott (hőkárosodást nem szenvedett) enzim készítmények csökkenthetik a bélviszkozitást, növelhetik a metabolizálható energia szintet és fokozhatják az aminosavak emészthetőségét (NAHM, 2007).

Az expandálás hatása a mikrobiológiai mutatókra

A takarmányok patogén mikrobákkal is szennyeződhetnek a tárolás, feldolgozás, gyártás folyamán (MÁTRAI, 2000). A szennyeződés állati eredetű járványhordozókkal (trágya, hullafeldolgozás), vagy a patogének számára kedvező feltételek között (vizes, nagy fehérjetartalmú anyagok állása) történhet. A potenciálisan patogén mikrobák jelenlétére a szennyeződésjelző mikrobák figyelembevételével következtetünk. A szennye-

zódott takarmány állategészségügyi kockázatot jelent. A különböző patogén mikrobák (*Salmonella*, *Clostridium perfringens*, stb.) kimutatható jelenlétében, a takarmány veszélyes az állatok egészségére.

A salmonellamentes takarmánykeverék előállításáról, mint elkerülhetetlen feladatról beszél közleményében GYÖRVÁRI (2000). Ezzel kapcsolatban, megoldásként említi a zárt, kezelt alapanyag tárolást, valamint a keveréktakarmányok hőkezelését.

Napjaink egyik jelentős gondja, hogy a salmonellózis a világon egyik leggyakrabban előforduló betegséggé vált (FORSHELL és WIERUP, 2006). A *salmonella* elsődleges hordozója a fertőzött állat, mely elsősorban az állati eredetű (esetenként a növényi eredetű, ANONIM, 1999) takarmánnyal veszi magához a kórokozót. Ennek ismeretében az Európai Unió egy megelőző stratégiát dolgozott ki, melynek lényege, hogy már a takarmányok különféle „kezelésével” igyekszik elejét venni a fertőzéseknek. Egyik ilyen megoldás a takarmányok hőkezelése, melyen belül vezető helyet foglal el az expandálás.

Sok takarmány alapanyagban lehet *salmonella*, esetleg más *enteropatogén* mikroorganizmus, melyek egyaránt származhatnak növényi fehérjéből, vagy már feldolgozott fehérjeforrásból, amilyen a hőkezelt állati fehérje is (THOMAS és POEL, 2000). Az egész gabonaszemek és más magvak általában nem tartalmazzak *salmonellát*. Egyes alapanyagok másoknál érzékenyebbek, általánosságban azonban a növényi és állati fehérjeforrások a legfogékonyabbak. A hús- és csontliszt, a halliszt és a szárnyas mellékterméklisztek híresek gyakori fertőzöttségükről. Egy takarmánykeverőben a *salmonella* forrása lehet valamelyik alapanyag, vagy a gyártósor valamelyik része, amelyikben az odakerült baktérium, egy számára kedvező meleg és nedves környezetben, felszaporodhat. A kockázatot alacsony és elfogadható szintre lehet csökkenteni, a rendelkezésre álló sokféle megelőző fertőtlenítő eljárás valamelyikének alkalmazásával.

A jól ismert hidrotermikus módszerek, kiegészülve további mechanikus kezeléssel vagy a nélkül, a következő lehetséges megoldásokat tartalmazhatják: hosszú időtartamú kondicionálás, fertőtlenítés magas hőmérsékleten, visszatartott anyagáramoltatás, hőpajzs/dupla kondicionálás, préselés, expander, extruder, higienizátor, granulálás, stb.

A hidrotermikus technológiák egyik célja, hogy a káros baktériumokat lehetőleg teljesen elpusztítsák. Az eljárás fizikai alkotóelemei: az idő, a nedvesség, a hőmérséklet, a nyomás, és az örvénylés (turbulencia), ahol minden egyes elemnek külön hatása van. A részecskék közvetlen gőzzel való kezelésekor, a gőz kondenzhőjét átveszik a takarmányrészecskék (felfűtési folyamat), valamint az így lecsapódó víz egyidejűleg nedve-

síti a takarmányt. A maximális hőmérsékletemelkedésnek a szemcseméret szab határt, mivel a hőnek a részecskék belsejébe kell bejutnia. Kondicionáláskor a durvább szemcsék hőszigetelő hatása okozta gond, hogy nehéz az anyagáram hőmérsékletét állandóan 100 °C közelében tartani, valamint, hogy az ezt követő pelletálás közben, egy esetleges magasabb nedvességtartalom tovább növelheti a problémákat az által, hogy a keverék besül, vagy éppen megfolyik. Kiegészítő eszközök és technológiai lépések (hőszigetelő burkolat, kétszer granulálás, expanderes feldolgozás) alkalmazásával érik el a megkívánt hőmérsékletet, amit gyakran, még elektromos úton is szabályoznak.

Az expandálási technológia végén egy hirtelen nyomáscsökkenés történik, mely során a nyomás, a kimeneti gyűrű előtti 40 bar-ról, a gyűrűt elhagyva, atmoszfériusra esik vissza. A nyomáscsökkenés hatására a mikrobák permeábilis membránjai, valószínűleg széttörnek (PEISKER, 1994b). Erre vonatkozó adatokat (20. táblázat) mutat be THOMAS és POEL (2000).

20. táblázat

Expanderes feldolgozás hatása egy sertéshizlaló takarmány mikrobiológiai állapotára (THOMAS és POEL, 2000)

Expander-hőmérséklet	—	120 °C
Összbaktériumszám	67×10^6	$3,3 \times 10^6$
Enterobaktérium	1×10^5	<10
<i>E. coli</i>	1×10^3	<10
Penész	300	<10
Salmonella	van	nincs

Ellentétes következménye van a fertőtlenítésnek az egyes anyagokra gyakorolt pozitív hatása, és a különböző takarmány-összetevők, mint például a vitaminok, a fehérjék, az enzimek és más adalékanyagok lehetséges károsodása között. A hidrotermikus eljárásokat, pontosabban az expandálást és az extrudálást, gyakran a legjobb esetben is csak semlegesnek, de inkább ártalmasnak ítélik a takarmány adalékanyagokra. De azt is felismerték, hogy a különböző adalékanyagok, melyeket a gyártás különböző fázisaiban kevernek be, a hőre és a nedvességre eltérően reagálnak. Leginkább az enzimek és a probiotikumok hőérzékenyek. Gyakorlati tapasztalatok alapján THOMAS és POEL (2000) olyan rendszert állítottak össze, ami a veszteségeket minimalizálni tudja például úgy, hogy csökkenti az expanderes eljárás káros hatásait, kiválasztja az eljáráshoz leginkább alkalmazható termékeket, illetve bizonyos anyagokat, a hőkezeléses eljárás után, folyékony fázisban vissz fel, porlasztásos technikával (l. Rotospray használata). Ezzel a felismerés-

sel jól körülhatárolható viszonyokat tudtak teremteni a *salmonella*-mentesítésre, elsősorban a takarmány-alapanyagokban, de a keveréktakarmányokban is.

A pulyka és sertéstakarmányok mikrobiológiai állapotát vizsgálták PIPA és FRANK (1989), expandálás előtt és után. Az eredmények alapján (21. táblázat) arra a következtetésre jutottak, hogy a kezelés hatására a mezofil aerob csírák száma jelentősen csökkent, míg a coliformok, *E. coli*, *salmonella*, penész nem volt kimutatható.

21. táblázat

A takarmányok higiénizáló kezelése expanderrel (PIPA és FRANK, 1989)

	Pulyka takarmány	
	Kezeletlen	Expandált (100 °C)
Mezofil aerob csíra, CFU/g	580.000	10.500
Coliform baktérium, CFU/g	10.000	0
<i>E. coli</i> , CFU/g	0	0
Penész, CFU/g	120	0
<i>Salmonella</i>	van	nincs

MELANDRI (1998b) korábban már hivatkozott előadásában az expandált takarmányokkal beállított olaszországi pulykanevelési kísérleteken kívül a műszaki adatok változásait és a termelési eredményeket is összefoglalta, továbbá bemutatta azokat a kísérleteket is, amelyekben az expandálás mikroba gyérítő hatását állapították meg (22. táblázat).

22. táblázat

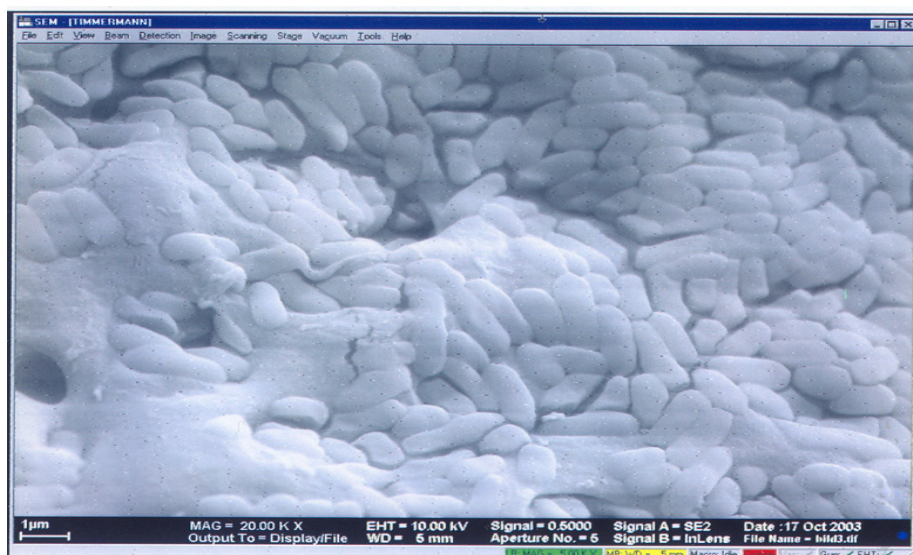
Az expandálás hatása a pulykatakarmányok mikrobiológiai állapotára (MELANDRI, 1998b)

Mikrobiológiai paraméterek	Expandálás nélkül	Expandálás után (105 °C)
Aerob mezofil csíra (CFU/g)	230.000	9.300
Penészek (CFU/g)	20.500	42
<i>Salmonella</i> (tesztelt mennyiség 25 g)	van	nincs

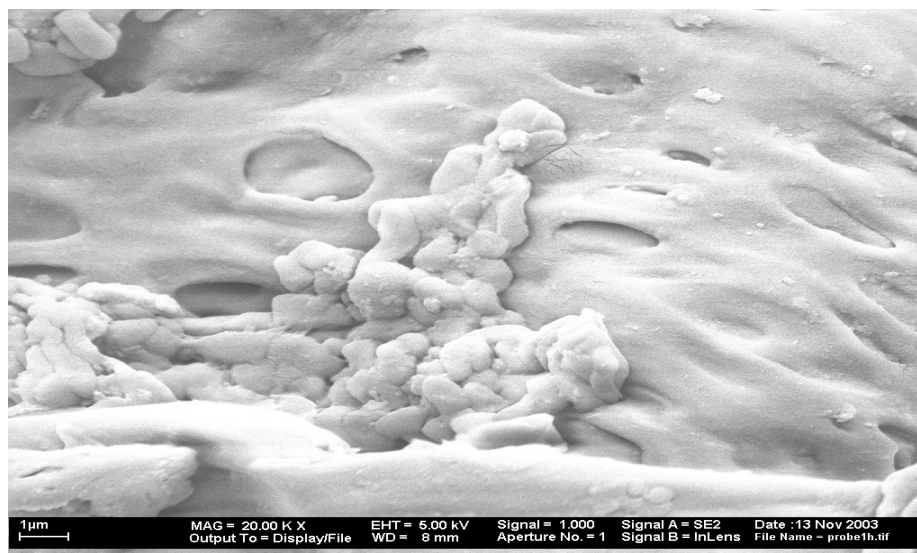
SITZMANN és REICHENBACH (1994), német kutatók, modell kísérletekben kívánták tisztázni az expanderezés hatását a takarmányban található *E. coli*-ra. Sertéstakarmányból izolált *E. coli* kultúrával oltottak be pamutszövetet, majd elektronmikroszkópos vizsgálatnak vetették alá. A 15. ábrán jól látszanak a szövetszálakra tapadt

baktériumok. Ezt követően, a szövetet ugyanúgy, mint egy takarmányt, expanderezték. A kezelésből visszamaradt szövetből mintákat vettek, agar táptalajra helyezték, és inkubátorba rakták 72 órára. Ezután vizuálisan vizsgálva a tenyészeteket, azt találták, hogy a szövetdarabkák körül semmi sem nőtt ki (16. ábra).

15. ábra: *E. coli* baktériumok a beoltott pamutszövet szálakon (SITZMANN ÉS REICHENBACH, 1994)



16. ábra: A beoltott expandált pamutszövet szálak 72 órás inkubálás után (SITZMANN ÉS REICHENBACH, 1994)



LUCHT (1994b) egy korai munkájában a takarmányok mikrobiológiai állapotát vizsgálta expandálás előtt és után. Eredményeiből azt a következtetést vonta le, hogy a kezelés a *Salmonella* és egyéb káros baktériumok, valamint gombák jelentős részét elpusztítja. Ez a fertőtlenítő hatás nem kizárólag a magas hőmérsékletnek és nyomásnak

köszönhető, hanem annak az intenzív, hirtelen bekövetkező effektusnak, mely során 40 bar körüli értékről atmoszfériusra csökken a nyomás, amikor is a mikroba sejtfala szétroncsolódik. Kísérleti eredményeit a 23. táblázat mutatja be.

23. táblázat

Keveréktakarmányok higiéniai kezelése KAHL-féle gyűrűs kiömlésű expanderrel (LUCHT, 1994b)

	Brojler takarmány		Sertés takarmány	
	Kezeletlen (20 °C)	Expandált (100 °C)	Kezeletlen (20 °C)	Expandált (120 °C)
Összcsíraszám, CFU/g	1.210.000	30.000	16.500	9.000
Coliform bakt., CFU/g	110.000	0	400	0
<i>E.coli</i> , CFU/g	400	0	90	0
Penész, CFU/g	7.000	0	450	0
<i>Salmonella</i>	van	nincs	van	nincs

Ugyancsak LUCHT (1998a) számol be azokról a mikrobiológiai vizsgálatokról, amelyeket a Kahl AG. megbízása alapján végzett a Hamburgi Higiéniai Hivatal, kezeletlen és expanderrel kezelt pulyka, sertés és tojótyúk takarmányokkal. A hivatal mérései szerint, a kezelés hatására, a mintákban jelentősen csökkent a mezofil csírák száma. Coliform, *E. coli*, penész és *Salmonella* nem volt detektálható a kezeléseket után (24. táblázat).

24. táblázat

Az expandálás hatása különböző fajok takarmányának mikrobiológiai állapotára (LUCHT, 1998a)

	Pulyka		Sertés		Tojótyúk	
	kezeletlen	expandált-100 °C	kezeletlen	expandált-120 °C	kezeletlen	expandált-125 °C
Aerob mezofil csíra, g	580.000	10.500	67 millió	330.000	830.000	39.000
Coliform baktérium, g	10.000	0	10.000	0	1.000	0
<i>E. coli</i> , g	0	0	1.000	0	nem vizsgált	0
Penész, g	120	0	300	0	1400	0
<i>Salmonella</i> *	van	nincs	nincs	nincs	van	nincs

*25 g=vizsgált mennyiség; g=CFU/g; 0=kevesebb, mint 10 csíra/g

SHAPCOTT (1984), OOSTEROM (1984) majd később, többek között BLACKMAN és mtsai (1992), DAVIS (1992) valamint SCHWARTZ (1999) véleménye szerint a takarmányt egy olyan potenciális veszélyforrásnak kell tekinteni, melyben a *Salmonella* jelen lehet. Ez az oka annak, hogy az állati termék-előállítás és az állat-

szállítás rizikófaktorainak meghatározásakor rendszeresen foglalkozni kell a lehetséges *Salmonella* kontaminációval (McCHESNEY és mtsai, 1995; BRENDIS és mtsai, 1996) és annak következményeivel (KÖHLER, 1992). NEUMANN és KNIFFEN (1999) arra a salmonellozis okozta veszélyre hívják fel a figyelmet, amit *Salmonella*-val kontaminálódott takarmány okozhat a nagy méretű sertéstelepeken. Ennél már sokkal előbb figyelmeztettek hasonló jelenségre a nagy baromfitelepek (WILLIAMS, 1981), illetve a szarvasmarha telepek (JONES és mtsai, 1982) esetében. KRANKER és mtsai (2001) a fiatal állatokat is a fertőzés gyakori forrásának tekintik. Dán (NIELSEN és WEGENER, 1997; ANONIM, 2002b) és holland (ANONIM, 2002a) jelentések a salmonellózisról, mint egy lehetséges zoonozisról beszélnek és figyelmeztetnek a megelőzés fontosságára. Dániában ugyanis, a humán *Salmonella* fertőzések 7-, Hollandiában a 25 százaléka, sertéshúsról vagy a belőle készült termékekre vezethető vissza. A rizikó nagyságát mutatják a svájci adatok is, ahol 2003-ban, 2233 humán salmonellózisos esetet regisztráltak. Az EU hivatalos szervei is foglalkoznak a problémával (ANONIM, 1999). Egy ugyancsak dán közlemény (ANONIM, 2000b) szerint minden (nyers) takarmány alapanyagot úgy kell kezelni, mintha az salmonellával fertőzött lenne. Az *E. coli* és a *Salmonella sp.* inaktiválódási hőmérséklete, HAAPAPURO és mtsai (1997) véleménye szerint, 71–77 °C közöttire tehető, míg POEL (2003) véleménye szerint 80 °C/perc hőntartási idő kell.

A takarmányok fizikai kezelésének hatását vizsgálták MIKKELESEN és mtsai (2004) a sertések emésztőrendszerében élő mikroorganizmusokra, és különösen a *Salmonella enterica*, továbbá a *S. typhimurium* szerotípus túlélési képességére. Megállapították, hogy a megnövekedett tejsav koncentráció a gyomorban, segít alacsonyan tartani a pH-t, aminek hatására a *Salmonella sp.* és az *E. coli* elpusztul.

Svájcban készítettek egy felmérést arról, hogy a sertéshizlaló takarmányoknak milyen a *Salmonella* fertőzöttsége, illetve, hogy ebből a szempontból milyen szerepet játszik a termelési lánc (SAULI és mtsai, 2005). A „farmtól az asztalig” („*from farm to fork*”) élelmiszer biztonsági koncepció első elemének tekinthető a biztonságos takarmány előállítása. A koncepció fontos része, hogy már a farm szintjén megelőzzék az állatok fertőződését. A hőkezelések vagy a különféle szerves savak hozzáadása a takarmányokhoz azt a célt (is) szolgálják, hogy a takarmány *Salmonella* fertőzöttségét megszüntessék (VANDERWAL, 1979; HARRIES és mtsai, 1997; HANSEN és ISRAELSEN, 1998; ANONYM, 2000a; BEAL és mtsai, 2002; CRUMP és mtsai, 2002).

A granulátum minősége

A granulátumok minőségéről nemcsak a benne levő takarmány alapanyagok és az általánosan ismert hatások szempontjából beszélhetünk (például, hogy a granulálás egyik pozitív hatása a mikrobiológiai állapot javulása, valamint, hogy a fizikai állapot elérését több tényező befolyásolja, így a takarmánykeverék összetétele, a kondicionálás, az alkalmazott matrica minősége, a granuláló gép beállítása, és nem utolsósorban a hűtés sebessége és intenzitása, foglalja össze BENCSIK (2004), hanem fizikai megjelenése szempontjából is. A méretet (a granulum átmérőjét), az adott állatfaj/korcsoport igényei határozzák meg, jóllehet az ipar, a hatékonyabb gyártástechnológia elérésében, a viszonylag nagyobb átmérő készítésében érdekelt. Más kérdés a granulum keménysége, ami alapvetően függ a takarmány összetételétől, például a több zselatinizálódásra hajlamos keményítőt, vagy esetleg ragasztóanyagot (pl. melasz) tartalmazók keményebbek lesznek. A keménység természetesen szintén összefüggésben van a granulum átmérőjével (d) és a matrica fúvóka működő hosszával (l), vagyis az ún. l/d viszonytal (PAYNE és mtsai, 1994; THOMAS és POEL, 1996).

A pellet már a hűtéskor is, de túlnyomórészt az anyagmozgatás, a szállítás (két technológia lépcső között, a gyár és az állattartótelep között, az állattartótelepen pedig a kiosztás során) közben károsodik („morzsálódhat”). Az a kívánatos, hogy a granulátum mindenképpen megőrizze tartósságát, amíg az állatok azt meg nem eszik (ROBOHM és ASPELT, 1985; CRAMPTON, 1985; FASHINA és SOKHANSANJ, 1996a; BENKE, 1996).

A granulátum keménységének megállapítására széles körben elterjedt eszközök az ún. granulátum-keménységmérők, melyek közül az elsőt a Kansas State University-n PFOST készítette el 1962-ben (SCHOEFF, 1994), többek között ilyen a Kahl-cég által gyártott is, amit dolgozatomban módszertani részében fogok bemutatni), továbbá a pellet morzsálódását mérő (laboratóriumi) készülékek. A folyamatos keménységmérést a Bühler cég először 1983-ban forgalomba hozott készülékével lehet elvégezni (SCHOEFF, 1994). Ezek különböző kivitelűek lehetnek, de leggyakrabban egy „doboz”, amiben meghatározott ideig és fordulatszámmal, egy „lapát” forog. A méréshez a mintát előbb átszitalják, hogy a már benne levő porfrakciót leválasszák róla, majd csak a biztosan ép granulomot tartalmazó anyagból 500 grammot tesznek be a készülékbe, melyet 10 percig forgatnak, 50 fordulat/perc sebességgel. Ezután újabb szitalás következik, majd a kiinduló anyag százalékában fejezik ki az ép granulumok számát. A mé-

rést közvetlenül a hűtőből kijövet után végzik el, lehetőleg úgy, hogy az anyag hőmérséklete legfeljebb ± 6 °C-kal térjen el a környezeti hőmérséklettől (az ettől eltérő hőmérsékleten a víztartalom még nem stabilizálódott, és ez módosíthatja a granulátumok morzsálódását). Ez csak egy lehetséges módszer, több más is ismert, például amelyek pneumatikával működnek, illetve más formájúak. Valamennyi műszer esetében fontos a pontos kalibráló tesztek elvégzése, mielőtt az rendszeres használatba kerül (FAIRFIELD, 1994).

HARBAUGH és mtsai (2006) a granulátum keménység értékelését egy újabb szempont szerint teszik meg. Ez pedig az, hogy a pulykaistállóknak a pornak, mint közvetítő faktornak jelentős szerepe van a salmonella átvitelében, terjesztésében. Kísérleteikben kimutatták, hogy $2,6 \times 10^5$ *Salmonella typhimurium*/g takarmány esetén, a porral szennyezett istálló levegőjében, már 2 óra tartózkodási idő elegendőnek bizonyult arra, hogy bekövetkezzen a pulykák salmonella fertőződése. Ezért minden olyan eljárás (vagy adalékanyag), ami a pellet keménységet növeli, vagyis a porképződési hajlamot csökkenti, alapvetően fontos a salmonella fertőzés elleni védekezésben.

CRAMER és mtsai (2003) szemescirok alapú brojler tápokra vonatkoztatva állapítják meg, hogy az expandálás javítja a pellet keménységet, de az élősúlyra, a takarmány felvételre és a takarmányértékesítésre nem tudtak kedvező hatást realizálni.

Takarmányozási kísérletek

Malacokkal beállított kísérletében, JACKSON (1994), dercés, granulált és expandált+granulált takarmányokat etetett, és mérte a napi takarmányfelvételt, a napi testsúlygyarapodást és a fajlagos takarmányértékesülést. Arra az eredményre jutott, mely szerint mindhárom mutató esetében, az expandált+granulált takarmánnyal etetett állatok értek el kedvezőbb értékeket.

25. táblázat

Malactakarmányozási kísérlet különbözőképpen kezelt takarmányokkal (JACKSON, 1994)

	Dercés	Granulált	Expandált+ granulált
Napi takarmány felvétel (g)	1007	955	922
Napi testsúlygyarapodás (g)	473	470	476
Fajlagos takarmányértékesülés (kg/kg)	2,13	2,03	1,94

Az expandálás hatását, JACKSON (1994), egy brojler takarmányozási kísérletben is vizsgálta. Négyféle kezelést (dercés, granulált, expandált+granulált, expan-

dált+granulált+morzsázott) alkalmazott, háromfázisos (indító, nevelő, befejező) brojler tápokkal. Mérté a súlygyarapodást, a takarmányfelvételt, és az aminosavak emészthetőségét. A takarmány kukorica, szója és állati fehérje volt, 13,79 MJ ME/kg sz.a., 23–19% közötti nyersfehérjével. A nevelés időtartama 50 nap volt. A kezeléseknek nem volt hatása a takarmányfelvételre, de szignifikáns ($P < 0,001$) hatása volt a jércék súlygyarapodásra. A kakasokat vizsgálva az eltérés nem volt szignifikáns. Az expandált takarmány szignifikáns javulást eredményezett a jércék takarmányértékesítésében, a kakasok esetében hasonló, de nem szignifikáns trenddel. Az expandált takarmányok aminosavainak emészthetősége szignifikáns csökkenést mutatott a lizin, a treonin és a triptofán esetében. A kísérlet azt mutatta, hogy az expandálásnak hatása volt a jércék teljesítményének a növelésében, de nem volt hatása a kakasokra. Mivel a kakasoknak nagyobb a fehérje és lizin igénye, feltételezhető, hogy ezek mennyisége, limitáló volt.

PEISKER (1994a) vizsgálta az expandálás hatását a nyersrost emészthetőségére: a sertéstakarmány esetében a nyersrost emészthetősége 14%, az NDF 6%, az ADF 7% ponttal, míg a baromfitakarmányban az NDF 5%, az ADF 3%, a cellulóz emészthetősége 8% ponttal javult. Véleménye szerint, a javuló emészthetőség miatt, így több nyersrost adható a monogasztrikusok takarmányába (26. táblázat)

26. táblázat

A nyersrost emészthetősége expandált takarmányokban (% , PEISKER, 1994a)

	Sertés		Brojler	
	Kontroll	Expandált	Kontroll	Expandált
Nyers rost	35,5	49,8	—	—
NDF	55	56,2	8,4	13,8
ADF	33,8	40,3	19,8	22,3
Cellulóz	—	—	8,2	16,1

Pelletált, illetve expandált búza alapú takarmánykeveréket gyártattak le GRAHAM és INBORR (1993), enzimmel és nélküle. Egy brojler etetési kísérletben mérték a 28. napos élősúlyt, a fajlagos takarmány-felhasználást, és a vékonybél-tartalom viszkozitását. Azt találták, hogy az NSP (nem keményítő poliszacharid) oldhatósága javult. Az NSP-tartalom mindig a búza minőségétől, a hőkezeléstől és a hozzáadott enzimtől függ. A legjobb eredményt az expandált enzimes takarmánykeverék hozta. A búza aránya a takarmánykeverékben 60% volt.

27. táblázat

Az Avyzim és az expandálás hatása chymus viszkozitására (GRAHAM ÉS INBORR, 1993)

	Élősúly, g (28. nap)	Tak. ért. kg/kg	Vékonybél viszkozitás (cP)
Pelletált	1155	1,5	6,9
Pelletált+Avyzim	1173	1,47	4,3
Expandált	1124	1,53	5,2
Expandált+Avyzim	1177	1,39	3,8

LIEBERT (1994), német kutató, egy kukoricaalapú brojler takarmány emészthetőségét és energiatartalmát vizsgálta, a takarmány különféle hőkezelése után (28. táblázat). Azt találta, hogy nem volt szignifikáns különbség a fehérje, a keményítő, a szerves anyag és az ADF emészthetősége között, viszont szignifikáns eltérés volt a cellulóz, a zsír, az ADF és ME értékek között. Az expanderes kezelés, PLAVNIK és SKLAN (1995) kísérleti eredményei szerint is, növeli a brojler takarmányok emészthető energiatartalmát.

28. táblázat

Egy kukorica alapú brojler takarmány emészthetősége és energiatartalma, különféle hőkezelések után (LIEBERT, 1994)

Kezelés	Emészthetőség (%)							ME MJ/kg
	Szerves- anyag	Zsír		Kemé- nyítő	NDF	ADF	Cellulóz	
Pelletálás	68,6	70,6		97,8	8,4	19,8	8,2	11,70
Expandálás+ granulálás	70,2	77,2	82,3	98,9	13,8	22,3	16,1	12,21
Expandálás	69,8	79,9	82,9	98,4	11,5	21,2	17,9	12,20
Expandált ku- korica	67,7	76,9	67,7	98,1	13,8	20	0	11,35

Két dél-koreai kutató, CHAE és HAN (1998) véleménye, hogy az extruder/expander alkalmazása megkönnyíti a takarmányos szakemberek dolgát a receptura összeállításakor, mivel a bedolgozható komponensek szélesebb választékából lehet válogatni. Az eljárás ezen kívül javítja a pelletminőséget is. Tény az is, hogy az így kezelt takarmányok táplálóanyagainak emészthetősége sertésekben, kismértékben javul, de ez nincs hatással az állatok növekedésére. A takarmány expandálása+granulálása, a hasznosítható lizin, treonin és triptofántartalomra nem volt szignifikáns hatással, a kezelés hatására azonban szignifikánsan javult a nyersrost emészthetősége, egy másik, növekedéssértésekkel beállított kísérletben (VAN DeGINSTE és DeSCHRIJVER, 1998).

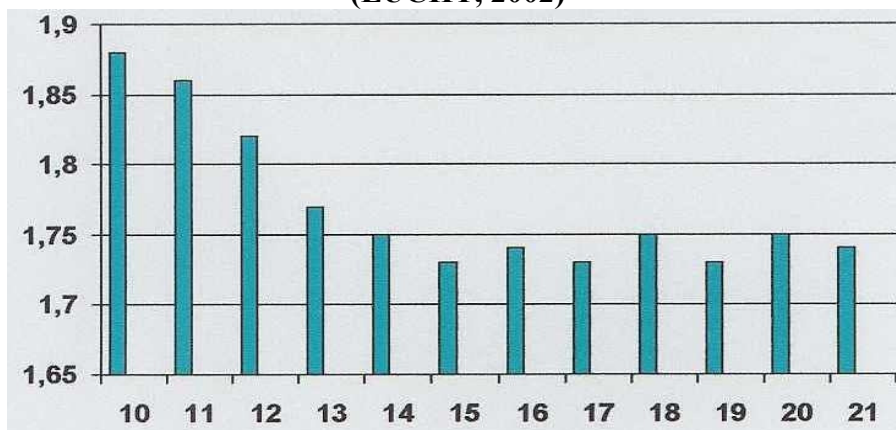
Két amerikai kutató (DOUGLAS és PARSONS, 2000) az Illinois-i egyetemen, három, eltérő módon hőkezelt takarmánnyal állított be hizlalási kísérletet Peterson x Hubbard brojler csirkékkel. Az első mintát expandálás nélkül, a másodikat expandálással, a harmadikat az előző kettő kombinációjával állították elő. A kísérletben 3x2x2 faktoriális elrendezést alkalmaztak. A vizsgálat, 8-tól a 21. napos életkorig tartott. Azt találták, hogy egyik kezelésnek sem volt hatása a fehérje oldhatóságára, az élősúlyra, illetve a takarmányértékesítésre.

O'DOHERTY és mtsai (2001a) különböző kísérleteikben, általában nem tudták megállapítani az expandálás mások által közölt kedvező hatásait. Így például szerintük az expanderes kezelés hatására csökkent a sertések napi takarmányfelvétele és a takarmányértékesítés sem változott. Egy másik közleményük szerint a takarmány expanderes kezelése (5 másodperces kondicionálás 85 °C-on, nyomás 35 bar, 5 másodperces expandálás 105 °C-on) nincs semmilyen hatással a sertések növekedésére. Az expandálás nem volt hatással az egyes táplálóanyagok emészthetőségre, azonban az emészthető energiatartalom szignifikánsan növekedett a kezelés hatására. Megállapították azt is, hogy a napi súlygyarapodásra és takarmányértékesítésre ebben az esetben sem volt hatás (O'DOHERTY és mtsai, 2001b). O'DOHERTY és mtsai, 2002-ben, 72 sertéssel (indulósúly 40,4±1,0 kg), 3x2 faktoriális elrendezéssel állítottak be, egy hizlalási kísérletet. A sertésekkel, 35 bar kúpnomással, 105 °C-on (a kondicionálási hőmérséklet 85 °C) expandáltatott, palma olajjal (100g/kg takarmány szárazanyag) és nyersrosttal (50g/kg takarmány szárazanyag) kiegészített takarmányt, *ad libitum* etettek. A kísérlet eredményei alapján arra a megállapításra jutottak, hogy a zsír és nyers rost kiegészítés negatív hatással volt a sertések teljesítményére.

A 2002. évi Kahl Symposiumon LUCHT (2002) arról számolt be, hogy még 1999 márciusában, egy dél-amerikai brojler integrátor, takarmánykeverési technológiájába Kahl-féle expandert épített be. A cél nagyobb termelési kapacitás, jobb pellet minőséggel, több zsír- vagy olajadagolási lehetőség, javuló takarmányhigiénia elérése volt és mind ez javuló brojler termelési hatékonysággal (kedvezőbb súlygyarapodás és takarmányértékesülés). A 17. ábrán, 1999 március közepétől május közepéig terjedő időszakban látható az integráció által előállított 1 kg élősúlyra felhasznált fajlagos takarmányértékesülés. Ezek szerint, az expander beállítása előtti 1,88 kg/kg-os érték 1,75 kg/kg-ra csökkent. Ez 130 gramm takarmány megtakarítást jelent élősúly kilogrammonként.

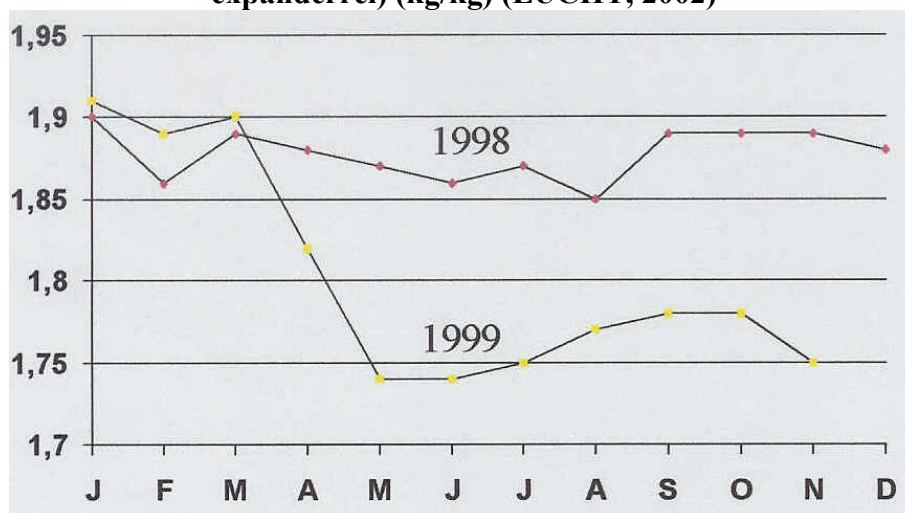
A 18. ábrán az 1998-ban és 1999-ben élősúly kilogrammonként felhasznált takarmány (kg) mennyisége látható havi bontásban.

17. ábra: A takarmányértékesülés fejlődése expanderrel (kg/kg) (LUCHT, 2002)



Megjegyzés: a számok az év heteit jelentik 1999-ben

18. ábra: Takarmányértékesülés 1998-ban (expander nélkül) és 1999-ben expanderrel) (kg/kg) (LUCHT, 2002)



Megjegyzés: a betűk a hónapok kezdőbetűit jelentik

Nagy nedvességtartalmú kukoricával készült keveréket kezeltek Amandus Kahl expanderrel HERRMAN és LOUGHIN (2003), azt megállapítandó, hogy az eljárás milyen hatással van egy ilyen összetételű takarmány eltarthatóságára, és PDI-jére, a keverőüzemi teljesítményére, és az áramfelvételre. Megállapították, hogy a kezelés javította a takarmány mikrobiológiai állapotát és így az eltarthatóságát, szignifikánsan jobb volt az expandálást követően a takarmány a PDI-je, és a keverőüzem teljesítménye. Az ösz-

szes áramfelvétel ugyan nőtt, de a megnövekedett óránkénti teljesítmény miatt, az egy-ségnyi takarmányhoz felhasznált elektromos áram igény csökkent.

MENDES és mtsai, 2004-ben, kukorica-szója alapú expandált, extrudált, mikronizált, valamint kezeletlen takarmányokkal állítottak be sertéshizlalási kísérletet. Azt találták, hogy az expandált takarmánnyal etetett tápok emészthetősége szignifikán-san romlott a kezelés hatására, viszont az extrudált és a mikronizált tápoké szignifikán-san javult. Ettől eltérő eredményt hozott egy hízósertésekkel beállított, expandált kuko-rica, szója, és expandált szója alapú takarmányokat felhasználó másik kísérlet (VELOSO és mtsai, 2005). Ebben a keményítő zselatinizációt, a nitrogén mentes ki-vonható anyagok, a szárazanyag és az energia emészthetőségét állapították meg. Azt találták, hogy az expandált kukorica alapú takarmányokban a nitrogén mentes kivonható anyag és a keményítő zselatinizáció szignifikánsan javult, míg a szója és az expandált szója esetében szignifikánsan romlott.

REICHENBACH (2005), korábban már idézett közleményében, az expandált takarmányokkal elért, több, pozitív eredményről számol be a baromfi és sertéstakarmá-nyozással kapcsolatban. Úgy mint, a kezelés hatására bekövetkező pelletminőség javu-lás, továbbá a több zsír/olajadagolási lehetőség és az ezen keresztül bekövetkező ener-giatartalom-növekedés, különböző takarmány táplálóanyagok jobb emészthetősége, javuló higiénia (eliminálódnak a patogén baktériumok és gombák), ezáltal csökkenő antibiotikum és szerves sav felhasználás, alacsonyabb mortalitás, jobb fajlagos takarmányértékesülés.

CAMPBELL és mtsai (2006), Ross 308-as hibridekkel végzett takarmány hőke-zelési kísérleteik alapján megállapították, hogy az expandálás+pelletálás előtt 90–95 °C közötti hőmérsékleten kondicionált, majd az ezt követő 149 °C-on expandált takar-mánnyal etetett, illetve a csak pelletált takarmánnyal etetett madarak között nem volt szignifikáns különbség sem a növekedést, sem pedig az élősúlyt tekintve.

CALLAN és mtsai (2006) még nem publikált sertéshizlalási kísérletéhez a ta-karmányokat Kahl-féle körgyűrűs expanderrel kezelték (a kondicionálás 85 °C-on 5 mp-ig, az expandálás 105 °C-on, 35 bar-on, szintén 5 mp-ig tartott). A kezelés csökken-tette a napi takarmányfelvételt. A kezelésnek, O'DOHERTY és mtsai (2002) eredmé-nyeihez hasonlóan, nem volt hatása a táplálóanyagok látszólagos emészthetőségére. A kezelés hatására nem javult a sertések hizlalási teljesítménye sem.

Összefoglalva a szakirodalomban található információkat, azok rendkívül szé-leskörűek, de hiányoznak azok a kísérletek, amelyekben a szerzők a keverőüzemi tech-

nológia részleteit és ugyanazon takarmány biológiai vizsgálatait végezték volna el. A tipikus 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. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

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

A részvénytársaság 1989-ben alakult, mint angol-magyar vegyes vállalat. A zöldmezős beruházás alapvető célja egy zárt rendszerben megvalósítható pulykatenyésztés megszervezése, az ehhez szükséges alapanyag biztosítása, illetve a feldolgozás, a tovább-feldolgozás, és az értékesítés megvalósítása volt. A társaság szindikátusi szerződésében a magyar felek vállalták a tenyésztés megszervezését, továbbá a keltetéshez, a vágóhídhöz, és a tovább-feldolgozóhoz szükséges infrastruktúra kiépítését. A külföldi fél feladata a technológia és a „know how” biztosítása, továbbá a vállalkozás vezetése és az értékesítés volt. A Társaság 2000-ben vette fel a Gallicoop Pulykafeldolgozó Részvénytársaság nevet (2006-tól Zrt.).

Az Zrt. napjainkra Kelet-Magyarország legnagyobb zártrendszerű pulyka integrációjává vált, magába foglalva a takarmánygyártást, a szülőpárnevelést és keltető tojástermelést, a tojáskeltetést, az előnevelést és a hizlalást, a feldolgozást és tovább feldolgozást, valamint az értékesítést a hozzátartozó logisztikai szolgáltatással. Jelenleg, a 127 ezer tonna Magyarországon előállított pulykahús egynegyedét állítják elő.

A feldolgozott pulyka jelentős hányadát darabolt áruként értékesítik, korszerű csomagolási technológiával, elsősorban előhűtött formában. A pulykahús egyre nagyobb hányadát dolgozzák fel a legmagasabb szintű fogyasztói igényeket is kielégítő késztermékeké (aszpikos termékek, előkészített és fűszerezett húsok, felvágottak, főtt, füstölt termékek, húsok, kolbászfélék, májasok, panírozott termékek, sonkafélék, száraz-, félszáraz áruk, vörös áruk).

Tapasztalt szakembergárda, valamint a bevezetett ISO minőségbiztosítási, valamint HACCP élelmiszerbiztonsági rendszerek garantálják a legmagasabb szintű piaci követelményeknek való minőségi megfelelést.

Stabil, kiegyensúlyozott piaci kapcsolataik vannak, termelésük 60%-át belföldön, 40%-át pedig export piacokon értékesítik. Belföldi partnereik között megtalálhatók a legnagyobb áruházláncok (METRO, TESCO, Auchan, SPAR, stb.), valamint az ipari felhasználók (Herz, Kaiser, UNILEVER, DÉLHÚS, stb.).

Az export elsősorban az Európai Unió országaiba (Németország, Olaszország, Ausztria, Anglia, Hollandia) valamint Svájcba irányul, azonban jelentős forgalmat bo-

nyolítanak a közép- és kelet-európai országokba is (Szlovákia, a volt Jugoszlávia országai, Románia, Ukrajna).

A vállalati stratégia fontos része az innováció, mert tudvalevő dolog, hogy a siker kulcsa a fejlesztés. Ennek részeként, 1994-ben, egy 60.000 tonna/év kapacitású takarmánykeverő üzemet vásárolt a cég. Éves termelését 90%-ban pulyka-, 10%-ban sertéstakarmányok teszik ki. Ez biztosítja az integráció fele részének takarmányellátását. 2003-ban, a GM támogatásával, bevezették az expandálási technológiát, és elindították a premixüzemet.

A vágóhídon évente 35.000 tonna élőállatot dolgoznak fel és a cég hosszú ideig csak darabolt termékekkel volt jelen a húspiacon. 1995 januárjában, egy 5000 tonna/év kapacitású továbbfeldolgozót létesítettek, ami lehetővé teszi kisebb csomagolású, közvetlen fogyasztásra alkalmas, és minőségileg korszerű termékek széles skálájának előállítását. 1999-től panírozott termékeket is gyártanak. 2001-ben, a Gazdasági Minisztérium és a Békés Megyei Területfejlesztési Tanács támogatásával, korszerű panírozó üzemet helyeztek üzembe, melyet 2004-ben, SAPARD támogatással, tovább bővítettek, így a panírozó üzem kapacitása is évi 5000 tonnára emelkedett. E nagyobb léptékű beruházások mellett, a meglévő eszközparkot is folyamatosan fejlesztik, bővítik.

3.1. A takarmánygyártás technológiája

3.1.1. Az üzem, a technológiai folyamat és expandálás gépei

A takarmányokat a Gallicoop Zrt. Tamix Takarmánykeverő Üzemében (Szarvas) állították elő (19. ábra). Az üzemben főként pulykák számára gyártanak takarmányokat, de igény szerint más állatfajok részére is. Az üzem technológiájának kiegészítésére, 2003-ban állítottak üzembe két KAHL OE.23 típusú, 23 cm belső átmérőjű expander, melyet 2005-ben, két KAHL Rotospray-vel egészítettek ki. E készülékek alkalmazásával megelőzhető az expander esetleges kedvezőtlen hatása a hőérzékeny enzimekre, vitaminokra, illetve igény esetén, növelni lehet a hozzáadott zsírmennyiséget, így emelve a takarmányok energiatartalmát.

19. ábra: A Gallicoop Zrt. takarmány- és premix-előállító üze­me



A takarmánykeverő üzemek technológiájában a dercés takarmányok granulálását, egy ún. kondicionálás előzi meg. A Tamix üzemben, a kondicionálás után a takarmányokat előbb expandáltatják, majd ezután kerülnek granulálásra. Ez a folyamat két vonalon folyik (1. melléklet).

Az I. vonalon történik a gyógyszeres takarmányok granulálása. Ezen a vonalon lehetőség van a napos állomány részére, morzsázott takarmány gyártására is. A II. vonalon a gyógyszermentes pulyka- és sertéstakarmány-keverékek gyártása folyik.

Granulálási folyamat az I. présvonalon: A keverőgépből, a megkevert dercés takarmány, a T55.1 vagy a T55.2 tartályokba kerül. A tartályt ürítő csigákból az anyag, az MG2 serleges felvonóval a T63 préselő tartályba kerül. A benne elhelyezett szintérzékelők vezérlik a tartály töltését (felső szintérzékelő), valamint a présvonal leállítását és indulását (alsó szintérzékelő). A prés előtartályából, egy szabályozható fordulátú adagolócsigán keresztül, a dercés takarmánykeverék a kondicionáló-hengerbe kerül. Itt történik a gőz, a víz, valamint a receptúrának megfelelően, a takarmányadalekok beadagolása. A gőz beadagolás után az anyag hőmérséklete 67–78 °C. A víz, a keveréktől függően, 0–1,8%-ig kerül bedolgozásra. Olaj bedolgozására 0–8%-ig van lehetőség.

A kondicionálás után az anyag az expanderbe kerül, amiből tömörítés után, a takarmány mintegy 20–40 bar nyomással, egy kúp­nak préselve, egy gyűrű formájú résen keresztül, lepényszerű (kb. féltenyérnyi) lapkákban hagyja el a gépet. Ez a durvára formázott, 95–105 °C hőmérsékletű anyag, az ún. strukturálóba kerül ahonnan „tarhonyaszerű” méretre zúzva, egy továbbító csigán keresztül a granulálóba hullik. Itt történik a végső strukturálás. A granulálóból, a 90 °C hőmérsékletű, 15–17% nedvességtartalmú granulátum a hűtőbe (T65) kerül, ahol a környezeti levegőhöz közeli hőmérsékletre hűl

és kb. 13,5% nedvességtartalomra szárad. A hűtés után, az igényeknek megfelelően, lehetőség van a granulátumok morzsázására, ami az M68 jelű berendezésben történik. A késztermék tárolása, az M70 vibroszítán áthaladva, ömlesztett tárolókban T76.1-T76.8-ig, vagy a T92 jelű tartályból, egy félautomata zsákolón keresztül, egalizáló zsákokban történik.

A II. vonalon, a dercés keverék, a T55.3 és T55.4 tartályokból, az M80 serleges felvonóval kerül a T81 előtartályba. Az expandálás és préselés folyamata a T84 hűtő leadópontjáig megegyezik az I. présvonalon leírtakkal. Ezen a présvonalon lehetőség van enzimeknek a granulátum felületére történő felvitelére. Így az M100 jelű vibroszítáról, az anyag, az M1001 felvonó közbeiktatásával, a T56 jelű előtartályba, majd az enzimadagolóba kerül, ahol a megadott mennyiségben, a granulátum felületére történik a porlasztás. Az enzimadagolóból, az M102 rédler segítségével a granulátum vagy a T92 zsákoló előtartályba, vagy a T97.1-T97.2, illetve a T91.1-T91.4. ömlesztett tárolókba jut. Ha nincs utólagos enzim ráadagolás, akkor a M100 vibroszítáról lekerülő granulátum, a P5.17 váltón keresztül, az M102 rédlerről a T91.1-T91.4 tartályokba kerül, vagy a P5.17 váltóról a P5.18 váltóra jutva a T92 zsákolóba vagy a T97.1 és a T97.2 tartályokba kerül.

A gyártó cég információja alapján a berendezéstől azt várták, hogy a granulátumok minősége javulni fog, csökken a granuláló gép áramfelvétele, javul a takarmányok emészthetősége, illetve, hogy összességében javulni fog a pulyka felnevelés hatékonysága, csökkenni fog elsősorban a takarmányozási költség.

Az expandálás+granulálásban résztvevő gépek és berendezések:

1. Előtartály: 3m³ térfogatú acéllemez tartály, amelynek a felső és alsó részén egy-egy kapacitív szintérezelő van. (A felsőszint érzékelője a tartály töltését, míg az alsószinté, a vonal indulását és megállását vezérli.)

2. Adagoló csiga: az előtartályból továbbítja a dercés takarmánykeveréket a kondicionáló csigába. A 2000 mm hosszú, 200 mm átmérőjű csiga meghajtását, egy tengelycsonkra felfűzött villanymotor (2,2 kW) végzi. A csigatengely fordulatszámát frekvenciaváltóval lehet változtatni, és ezzel, az adagolt mennyiség módosítható (0–12t/h).

3. 1D-550 kondicionáló csiga (Eco-processzor): Az adagolócsigából, az anyag, a 3000 mm hosszú és az 560 mm átmérőjű kondicionáló csigába kerül, amit egy 11 kW teljesítményű tengelyre fűzött homlokkerekes hajtómű hajt meg. A továbbítást és keverést, az állandó fordulatszámú tengelyen elhelyezett 28 db keverőlapát végzi. A kondi-

cionáló házon található még a gőzadagolóhoz 3-, és a takarmányolaj beadagolóhoz 1 db csatlakozó. A hőmérséklet ellenőrzésére, és a gőzadagolás vezérlésére, a ház két végén elhelyezett PT-100 típusú hőmérők szolgálnak.

Gőz hozzáadásával 72–80 °C-ra hevítik a takarmánykeveréket és nedvességtartalmát 17–18%-ra állítják be. Ha szükséges, a rendszerbe vizet lehet juttatni. A kondicionáló, mint folyamatos keverő működik, ezért a takarmányolaj beadagolása esetén az olaj elkeveredése homogén. A bedolgozott olajmennyiség 0–8% lehet.

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 acélcsőből és benne forgó egytengelyes csigából áll. A cső belsejében lévő csiga szegmensekre van osztva, melyek geometriai kialakítása a hatást tekintve meghatározó. A csőfalból törőelemek állnak ki. Ebbe a szegmensbe megfelelő elrendezésben, különböző helyeken programozott gőzadagolás történik. A törőelemek és a gőzfúvókák együttesen fékezik a tápkeverék haladását, miáltal erős nyíróhatás éri az anyagot. Ezek és a gőz hatására a keverék felmelegszik és a kimenet irányában nyomás jön létre. Az expander végét egy süllyesztett 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 mozgását egy hidraulikus munkahenger végzi. Ez teszi lehetővé az expander belsejében kialakuló nyomás (ami hatással van az anyag hőmérsékletére) igen érzékeny és pillanatszerű szabályozását. A hidraulikus munkahengert egy számítógépes program alapján az expander kimeneti gyűrűjébe integrált hőmérsékletérzékelő által adott értékek vezérlik. Ez teszi lehetővé, hogy az anyagban mindig a megadott programnak megfelelő optimális paraméterek alakuljanak ki. A hidraulikus berendezésben a nyomás 0 és 100 bar között lehet változtatni, a maximális hőmérséklet 120 °C lehet. A csiga fordulatszáma és a leadott nyomaték természetesen szintén szabályozható az adott programnak megfelelően. 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 pillanatszerűen elpárolog, minek következtében az expandátum további szárítást nem igényel.

A gépet, homlok-fogaskerékes hajtóművel, egy 160 kW teljesítményű motor működteti. Az expander tengely fordulatszáma 300–350 f/min.

Az expander fontos része a hidraulikus egység, ami az expandáláshoz szükséges ellennyomást biztosítja. Része a 2,2 kW teljesítményű villanymotor, amelyik a hidrau-

lika szivattyút hajtja. A hidraulikaolaj tárolására egy kb. 60 literes tartály szolgál. Az expanderkúp és a hidraulikus egység összeköttetését flexibilis hidraulikacső biztosítja. Fontos elemek még az ellenőrző és szabályozó szelepek.

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. A vágókésekkel felszerelt hengerek, percenkénti 800 fordulattal, a rájuk hulló expandátumot, egy ún. rostán átkényszerítve „állítják be” a granulálandó anyag szemcseméretére.

6. Gránit 90 granuláló gép: A gépnek gyűrűsmatricája és három présgörgője van. A strukturálóból lehulló expandátum (80–85 °C), egy csiga segítségével kerül a prés-gépbe. A matrica furat átmérője 4 mm, hossza 42,5. A gép teljesítménye 6–12 t/h, a takarmány összetételétől függően (alacsony zsírtartalmú és magas fehérjetartalmú tápok esetén 6–8, 4–6% zsírtartalmú tápok esetén 10–12 t/h). A matricából kihulló — 65/70 °C hőmérsékletű — anyag, egy ellenáramú hűtőbe kerül.

7. Geelen VKRS 19X19 granulátum hűtő: A kész granulátum egy forgólapátos légelzárón keresztül kerül ebbe a berendezésbe, ahol terelőkúp biztosítja az anyag egyenletes eloszlását. A hűtőtér alját egy zsalus berendezés zárja le, ami egyrészt lehetővé teszi a hűtő szakaszos (teljes leürítés esetén folyamatos) kitarolását, másrészt az elszívó ventilátor szívóhatására, ezen keresztül áramlik be a hűtőlevegő. A zsalut egy 1,5 kW teljesítményű, fékes hajtóművű villanymotor mozgatja. Az ürítés kezdetét és végét, a hűtőtér oldalán elhelyezett kapacitív szintérzékelő vezérli. Az ürítő zsalu pozicionálására, az excenteres tolórúdnál elhelyezett mikrokapcsoló szolgál. Az esetleges túltöltés megakadályozására, van egy ún. vészszint kapcsoló, amelyik megállítja az expander adagoló csigát, megakadályozva ezzel a többi berendezés eltömődését.

A hűtő normál üzeme esetén, a hűtőtérben 1–1,2 tonna granulátum van, amely mennyiséget, még a 12 t/h granulálási teljesítmény mellett is, biztonságosan le lehet hűteni a környezeti levegőéhez közeli hőmérsékletre.

8. RS 700 Rotospray: A berendezés különböző folyadékoknak (aromák, vitamínok, enzimek, növényi olajok, stb.) a granulátumra, vagy az expandátumra történő felvitelére alkalmas.

A folyadék, a centrifugális erő hatására, köpenyként kerül a szilárd anyag (granulátum) felületére, ahonnan az később felszívódik. A bedolgozandó folyadék mennyiségét, az adagoló szivattyúk, a granulátum térfogatáramának megfelelően növelik, ill. csökkentik. A folyadék, az ún. spray csőből, egy forgó porlasztótárcsára kerül, ahonnan

a centrifugális erő hatására, porlasztva, a felülről érkező, és egy terelőkúp segítségével elosztott, granulátum függönyre tapad. A kezelt termék, a kitároló rendszeren keresztül, a meghatározott céltartályba kerül.

A rotospray fő részei: ház, be-, és kiömlőnyílással, ill. az ellenőrző nyílásokkal, állítható anyagelosztó, meghajtomotor a röpítő tárcsával, spray-cső a hozzátartozó csatlakozókkal (az adagolni kívánt folyadékok számának megfelelően), biztonsági berendezések (szintérezékelők).

3.1.2. Technológiai paraméterek és felvételezésük

A jellemző paraméterek felvételének lehetséges helye a 29. táblázatban látható:

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

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

29. táblázat

A jellemző paraméterek felvételének lehetséges helye

	1. Kondicionáló	2. Expander	3. Strukturáló	4. Granuláló
Bemenő hőmérséklet	van	Van	van	van
Kimeneti hőmérséklet	van	Van	van	van
Teljesítmény	van	Van	nincs*	van
Áramfelvétel	van	Van	nincs*	van
Kúphőmérséklet	nincs	Van	nincs	nincs
Kúpnymás	nincs	Van	nincs	nincs

Megjegyzés: * természetesen van, de külön nem, csak az expanderrel együtt mérhető

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

Granulátum szilárdságának mérése

A granulátumok keménységének vizsgálatát, egy erre a célra kifejlesztett, ún. Kahl-féle granulátum keménységmérő műszerrel (20. ábra) végeztem el. Az első kísér-

let 2–8. fázisának takarmányaiból vett minták keménységét állapítottam meg, a mintákból kivett 40-40 granulátum vizsgálatával.

A pelletet, az üllő erre a célra kialakított, „v” keresztmetszetű vályújába kell helyezni, majd a racsnis fixáló csavar segítségével, a törődugattyúhoz érintve, rögzíteni. Ezután a műszer másik végén található nyomó csavart, óvatosan addig kell tekerni, amíg a pellet össze nem törik. A műszer kg/cm^2 -ben mutatja a törő szilárdságot.

20. ábra: Pellet keménység mérő



3.2. Kísérleti elrendezés

Mindhárom állatkísérlet kezelése elsősorban a hőkezelés módját jelentik (30. táblázat). Az anyagcsere kísérletben, pulyka indító II. tápot (31. táblázat) expandálva, granulálva, majd expandálva+granulálva etettünk.

30. 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

31. táblázat

Az anyagcsere kísérletben etetett takarmány

A takarmány összetétele, %	
Takarmánybúza	30,00
Kukorica	14,50
E.szójadara, 46%	40,00
Kukoricaglutén, 60%-os	3,00
Növényi olaj,	4,00
Takarmánymész	1,50
Zeolit	2,00
Pulyka indító II. 5% premix*	5,00
A takarmány számított táplálóanyag-tartalma	
Száranyag, %	88,21
Nyersfehérje, %	24,77
Keményítő, %	29,78
Cukor, %	4,36
Nyerszsír, %	5,91
Nyersrost, %	3,93
Nyershamu, %	10,20
AMEn, baromfi, MJ/kg	11,52
Lizin, %	1,64
Metionin, %	0,55
Met+cisztin, %	0,98
Treonin, %	0,96
Triptofán, %	0,30
Vitamin és ásványianyag-tartalom	
Ca, %	1,25
P, %	0,99
P, hasznosítható, %	0,68
Na, %	0,15
A-vitamin, NE/kg	12000
D ₃ -vitamin, NE/kg	5500
E-vitamin, mg/kg	80

Megjegyzés: * összetételét lásd 2.sz. melléklet

Az első hizlalási kísérletben etetett takarmányokat (8 fázis, 32–35. táblázat, és 2. melléklet, 1–4. táblázat) 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, 36. táblázat, ill. 2. melléklet, 5. táblázat) 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 (2. melléklet, 6. táblázat), míg a hizlalási II. kísérlet takarmányaira (3. fázis), a kész pelletre, a Rotospray segítségével vitték fel a folyékony enzimkeveréket (2. melléklet, 6. táblázat). A hizlalási I. kísérlet takarmányai enzim bekeverés nélkül, a (fizikai) keményítóbontás 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.

32. táblázat

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok (1)

Összetétel, %	Indító I. (0–4. hét)		Indító II. (5–7. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzás”	„Kukoricás”	„Búzás”
Takarmánykukorica	44,0	—	45,1	—
Takarmánybúza	—	42,5	—	44,6
Extrahált szójadara II.o. 46%	41,0	40,0	42,0	40,0
Burgonyafehérje	3,0	3,0	2,0	2,0
Lysamine (borsófehérje)	3,0	3,0	2,0	2,0
Olaj, folyékony	2,0	4,5	2,0	4,5
Tak.mész	1,0	1,0	1,9	1,9
Pulyka indító I. 6% pr.*	6,0	6,0	—	—
Pulyka indító II. 5% pr.*	—	—	5,0	5,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	27,3	27,9	26,3	26,6
Nyerszsír	4,8	6,20	4,8	6,1
AMEn baromfi, MJ/kg	12,0	12,1	11,9	12,0

Megjegyzés: * összetételét lásd 2.sz. melléklet

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok (2)

Összetétel (%)	Nevelő I. (8–9. hét)		Nevelő II. (10–12. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzás”	„Kukoricás”	„Búzás”
Takarmánykukorica	46,9	—	54,6	—
Takarmánybúza	—	47,8	—	56,1
Napenerg D	4,0	4,0	8,0	8,0
Extrahált szójadara II.o. 46%	41,3	38,0	29,0	25,0
Olaj, folyékony	1,5	4,0	2,5	5,0
Tak.mész	1,2	1,2	1,8	1,8
L-lizin	—	—	—	0,08
DL-metionin	—	—	—	0,02
MCP	0,1	—	0,1	—
Pulyka nevelő I. 5% pr.*	5,0	5,0	—	—
Pulyka nevelő II. 4% pr.*	—	—	4,0	4,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	24,2	24,2	20,4	20,4
Nyerszsír	4,6	5,9	6,1	7,2
AMEn baromfi, MJ/kg	11,8	12,0	12,6	12,7

Megjegyzés: * összetételét lásd 2.sz. melléklet

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok (3)

Összetétel, %	Nevelő III. (13–14. hét)		Befejező I. (15–16. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzás”	„Kukoricás”	„Búzás”
Takarmánykukorica	55,7	—	57,0	—
Takarmánybúza	—	57,2	—	60,0
Napenerg D	10,0	10,0	11,5	12,0
Extrahált szójadara II.o. 46%	25,0	21,5	20,5	16,0
Olaj, folyékony	4,0	6,0	6,0	7,0
Tak.mész	1,2	1,3	0,8	0,9
L-lizin	—	—	—	0,1
MCP	0,1	—	0,2	—
Pulyka nevelő III. 4% pr.*	4,0	4,0	—	—
Pulyka befejező I. 4% pr.*	—	—	4,0	4,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	19,3	19,5	17,9	18,0
Nyerszsír	7,7	8,4	9,8	9,6
AMEn baromfi, MJ/kg	13,1	13,0	13,7	13,6

Megjegyzés: * összetételét lásd 2.sz. melléklet

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok (4)

Összetétel, %	Befejező II. (17–19. hét)		Befejező III. (20–22. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzas”	„Kukoricás”	„Búzas”
Takarmánykukorica	59,5	—	62,5	—
Takarmánybúza	—	63,1	—	66,0
Napenerg D	10,5	7,0	12,0	6,0
Extrahált szójadara II.o. 46%	18,0	11,0	14,0	8,5
Full-fat szója	—	6,0	—	7,0
Olaj, folyékony	7,0	8,0	6,8	8,0
Tak.mész	0,8	0,9	0,5	0,5
MCP	0,2	—	0,2	—
Pulyka befejező I. 4% pr.*	4,0	4,0	—	—
Pulyka befejező III. 4% pr.*	—	—	4,0	4,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	17,2	17,0	16,1	16,1
Nyerszsír	9,6	10,2	9,4	10,5
AMEn baromfi, MJ/kg	13,7	13,7	13,8	13,9

Megjegyzés: * összetételét lásd 2.sz. melléklet

Hizlalási kísérlet II. takarmányai

Összetétel, %	Nevelő III.	Befejező I.	Befejező II.
Takarmánybúza	19,0	17,0	17,0
Takarmánykukorica	37,0	43,0	44,5
Napraforgódara	7,6	6,5	8,5
E. szójadara II.o. 46%	17,0	13,5	9,0
Full-fat szója	10,0	10,0	11,0
Olaj, folyékony	4,0	5,0	5,0
Tak.mész	1,4	1,0	1,0
Pulyka nevelő III. pr. 4%*	4,0	—	—
Pulyka befejező I. pr. 4%*	—	4,0	—
Pulyka befejező III. pr. 4%*	—	—	4,0
Kemzym W Liquid*	0,02	0,02	0,02
Számított paraméterek, %			
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	19,4	17,6	16,8
Nyerszsír	8,0	9,0	9,3
AMEn baromfi	13,43	13,93	14,01

Megjegyzés: * összetételét lásd 2.sz. melléklet

3.3. Laboratóriumi vizsgálati módszerek

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

3.3.1. A takarmányok ún. Weendei analízise

A hizlalási I. kísérlet nyolc fázisa takarmányainak kémiai analízisét, összesen 48 mintából (2x3x8, „kukoricás” és „búzás”; kezeletlen, expandált+granulált, granulált, míg a hizlalási II. kísérlet Weendei analízisét 6 mintából (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 húgysavtartalmát KRISTEN és POPPE (1966) foszforwolfrámsavas módszerével, ammóniatartalmát, pedig NH₃-érzékeny elektróddal (Radelkis OP 242-2) határoztuk meg.

3.3.2. Vízkaktivitás mérés

A vízkaktivitás mérése az élelmiszerben régóta használt módszer, de viszonylag új, és gyors a takarmánykeverékek mikrobiológiai stabilitásának előrejelzésére. Előnye, hogy amíg a szokásos nedvességtartalmi adat elegendő információt nyújt az alapanyagok várható stabilitására vagy romlására, addig ugyanez a keverékekre, a bennük levő sokféle alapanyag miatt, erre a célra kevésbé alkalmas (például két azonos víztartalmú anyag közül a nagyobb zsírtartalmú potenciálisan romlékonyabb, mert a zsír gyakorlatilag 97–98% szárazanyag-tartalmú, tehát a többi komponensnek, víztartalmuk miatt, már a kritikus zónába kell tartozniuk (SZIGETI, 2006)).

A takarmányok vízkaktivitását egy olyan viszonszám fejezi ki, ami megmutatja, hogy a takarmányok által zárt térben kialakított relatív légnedvesség (eRH: egyensúlyi relatív páratartalom) hányad része, a kémiailag tiszta víz által — zárt térben — generált

páratartalomnak. Ha egy takarmány egyensúlyi relatív páratartalma 65%, akkor az adott takarmány vízaktivitása ($a_w=65\%:100\%$) 0,65 lesz. Az egyensúlyi relatív nedvesség (eRH) alapján a romlásveszély megbecsülhető.

Az eRH érték megállapítására, a DRES'94 Kft. által forgalmazott, a „Takarmányok mikrobás károsodásának ellenőrzésére szolgáló romlásveszély-jelző edény” szolgált. A készülék hermetikusan zárható, fedelében digitális kijelzésű termohigroszkóppal. Az eRH értéket szobahőmérsékleten (20–25 °C) határoztuk meg.

A mérés eredményéből megállapítható, hogy egy takarmánykeverék vízaktivitása megfelel-e a biztonságos tárolhatóság feltételeinek. A minimális a_w érték azt jelenti, hogy ennél kisebb szabadvíztartalom esetén a mikrobák nem képesek szaporodni. Kevesebb, mint 65 eRH% érték esetén, nincs romlásveszély, 65-től ozmofil élesztők és xerofil penészgombák, 75-től a nedvesség igényesebb raktári gombák, a staphylococcusok, 85-től a szántóföldi gombák, az élesztők, illetve baciluszfajták, 90-től egyéb baktériumok szaporodása várható (MÁTRAI és mtsai, 2003).

Közvetlenül a gyártás után vett mintákból, az ÁTK laboratóriumában állapítottuk meg, a hizlalási I. kísérletben etetett keverékek vízaktivitását.

3.3.3. Mikrobiológiai vizsgálatok

Az OMMI laboratóriumában állapították meg a takarmányok mikrobiológiai állapotát, ami kettős célt szolgált. Az egyik a különböző módon kezelt takarmányok (és bennük a táplálóanyagok) eltarthatósága (30, ill. 60 napig, szobahőmérsékleten tárolva), a másik veszélytelenségük biztosítása az állatok (és a belőlük készülő élelmiszereken keresztül az ember) részére („élelmiszer és takarmánybiztonság”).

Az aerob mezophil baktérium flórát (baktériumflóra összesen, összecsíraszám) 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.

3.3.4. Savszám, peroxidszám mérése

A savszám és a peroxidszám a takarmány minőségének mutatója. Meghatározását a Takarmány Törvényben előírt, 2004-III-7. sz. i módszerrel végeztük el. A hizlalási I. kísérlet takarmányaiból, ÁTK laboratóriumában, összesen 48, szobahőmérsékleten tárolt mintát vizsgáltunk (kukorica és búza alapú takarmányok 8 fázisa, kezeletlen és kétféle hőkezelésű formában) közvetlenül a gyártás után, és 30, majd 60 nap elteltével.

3.3.5. A takarmány fehérje elemzésére használt módszerek

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 aminosav profilt az indító I., nevelő I. és befejező I. takarmányok különböző kezeléseiből állapítottuk meg (2x3).

Hasznosítható lizintartalom meghatározása: a módszerrel a takarmányok azon lizintartalma határozható meg, ami kémiai szempontból potenciálisan felhasználható az állati szervezetben (az epsilon helyzetben levő aminocsoportja szabad). A vizsgálatot az MSZ 6830/32-82 „A takarmány-alapanyagok festékmegkötő lizintartalmának meghatározása” szerint végeztük el.

Fehérje- és N-oldhatóság mérése: A fehérje denaturáció mértékének meghatározása érdekében állapítottuk meg a fehérje és a N vízőldhatóságát és határoztuk meg a fehérje (PDI) és a N oldhatósági indexet (NSI). A vízőldható fehérje a vizsgálati feltételek között kioldódó fehérje arányát (%), míg a vízőldható N a vizes oldatba vihető N-tartalmú vegyületek arányát (%) jelenti. A fehérjeoldhatóság mértékét (PDI) az oldatban maradó fehérje és a minta összfehérjéjének %-os arányával jellemezzük, míg a N-oldhatóság mértékét az oldható N és a minta össznitrogénjének %-os arányában (NSI) adtuk meg. A meghatározás AOAC módszereit (S BA10-65 és S BA11-65) HEGEDÜS és mtsai (1981) „A takarmányfehérjék minősítése” c. könyvükben ismertetik.

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

3.3.6. 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, melynek részletes leírása a *3. mellékletben* található (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.

3.3.7. A takarmány és a vékonybél-tartalom viszkozitásának a mérése

Takarmányviszkozitás: A hőkezelés hatását (a hőkezelési technológiáknak megfelelően vizesített) takarmányok viszkozítására (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, de az alapelveket és a standard profil jellemzését a *4. mellékletben* mutatom be. A bemért minta 6 g, szemcsemérete <1 mm, a hozzáadott víz térfogata 25 ml volt

Két alkalommal vizsgáltunk mintákat, az első mérés időpontjában 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 abrakkeverék (kezeletlen, granulált, expandált+granulált) mintákat vizsgáltunk.

A minták jelölése a következő volt:

az első méréskor (K: kukoricadara, B: búzadara):

K:	kezeletlen	B:	kezeletlen
KE:	expandált	BE:	expandált
KG:	granulált	BG:	granulált
KEG	expandált+granulált	BEG:	expandált+granulált

a második méréskor (KKA: kukorica-, KBA: búza alapú keverék):

KKA1:	kezeletlen	KBA1:	kezeletlen
KKB1:	granulált	KBB1:	granulált
KKC1:	expandált+granulált	KBC1:	expandált+granulált

A vékonybél tartalom viszkozitásának mérése:

A mérés módszere gyakorlatilag megegyezik a takarmányok esetében alkalmazott módszerrel, a különbség a minta előkészítésében van. Ehhez figyelembe vettem a WIESEMAN (1990), valamint SZŰCSNÉ és mtsai (1999) közleményeiben található ajánlásokat. A viszkozitás méréshez olyan homogén oldat szükséges, amelyben nincsenek szilárd szennyeződések. Miután az előkísérletekben a pulykák bél tartalmából centrifugálás után nem lehetett a méréshez elegendő felülúszót nyerni, ezért azt előbbit desztillált vízzel kevertük, és ezután centrifugáltuk.

Az első hizlalási kísérlet nevelő II. fázisának (11. hetes pulykák, $n=2 \times 2 \times 6$) végén történt vágáskor, a belső részek eltávolításakor, abból a teljes vékonybelet kimetsztük, mindkét végét lezártuk, azonosító számmal láttuk el, és előhűtött táskában, törtjeget tartalmazó műanyag zacskók közé ágyazva, azonnal a laboratóriumba szállítottuk. Itt történt meg a chymus eltávolítása. ROSE (2006) javaslata alapján, homogenizálás után a hígított chymusból kb. 5 g-ot centrifugacsőbe tettünk, 15 ml desztillált vizet adtunk hozzá, 6000 fordulatszámon, mintegy tíz percig centrifugáltuk, majd a supernatansból kb. 1 ml-t tettünk a viscosimeterbe, ahol a mérés a korábbiakban leírtak szerint történt.

3.4. Állatkísérleti módszerek

3.4.1. 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). Az istálló, speciális kiépítettségével és berendezéseivel, különleges egyedi ketreceivel (0–6 kg-os madarak részére), max. 32 madár tartását, korrekt takarmányozását, és bélsárának a gyűjtését tette lehetővé.

A kísérletbe 28. napos, 1230 ± 240 g testsúlyú bak pulykák (B.U.T. BIG 6) kerültek, melyek a Gallicoop Zrt. előnevelő telepéről származtak. A kísérletet $3 \times (2 \times 8)$ elrendezésben (3 kezelés: granulált, expandált és expandált+granulált; kezelésenként – egyedileg elhelyezett – 8 állattal, két ismétlésben) állítottuk be. A hőkezelt takarmányokat visszadarálva, morzsázott formában etettük.

A takarmány önetetőből, ivóvíz önitatóból, *ad libitum* állt az állatok rendelkezésére. A hét napos kísérletet kétszeres ismétlésben, négy nap előtetési és három nap kísérleti szakaszban végeztük. Az állatokat mindkét esetben véletlen kiválasztással osztottuk be a kezelésekre, és a főszakasz minden napján mérlegeltük. Megállapítottuk napi átlagos súlygyarapodásukat, a takarmányfelvételt, valamint a takarmányértékesülést. A teljes ürülékgyűjtés, a ketrecek alatt elhelyezett tálcákban történt.

Számítási módszerek (VINCZE, 1999; emésztési együtthatók, N retenció)

Abból indultunk ki, hogy a kevert ürüleből a vizelet N-t számítással meghatározva megkapjuk a bélsár N-t, melyből a nyersfehérje látszólagos emészthetőségét számoltuk. A vizelettel ürülő N mennyiségét, VINCZE (1999) javaslata alapján, úgy számítottuk ki, miszerint a húgysav és ammónia együttes N-tartalmát a vizeletben található összes N 80%-ának tekintettük. A többi táplálóanyag látszólagos emészthetőségét az alábbi képlettel számítottuk ki:

$$\text{A vizsgált táplálóanyag} = \frac{\text{felvett} - \text{ürített}}{\text{felvett}} \times 100$$

A takarmányok AMEn-tartalmát teljes ürülékgyűjtés alapján számítottuk ki:

$$\text{AMEn, KJ/g} = \frac{(\text{BE felvett} - \text{BE ürített}) - (\text{N retenció} \times 34,4)}{\text{felvett takarmány, g}}$$

3.4.2. Az I. hizlalási kísérlet módszere

Az első pulykahizlalási kísérletet 2006. májusában, a Gallicoop Zrt. integrációjába tartozó Habar Kft. III. számú pulyka előnevelő telepén állítottuk be, Converter hibrid (Hybrid Ltd., Kanada) bak pulykákkal, ahol az előnevelés kísérleti fázisa 17–52. nap között történt.

A telepen 4, egyenként 1000 m² alapterületű, termálvizes fűtésű istállóban folyik a pulyka előnevelés. A kísérletet a 2-es számú istállóban folytattuk le, úgy, hogy az üzemszerűen működő istállóba összesen 48 (1 m² alapterületű, 100 cm elválasztófal magasságú) ketrecet (kezelésenként 12) állítottunk fel. Ún. irányított elrendezést alkalmaztunk, hogy elkerüljük a nemkívánatos istállóhatást. Az állatokat csoportosan (6 madár/ketrec) tartottuk, a takarmány kézi feltöltésű brojler önetetőből, az ivóvíz vályús, szinttartásos önitatóból, *ad libitum* állt az állatok rendelkezésére. Az előnevelés végéig az alapterület 1 m² volt ketrecenként.

Az 52. napos korban, a madarakat átszállítottuk a Goldfood Kft. újkígyósi Örökföld Pulykahizlaló telepére, ahol a hizlalás befejeződött (az 52. és 135. nap között). A hizlaló telepen, az előnevelő telepről átszállított ketrecek alapterületét megdupláztuk (2 m²/ketrec).

A pulykákat a kísérlet beindításakor, a végén, valamint takarmányváltáskor egyedenként lemértük, összesen 11 alkalommal történt súlymérés. A takarmányfelvételt ketrecenként és takarmányváltásonként rögzítettük. Az elhullást vezettük, az elhullott állatok súlyát lemértük. A levágott állatok vágóhídi minősítésre kerültek.

A kísérlet 2x2 tényezős elrendezésű, 12 ismétléssel, ismétlésenként 6 madárral (valamennyi bak). A kísérleti tényezők: a gyártástechnológia (granulált, illetve expandált+granulált), és a recept típusa (gabonaforrás: kukorica, illetve búza)

3.4.3. A II. hizlalási kísérlet módszere

A második pulykahizlalási 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. élelnaptól 126. napos korig) állítottuk be. Elrendezése, 2 kezelés, kezelésenként 12 ismétléssel, ismétlésenként 5 előnevelt madárral (Converter hibrid, Hybrid Ltd., Kanada). A kísérleti tényező: a gyártástechnológia (granulált, illetve expandált+granulált), az enzim kiegészítést

(Kemzym W. Liquid) a technológiai sor végén, Rotospray-vel adagolták. Hét alkalommal történt súlymérés. A takarmányfelvételt szintén ketrecenként és takarmányváltásonként rögzítettük. Az elhullást vezettük, az elhullott állatok súlyát lemértük. A levágott állatok vágóhídi minősítésre kerültek.

3.1.5. Biometriai és ökonómiai számítások

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

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEK

4.1. Az állatkísérletben etetett takarmányok gyártásának paramétereit

4.1.1. A takarmányok gyártása közben felvett technológiai paraméterek

Az állatkísérletekben (anyagcsere, hizlalási kísérlet I., ill. hizlalási kísérlet II.) etetett takarmányok gyártásakor felvett technológiai paramétereket táblázatokba foglaltam. Ezek a takarmányt érintő hőközlés szempontjából fontos, az egyes hőkezelési folyamatokban közölt hőmérsékletek és tartózkodási idők, melyek részben mért, részben becsült/számított értékek. Ezen kívül táblázatba foglaltam, a tájékoztató jellegű az ökonómiai számításokhoz fontos teljesítményadatokat.

Az anyagcsere kísérletben etetett takarmány gyártásakor alkalmazott hőkezelés technológiai paramétereket a 37. táblázatban foglaltam össze.

37. táblázat

Az anyagcsere kísérletben etetett takarmány gyártásának technológiai paramétereit

	Expandálás	Granulálás	Expandálás+ granulálás
Kondicionáló hőm., °C	72	72	72
Expandáló hőm., °C	95–100		95–100
Granuláló hőm., °C		90	90
Tartózkodási idő, sec a kondicionálóban	15	15	15
az expandálóban	5		5
a granulálóban		5	5

A táblázatban, a számítógéppel vezérelt folyamat, gyártás közben felvett, a hőmérséklet szempontjából csúcserkékek, a tartózkodási idők szempontjából pedig, az órateljesítmény alapján számítható idők láthatók. Nyilvánvaló, hogy az expandált+granulált anyag több hőt kapott, mint a másik kettő külön-külön.

A pulykahizlalási I. kísérletben, a standard pulykahizlaláshoz hasonlóan, nyolcfázisú takarmányozást folytattunk. Az indító I-est, a granulálást, illetve az expandálás+granulálást követően morzsázva, az összes többit pedig granulálva (csak granulálva, illetve előbb expandálva majd granulálva) etettük. Az expander és a granuláló gép legfontosabb technológiai paramétereit, takarmányfázisonként és abrakféleségenként 38. táblázatban foglaltam össze.

A hőkezelés technológiai paramétereit (hizlalási I. kísérlet)

	Indító I-II.		Nevelő I-II.		Nev. III.-Bef. I-II-III.	
	Kuko- ricás	Búzás	Kuko- ricás	Búzás	Kuko- ricás	Búzás
Expandált+granulált						
Kondicionáló hőm., °C	72	72	74	72	72	79
Tartózkodási idő, sec.	10	10	10	10	10	10
Exp.-ból kilépő anyag hőm., °C	102	99	96	100	99,3	96
Tartózkodási idő, sec.	5	5	5	5	5	5
Granuláló hőm., °C	90	90	90	90	90	90
Tartózkodási idő, sec.	5	5	5	5	5	5
Granulált						
Kondicionáló hőm., °C	72	72	79	78	73	79
Tartózkodási idő, sec.	10	10	10	10	10	10
Granuláló hőm., °C	90	90	90	90	90	90
Tartózkodási idő, sec.	5	5	5	5	5	5

Ugyanezeket az adatokat, miután a hizlalási II. kísérlet a nevelő III. fázistól kezdődött, a nevelő III., befejező I. és befejező II. fázis takarmányának a gyártásakor, vettük fel. Hasonlóan a másik gyártáshoz, a mért legmagasabb hőmérsékletet és az azokhoz tartozó tartózkodási időket (39. táblázat) vettük fel.

Az adatokat értékelve, és az üzemeltető mérnökök véleményét is figyelembe véve, az látszik, hogy a kezelések (kondicionálás, granulálás, illetve expandálás majd granulálás), a táblázatban közölt értékeiben nem alakul ki jelentősnek nevezhető különbség, mind a hőmérsékletek, mind a tartózkodási idők gyakorlatilag megegyeznek. Ez érthető is, mert a termelést vezérlő számítógép ezeket az értékeket szabályozza. Ami viszont lényeges, és elsősorban az üzem gazdasági hatékonysága miatt döntőnek tekinthető különbség, az a granuláló gép 1,5–2 t/órás teljesítmény növekedése, gyakorlatilag változatlan áram felvétellel, a gyártott takarmány összetételétől függően.

Hőközlés technológiai paraméterei (hizlálási II. kísérlet)

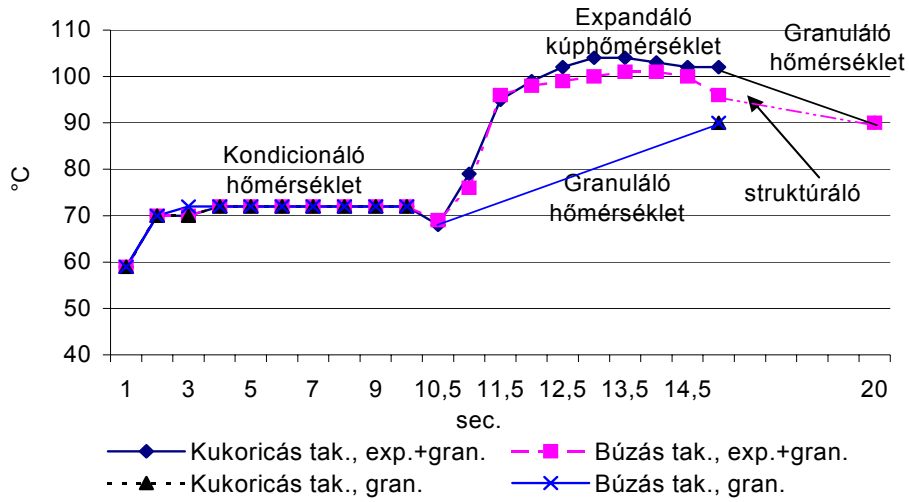
	Nevelő III.	Befejező I.	Befejező II.
Expandált+granulált			
Kondicionáló hőm., °C	79	72	72
Tartózkodási idő, sec.	10	10	10
Exp.-ből kilépő anyag hőm., °C	96	99	99
Tartózkodási idő, sec.	5	5	5
Granuláló hőm., °C	90	90	90
Tartózkodási idő, sec.	5	5	5
Granulált			
Kondicionáló hőm., °C	79	72	72
Tartózkodási idő, sec.	10	10	10
Granulálási hőm., °C	90	90	90
Tartózkodási idő, sec.	5	5	5

A mért adatok alapján, a 21–22.abc ábrákon megkísérlem bemutatni a takarmány hőmérsékletének változását, a technológián való áthaladás idő-függvényében.

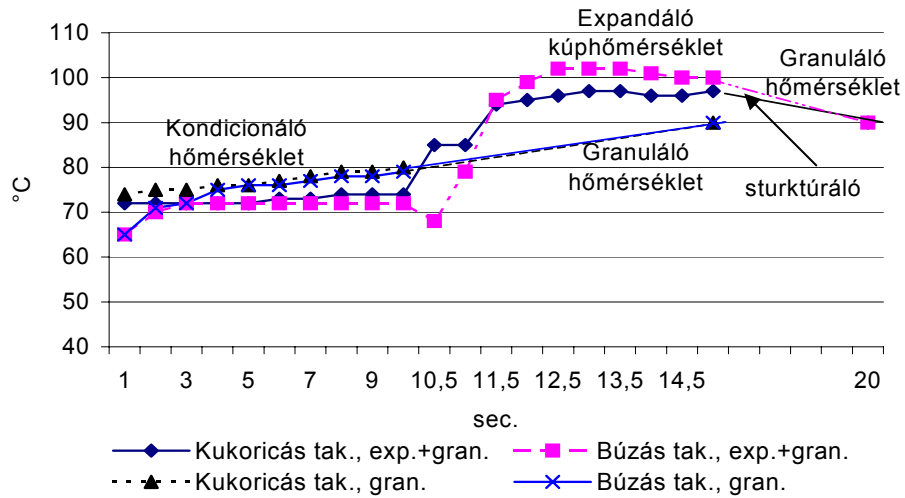
Az ábrákból egyértelműen kitűnik, hogy amennyiben a kondicionáló után, hagyományos módon a granulálás következik, akkor valamennyi takarmány hőmérséklet emelkedése gyakorlatilag megegyező. Azonban, ha előbb az expandálás következik, akkor az expanderbe bekerülve, 1–2 sec alatt, akár 30 °C-os emelkedés is létrejöhet, ami azután kis mértékben még tovább is emelkedhet, a kúpnál mérve elérve a csúcshőmérsékletet. Az expandert elhagyva, az anyag előbb az expanderrel összeépített, a kiömlési tér alsórészén található ún. strukturálóba, kerül. Közben hűl, és a művelet végére, a takarmány hőmérséklete már csak 70 °C körüli, hozzávetőlegesen ugyanannyi, mint expandálás nélkül, csak éppen, mintegy 10 másodperccel később. Majd az anyag a granulálóba jut. Mindez azt jelenti, hogy a közölt összes hőmennyiség viszonyszáma (°C x sec) mintegy 30%-kal több (1620, ill. 1145), tehát ennyivel több hőhatás éri az anyagot. Ez különböző fizikai és biológia, esetleg kémiai változások kiváltója, oka lehet.

21. ábra: Hőközlési diagrammok, a technológiai paraméterek alapján
(hizlalási kísérlet I.)

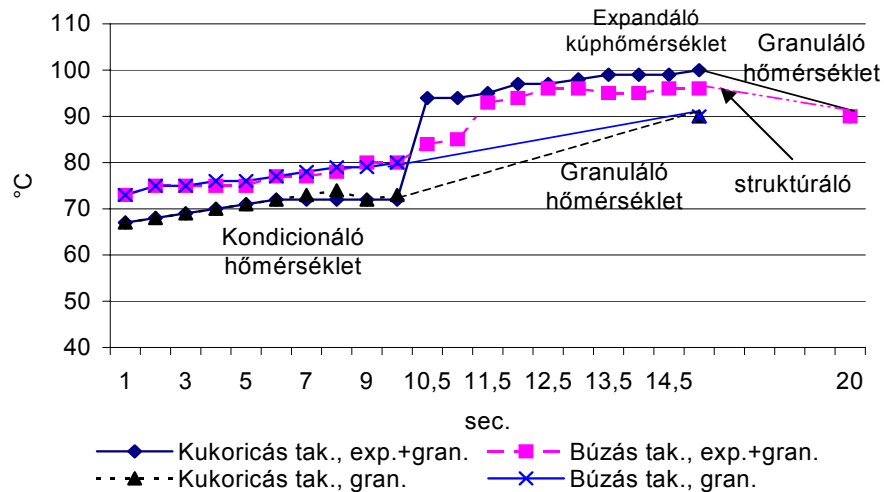
21a. ábra: Indító I-II.



21b. ábra: Nevelő I-II.

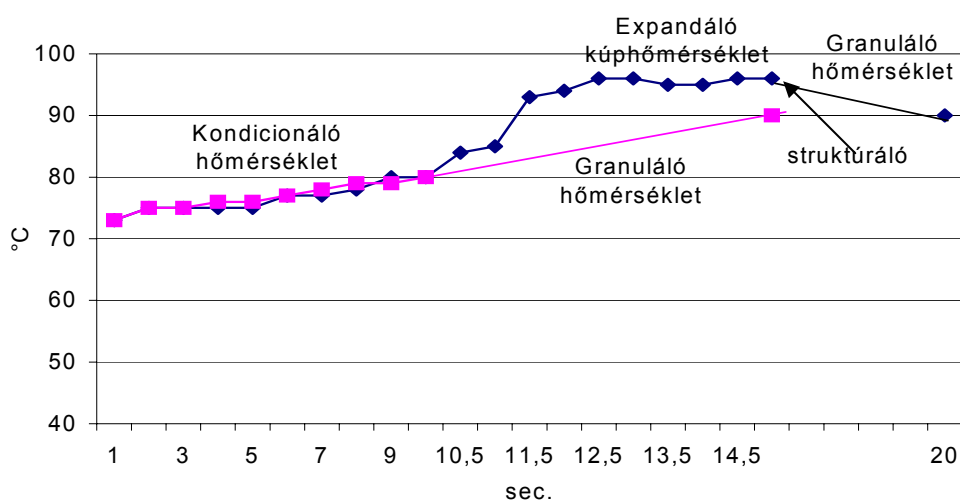


21c. ábra: Nevelő III., Befejező I-II-III.

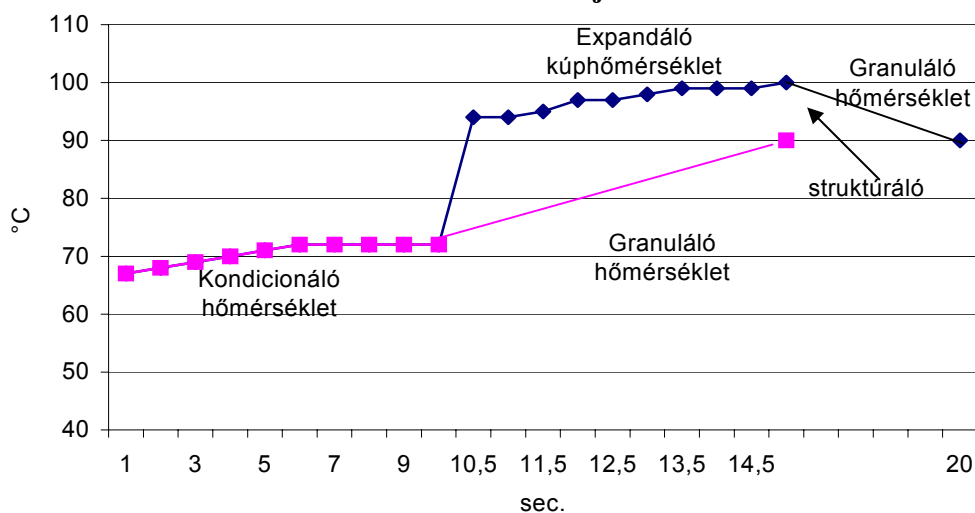


22. ábra: Hőközlési diagrammok, a technológiai paraméterek alapján
(hizlalási kísérlet II.)

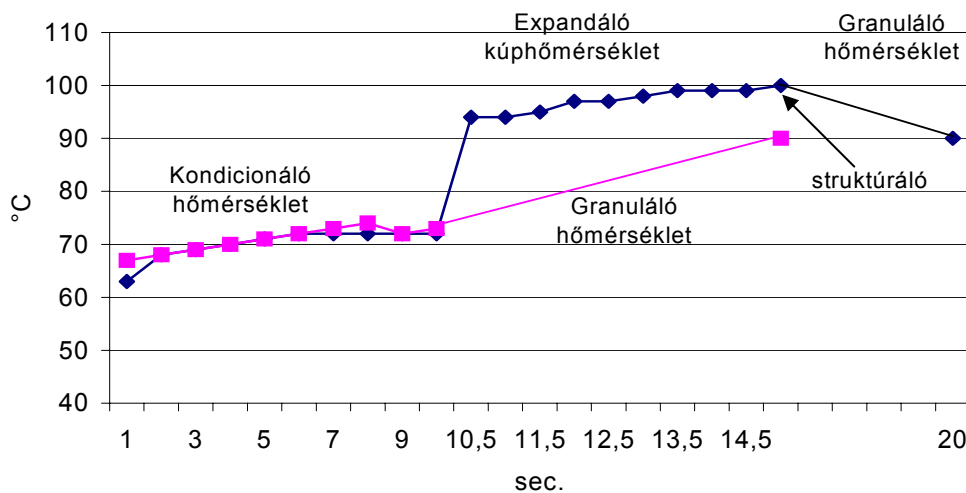
22a. ábra: Nevelő III.



22b. ábra: Befejező I.



22c. ábra: Befejező II.



4.1.2. A granulátumok keménysége

A granulátumok (pelleték) keménységét kétféleképpen szokták meghatározni, a gép mellett keménység (törési szilárdság) mérővel (n=20–50, ezt a módszert alkalmaztam én is), vagy laboratóriumban, egy forgódobban (általában 3 perc, 15 fordulat/perc, n=10–15, bemérés 10–50 g, McELHINEY, 1994) megállapított ún. morzsolódási indexszel (PD, pellet durability, KOMKA, 2006). A keménységnek általában két szempontból van jelentősége. Az egyik a gyártás-szállítás közbeni morzszázódás, töredezés lehetősége, a másik a biológiai, az állatok igénye. Ez utóbbi, a madarak esetében, a begy sajátosságai miatt, kisebb jelentőségű (a sertések kisebb zsírtartalmú takarmányaiból készített granulátum mindig lényegesen keményebb, ezért a kedvezőtlen biológiai hatások elkerülése érdekében terjed a granulált takarmányok nedves etetése).

Saját vizsgálataimban, a fentiek értelmében, elsősorban az előbbi feltétel (technológia) kielégítése érdekében végeztem a méréseket. A minták a hizlalási kísérlet 1-ből származtak, és azonos módon történt tárolás után, légszáraz állapotban voltak. A méréseket, mintánként, 40-40 granulátumon végeztem el.

A 40. táblázatban nem csak a mérések eredményeit foglaltam össze, hanem bemutatam a takarmányhoz hozzáadott zsír(olaj) mennyiségét és az adagolás helyét is.

Az adatokból kitűnik, hogy legerősebb hatása a keménységre, az összes zsírtartalomnak van. Ez a hatás olyan nagy, hogy a búza alapú takarmányokból készült granulátumoknak a kísérleteim más mérései, és a gyakorlati tapasztalatok alapján joggal elvárható nagyobb keménysége sem állapítható meg (mintegy 5–8%-kal puhábbak). Egyértelműen kitűnik az eredményekből, hogy a kondicionálás+expandálás+granulálás hatásával mintegy 7–11%-kal növelhető a keménység a csak kondicionálás+granulálással szemben. A granulátum keménységének növekedése, lehetővé teszi a mozgatás (szállítás) közbeni morzsalék (por) képződés mértékének csökkenését, és ezzel a takarmányértékesülés javulását.

**A hizlalási I. kísérlet takarmányainak granulátumkeménység-vizsgálata
(Kahl-féle pelletkeménység mérő, kg/cm², n=2x2x40)**

Fázisok	Kukorica alapú takarmányok					
	Zsírhozzáadás, %		Mért nyerszsír, %		Pelletkeménység, kg/cm ²	
	Kondi- cionálóban	Rotospray- vel	Granulált	Exp.+gran.	Granulált	Exp.+gran.
2.	2	Ø	4,6	4,4	5,0±0,20	5,3±0,50
3.	1,5	Ø	4,6	4,0	4,2±0,25	4,9±0,21
4.	2,5	Ø	6,1	6,2	4,0±0,29	4,4±0,35
5.	3	1	7,6	7,7	2,3±0,61	2,4±0,71
6.	3	3	9,0	9,2	3,5±0,26	3,5±0,12
7.	3	4	9,7	9,5	3,5±0,26	3,7±0,31
8.	3	3,8	9,6	9,7	3,6±0,59	3,8±0,29
Fázisok	Búza alapú takarmányok					
	Zsírhozzáadás, %		Mért nyerszsír, %		Pelletkeménység, kg/cm ²	
	Kondi- cionálóban	Rotospray- vel	Granulált	Exp.+gran.	Granulált	Exp.+gran.
2.	3	1,5	6,0	6,4	4,5±0,00	5,2±0,00
3.	2	2	5,9	6,0	3,7±0,21	4,0±0,25
4.	3	2	6,8	7,3	3,5±0,44	3,5±0,00
5.	3	3	8,6	8,7	2,8±0,20	3,0±0,00
6.	3	4	9,2	10,3	3,2±0,64	3,5±0,25
7.	3	5	9,9	10,0	3,2±0,20	3,6±0,26
8.	3	5	9,6	10,2	3,0±0,50	3,9±0,74

4.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

4.2.1. A kísérletekben etetett takarmányok kémiai összetétele

Az anyagcsere-, valamint a hizlalási I. és II. kísérlet takarmányainak kémiai analízisét a 6. melléklet 1. táblázata tartalmazza. Az eredmények igazolják, hogy, a tervezett (nyers)táplálóanyag-tartalom valamennyi esetben visszanyerhető volt.

Külön is megvizsgáltuk a takarmányok ún. étrendi rosttartalmát, a vizsgálatok eredményét a 41. táblázatban mutatom be. Az étrendi rost fogalmát a humán élelmezésben használják, ami a takarmány/élelmiszer emészthetetlen rosttartalmát, továbbá néhány, a N mentes kivonható anyagok között megjelenő anyagot (pl. β-glükánok) jelent. Mérését a jelen kísérletben az indokolta, hogy a hőkezelés esetleges hatásáról információhoz jussunk.

**A pulyka indító I. fázis rostfrakciói (g/kg sz.a.)
(n=2x3x3)**

	Étrendi rost			Cellulóz	Hemi-cellulóz
	összes	belőle			
		oldható	oldhatatlan		
TDF	SDF	IDF			
Kukorica alapú takarmány					
Kezeletlen	148	26	122	40	77
Granulált	157	25	132	37	90
Expandált+granulált	180	30	150	40	100
Búza alapú takarmány					
Kezeletlen	154	36	118	30	82
Granulált	158	32	126	35	88
Expandált+granulált	185	33	152	43	100

Megjegyzés:

TDF: total dietary fibre/összes étrendi rost; SDF: soluble dietary fibre/oldható étrendi rost; IDF: insoluble dietary fibre/oldhatatlan étrendi rost

4.2.2. A takarmányok vízáktivitása

A közvetlenül a gyártás után vett mintákból végzett mérések eredményéből (42. táblázat) megállapítható, hogy a hizlalási I. kísérletben etetett keverékek (n=3x2x8) vízáktivitása megfelel a biztonságos tárolhatóság feltételeinek. A módszer kidolgozója (MÁTRAI és mtsai, 2003) által megadott határérték (<65 eRH%, nincs romlásveszély) körüli értéket (64–66) mértünk a 2–3. és 4 fázis takarmány mintáiban mind hőkezelés nélkül, mind pedig granulálás, illetve expandálás+granulálás után. Valamennyi más esetben az értékek kisebbek voltak, vagyis ezzel a módszerrel mérve, egy esetleges mikrobiológiai károsodás (azaz romlás) nem volt valószínűsíthető. Miután a kezeletlen minták vízáktivitási értéke is kedvező volt, ezért azután a kezelt minták értéke sem változott, amennyiben azok esetleg 1-1 egységgel kisebbek, vagy éppen változatlanok (nem a kísérletből származó, más minták esetében, lényeges különbségeket állapított meg a labor).

A kezeletlen és hőkezelt takarmányok egyensúlyi relatív páratartalma (eRH%)

Takarmány	Hőkezelés nélkül		Granulált		Expandált+granulált	
	Kukorica alapú	Búza alapú	Kukorica alapú	Búza alapú	Kukorica alapú	Búza alapú
1. fázis	53/89,9	55/89,9	52/89,9	55/89,9	52/89,9	54/89,9
2. fázis	66/88,5	65/87,9	64/88,7	65/89,3	64/88,3	65/88,9
3. fázis	65/89,0	65/89,5	64/88,7	64/88,7	64/88,8	64/88,6
4. fázis	65/90,3	66/90,3	65/90,4	65/90,6	65/90,1	65/91,0
5. fázis	59/89,6	61/89,6	59/89,9	61/89,9	56/90,4	59/90,4
6. fázis	57/91,0	57/91,0	57/91,0	57/91,0	57/91,1	57/91,1
7. fázis	63/90,3	62/90,3	63/90,1	61/90,1	63/90,1	62/90,1
8. fázis	59/91,6	59/91,6	59/90,8	59/90,8	59/90,4	59/90,4

Megjegyzés: eRH%/sz.a. %

4.2.3. A takarmányok mikrobiológiai állapota

A mikrobiológiai vizsgálatokat többféle elgondolás alapján végeztük. Vizsgáltuk az első hizlalási kísérletben etetett keverékekben felhasznált legfontosabb alapanyagokat (43. táblázat), néhány keveréket (44. táblázat), továbbá a kétféle alapanyagú (kukoricás, illetve búzás) keverék egy és kéthónapos eltarthatóságát (45. táblázat). A salmonella vizsgálat minden mintából negatív volt.

43. táblázat

A három, különböző fázisban etetett takarmány főbb alapanyagainak mikrobiológiai vizsgálati eredménye (n=3x3x4)

	Pulyka indító I.	Pulyka nevelő II.	Pulyka befejező I.
	1. fázis	4. fázis	6. fázis
<i>Összcsíraszám</i>			
Búza	<1,0x10 ⁴	<2,0x10 ⁴	<4,2x10 ⁵
Kukorica	<1,1x10 ⁴	<4,5x10 ⁴	<1,0x10 ⁴
E. szója 46%	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴
Napenerg D		<2,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴
<i>Penészsám összesen</i>			
Búza	<2,0x10 ²	<2,0x10 ²	<5,0x10 ²
Kukorica	<1,1x10 ³	<1,5x10 ³	<6,0x10 ²
E. szója 46%	<1,0x10 ²	<3,0x10 ²	<81,0x10 ²
Napenerg D		<2,0x10 ²	<5,0x10 ²
<i>Enterobaktérium</i>			
Búza	<1,0x10 ²	<2,0x10 ²	<1,0x10 ³
Kukorica	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²
E. szója 46%	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<4,0x10 ²
Napenerg D		<1,0x10 ²	<1,0x10 ²

A 43. táblázat adataiból kitűnik, hogy valamennyi, a kísérlet különböző időpontjában összekevert takarmány alapanyaga, mikrobiológiai szempontból kifogástalan volt. Az esetlegesen magasabb értékek (a befejező szakasz takarmányába bekevert búza és szója minősége, különösen ez utóbbi penészszáma) természetesen kifogásolhatók, de még a megengedett határértéken belül vannak.

A teljes keverékek vizsgálata szintén a jó mikrobiológiai minőséget bizonyítja. Két megállapítható változás van, hogy a kukorica alapú takarmányok penészszáma egy nagyságrenddel, valamint, hogy a búzás indító I. takarmány összecsíraszám két nagyságrenddel csökkent, mind a csak granulált, mind az expandált+granulált mintákban, a kezeletlen, kiinduló állapothoz képest, (44. táblázat).

44. táblázat

**Hőkezelés hatása a friss takarmányminták mikrobiológiai állapotára
(CFU/g, n=2x3x3)**

	Hőkezelés nélkül			Granulált			Expandált+granulált		
	Indító I.	Nevelő II.	Befejező I.	Indító I.	Nevelő II.	Befejező I.	Indító I.	Nevelő II.	Befejező I.
<i>Kukorica alapú mintából</i>									
Összecsíraszám	<1,0x10 ⁴	<2,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴	<1,8x10 ⁴	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴
Penészsám	<1,1x10 ³	<1,0x10 ³	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,7x10 ³	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²
Enterobaktérium	<1,0x10 ²	<1,0x10 ³	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²
<i>Búza alapú mintából</i>									
Összecsíraszám	<1,0x10 ⁴	<3,0x10 ⁴	<2,0x10 ⁴	<1,0x10 ²	<2,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ²	<1,0x10 ⁴	<1,0x10 ⁴
Penészsám	<4,0x10 ²	<6,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²
Enterobaktérium	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²	<1,0x10 ²

A hőkezelések egyik fontos következménye a takarmány-higiéniái állapotának kedvező változása, és ez által javuló eltarthatósága. Ennek egyik vizsgálati lehetősége, hogy szobahőmérsékleten tárolt, ugyanazon mintát, több időpontban is megvizsgáljuk. A 45. táblázatban, az előzőekben már bemutatott minták közül, az indító I. jelű, 30, illetve 60 napos tárolás utáni mikrobiológiai vizsgálati eredményeit mutatom be. Ezekből kitűnik, hogy amíg a kezeletlen minta összecsíra és penészszáma emelkedik, addig a kezelt (granulált, illetve expandált+granulált) minták értékei, a tárolási idő hatására, nem változtak.

A kezelés hatása az indító I. jelű takarmányok mikrobiológiai státuszára az idő függvényében (n=2x3x3)

		Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ Granulált
<i>Kukorica alapú takarmány</i>				
Összcsíraszám	friss mintából	$<1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$
	1 hónap múlva	$<1,3 \times 10^5$	$<1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$
	2 hónap múlva	$<8,6 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$
Penészs szám	friss mintából	$<1,1 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	1 hónap múlva	$<1,6 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	2 hónap múlva	$<2,6 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
Enterobaktérium	friss mintából	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	1 hónap múlva	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	2 hónap múlva	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
<i>Búza alapú takarmány</i>				
Összcsíraszám	friss mintából	$<1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	1 hónap múlva	$<6,8 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$
	2 hónap múlva	$<8,6 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^4$
Penészs szám	friss mintából	$<4,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	1 hónap múlva	$<4,5 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	2 hónap múlva	$<8,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
Enterobaktérium	friss mintából	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	1 hónap múlva	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$
	2 hónap múlva	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^2$

4.2.4. A takarmányok eltarthatósága peroxid és savszámuk alapján

A takarmányminőség egyik fontos mutatója a peroxid és savszámtartalom, mely mutatók alapvetően a zsírtartalom állapotának mutatói. Miután a takarmányokban nagyon sok az oxidatív folyamatokat elősegítő anyag (molekula) van, ezek előidéznek a saját, illetve a hozzáadott zsírok/olajok oxidációját. A folyamatot (annak sebességét) több faktor befolyásolja, így többek között a tárolási mód, az időtartam és a hőmérséklet, de mindenekelőtt a takarmányban levő természetes és hozzáadott antioxidánsok mennyisége és milyensége. Fontos szerepe van a gyártási (hőkezelési) technológiának is. Az 46. és a 47. táblázatban mutatom be a hizlalási kísérlet I.-ből származó takarmányminták savszám és peroxidszám adatait, friss anyagból, valamint szobahőmérsékleten történt egy, illetve két hónapos tárolás után.

**Hőkezelés hatása a savszám és peroxidszám változására az idő függvényében
(n=2x3x8)**

		Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
		Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált + granulált	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált + granulált
		$\bar{x} \pm s$	$\pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
Savszám	friss mintából	22,0±7,6	18,4±4,1	16,8±3,4	29,8±9,7	24,6±7,0 ²	20,3±5,1
	1 hónap múlva	39,0±13,8	25,0±6,4	18,0±11,8	58,8±15,6 ^a	41,6±12,4 ^a	29,9±10,2 ^b
	2 hónap múlva	51,0±19,2	30,4±10,8	23,2±11,9	82,4±15,3 ^a	54,0±11,5 ^b	35,1±10,9 ^b
Peroxidszám	friss mintából	5,5±1,6	5,5±3,1	5,9±2,6	5,9±1,6	6,2±1,7	5,9±2,8
	1 hónap múlva	9,7±2,7	7,6±3,5	8,1±2,9	7,8±2,9	8,5±2,8	9,2±2,9
	2 hónap múlva	12,0±4,3	9,4±3,9	8,9±3,3	9,9±2,8	10,8±4,7	10,7±5,5

^{ab}: $P \leq 0,01$

Savszám, peroxidszám változása a friss mintához viszonyítva, az idő függvényében (%)

		Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
		Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ granulált	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ Granulált
Savszám	0–1 hónap	77	36	7	97	69	47
	0–2 hónap	132	65	38	176	120	73
Peroxidszám	0–1 hónap	76	38	37	32	37	56
	0–2 hónap	118	71	51	68	74	81

Amennyiben az engedélyezett határértékekhez (savszám 50, peroxidszám 25) hasonlítunk, akkor megállapítható, hogy 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 az értékek a kezeletlen mintákban a legmagasabbak, majd a granuláltak következnek, és az expandált+granulált mintákban a legalacsonyabbak.

A savszámok esetében (amelyből a takarmány zsírjából, hidrolízissel, nedvesség és katalizáló anyagok hatására keletkezett szabad zsírsavak mennyiségére lehet következtetni) jelentős változások figyelhetők meg, ami feltehetően egyrészt a takarmányok olajtartalmának, másrészt a technológiának tudható be. A kukorica alapú takarmány-minták közül a kezeletlenek savszáma, a két hónapos tárolás végére elérte a kritikus értéket, míg a kezeltéké (granulált, expandált+granulált) nem. Nagyobb változás figyelhető meg a búza alapú minták esetében, ezekben ugyanis az izokalorikus takarmány

összeállítása érdekében, több nyerszsír van (a folyékony olaj kiegészítés 1–3 abszolút %-kal több), és már a kísérlet kezdetén (2–4. fázis) is volt Rotospray-vel hozzáadott zsír. Úgy tűnik, hogy ezek a szükségszerűen hozzáadott mennyiségek már a takarmány savszámának gyorsabb növekedését idézik elő, annak ellenére, hogy a technológia csak így működik jól. A kezeletlen minta savszáma már egy hónap alatt, kétszeresére emelkedve, meghaladta a kritikus értéket, a második hónap végére pedig az érték 176%-kal növekedett meg. A granulált mintában is viszonylag gyorsan emelkedett az érték, de csak a második hónap végére került 50 fölé. Az 1., ill. 2. hónapos kezelt minták értékei szignifikánsan térnek el a kezeletlenekétől. Az expandált+granulált minta, a tárolási kísérlet végén is nagyon jó értéket mutatott.

4.2.5. A takarmányok vizsgálata a fehérjetartalmukkal kapcsolatosan

Általánosan ismert tény, hogy a takarmányokat ért hőközlés hatással van benne található fehérjékre. Amint azt dolgozatomban korábbi fejezetében bemutattam, a témakörnek nagy irodalma van. Erre vonatkozó vizsgálataim az első etetési kísérletben etetett takarmányokban *in vitro* megállapítható fehérje emészthetőségre, a fehérje, illetve a N-tartalom oldhatóságára, illetve az aminosav-tartalom megállapítására terjedtek ki.

Amint a 48. táblázat adataiból kitűnik, az *in vitro* megállapítható fehérje emészthetőség a hőkezelések hatására nem változott (az átlagok körüli szórás százalékos értéke cv 5–6,5%), bizonyítva ezzel, hogy az alkalmazott eljárások ebből a szempontból egyenletesen kíméletesek.

48. táblázat

Hőkezelés hatása az *in vitro* emészthető nyersfehérje-emészthetőségre (n=2x3x8; $\bar{x} \pm s$)

	Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ granulált	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ Granulált
<i>In vitro</i> em. nyersfehérje, %	93,00±5,67	93,30±3,04	94,40±5,35	92,80±5,11	92,55±6,09	91,56±5,52

Elterjedt módszer a takarmányok ún. hozzáférhető lizintartalmának meghatározása annak becslésére, hogy az összes lizinnek potenciálisan mekkora hányada áll (kémiailag) az állati szervezet rendelkezésére. A hipotézis szerint, a lizin molekula gyűrűjén, epsilon helyzetben egy kettős kötással kapcsolódó, szabad aminocsoport van, ami-

hez hő hatására kötődhet a redukáló cukrok oxocsoportja (ún. Maillard reakció), és ezzel egy, az emésztő enzimek által fel nem bontható komplex keletkezik. A módszer nem állatfaj specifikus, tehát általános, csak a takarmányra jellemző információt ad, és saját vizsgálataimban azt is figyelembe kell vennem, hogy az összekevert alapanyagok egy része már korábban átesett valamilyen (általam nem ellenőrizhető) hőkezelésen (pl. szárítás vagy tósztolás). A vizsgálatok szerint (49. táblázat), a kezelések hatására, bár átlagosan mintegy 10%-os a csökkenés az expandálás+granulálás következtében, kezeletlen keverékhez képest, ez nem szignifikáns.

49. táblázat

**Hőkezelés hatása a hozzáférhető lizintartalomra
(n=2x3x8; $\bar{x} \pm s$)**

	Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+granulált	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+Granulált
Lizin (hozzáférhető, %)	1,07±0,45	1,06±0,39	0,95±0,36	1,02±0,35	0,97±0,33	0,87±0,37

A fehérje-, illetve a N oldhatósági index (Protein Dispersibility Index, PDI, illetve Nitrogen Solubility Index, NSI) azt mutatja meg, hogy a vizes oldatban maradó fehérje, illetve nitrogén milyen arányt képvisel a minta össz fehérje, illetve -nitrogéntartalmából. Az eljárás eredményét a hőkezelt takarmányok (pl. tósztoló vagy extrudált szóják) fehérjetartalmában bekövetkező denaturációjának jellemzésére használják. Az első kísérletben etetett takarmányokból származó 48 minta vizsgálata megerősíti azt a szakirodalomban található véleményt, ami szerint a hőközlés növekedésével a PDI, ill. az NSI csökken. Az 50. táblázat adatai szerint a csökkenés kétségtelen (a különbségek általában szignifikánsak), de még sem tekinthetők jelentősnek, mert a relatív százalékos eltérés, a PDI esetében 9,5, ill. 19,2%, az NSI esetében 17, ill. 18,2% (jelentős változás, ami 20% felett van, HEGEDÜS és mtsai, 1981), a kukorica, illetve búza alapú takarmányokban.

Hőkezelés hatása a fehérje- és N-oldhatóságra (n=2x3x8, %, $\bar{x} \pm s$)

	Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ granulált	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ Granulált
Fehérjeoldhatóság	2,2±0,57	2,11±0,35	2,07±0,44	2,78±0,24 ^a	2,56±0,26 ^a	2,35±0,38 ^b
Fehérjeoldhatósági index	11,0±1,27	10,20±0,86	9,95±0,74	13,83±1,52 ^a	12,77±2,30 ^a	11,18±2,22 ^b
N-oldhatóság	2,8±0,72	2,7±0,59	2,64±0,51	3,20±0,28	2,96±0,41	2,76±0,39
N-oldhatósági index	15,0±3,29 ^a	13,22±1,32 ^{ab}	12,45±0,98 ^b	16,04±2,38	14,63±2,26	13,12±2,28

Miután a szakirodalomban adatok vannak arra nézve, hogy a hőkezelés hatására az aminosavak mennyisége változik, ezért különböző technológiai fázisban vett mintákból elvégeztük az indító I., a nevelő I. és a befejező I. takarmány aminosav-analízisét. A teljes vizsgálati eredményt a 6. melléklet 2–4. táblázata tartalmazza, míg a legfontosabb aminosavakat, az egészből kiemelve, a 51. táblázat mutatja be.

A pulyka indító I., a nevelő I., és a befejező I. kéntartalmú aminosav-, továbbá lizin- és treonintartalma (% , n=2x3x3)

	Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ granulált	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+ Granulált
Indító I. (0-4. hét)						
MET	0,700	0,660	0,750	0,650	0,760	0,790
CYS	0,320	0,280	0,280	0,350	0,355	0,368
MET+CYS	1,020	0,940	1,030	0,900	0,990	0,810
LYS	1,710	1,650	1,530	1,600	1,730	1,840
THR	1,000	0,960	0,880	0,960	1,000	1,070
Nevelő I. (8–9. hét)						
MET	0,500	0,500	0,470	0,580	0,610	0,610
CYS	0,255	0,235	0,267	0,264	0,315	0,256
MET+CYS	0,850	0,820	0,830	0,990	1,200	1,010
LYS	1,380	1,330	1,390	1,450	1,450	1,490
THR	0,850	0,820	0,880	0,890	0,900	0,940
Befejező I. (15–16. hét)						
MET	0,350	0,346	0,327	0,390	0,361	0,334
CYS	0,238	0,270	0,239	0,293	0,281	0,285
MET+CYS	0,780	0,616	0,566	0,690	0,642	0,619
LYS	0,890	0,785	0,791	0,920	0,817	0,820
THR	0,590	0,544	0,568	0,550	0,538	0,571

A táblázatok adatai azt mutatják, hogy amint az várható is volt, az össz aminosav-tartalom egyik esetben sem változott jelentősen, de nem tartom jelentős változásnak

a MELANDRI (1998a) által közölt ugyanekkora mértékű változásokat sem, amit a nevezett szerző az expandálásnak és a granulálásnak (a hőhatásnak) tulajdonít.

4.2.6. A takarmány keményítőtartalmának α -amiláz hozzáférhetősége

Az *in vitro*, 30 perces inkubálás után megállapított α -amiláz-os hozzáférhetőségi adatokat (a totálisan feltárt keményítő (100%) amilázos bonthatóságához képest, %) a 52. táblázat mutatja be. A hizlalási I. kísérletből származó minták, összességében azt mutatják, hogy az alkalmazott kezelésekkel, a keményítő szemcsék feltáródása ugyan egyértelműen elkezdődött, azonban a hatás, két kivételtől eltekintve (kukoricás, expandált+granulált, indító II. és nevelő II.) nem éri el a lehetséges maximum 30%-át sem. Ez pedig azt a feltételezést teszi lehetővé, hogy a változás biológiai teszthei, nem fognak kiugró eredményt adni. Ugyanakkor a hatás elegendő a gyártástechnológiai előnyök kihasználására.

52. táblázat

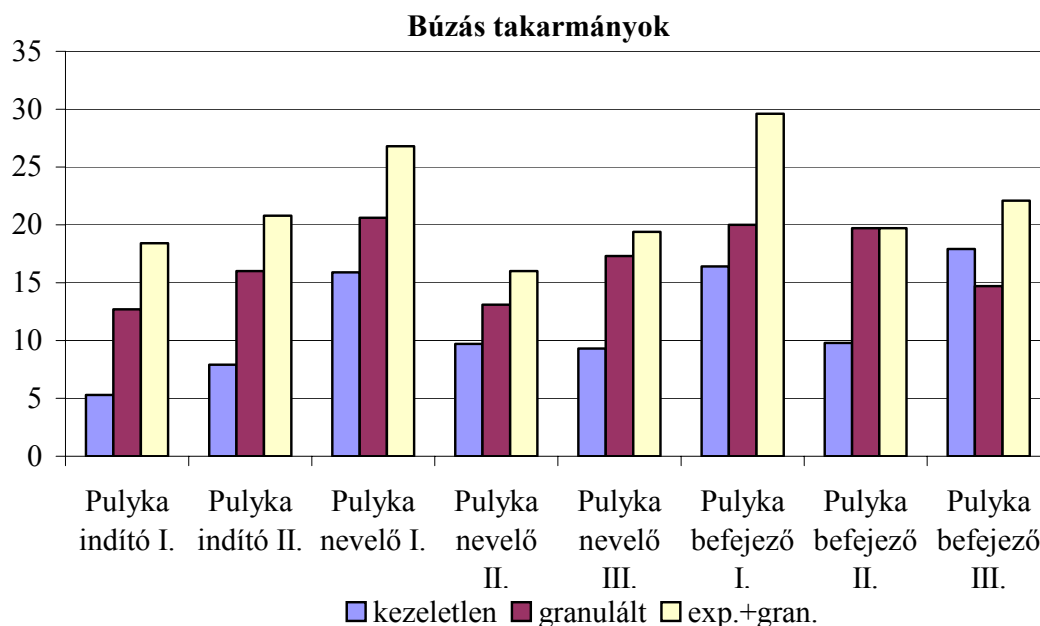
Hőkezelés hatása a keményítő hozzáférhetőség mértékére (%*, n=2x3x8)

30 perces inkubálás	Kukoricás			Búzás		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+granulált	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expandált+granulált
Indító I.	6,4	16,9	23,5	5,3	12,7	18,4
Indító II.	9,1	30,9	39,4	7,9	16,0	20,8
Nevelő I.	12,7	13,5	25,6	15,9	20,6	26,8
Nevelő II.	12,3	34,4	32,2	9,7	13,1	16,0
Nevelő III.	8,6	24,9	27,9	9,3	17,3	19,4
Befejező I.	18,3	18,8	27,4	16,4	20,0	29,6
Befejező II.	10,9	18,8	20,4	9,8	19,7	19,7
Befejező III.	8,9	22,6	18,1	17,9	19,7	22,1
\bar{x}	10,9 ^a	22,6 ^b	26,8 ^{bc}	11,5 ^d	17,4 ^e	21,6 ^f
$\pm s$	3,64	7,15	6,75	4,58	3,17	4,50

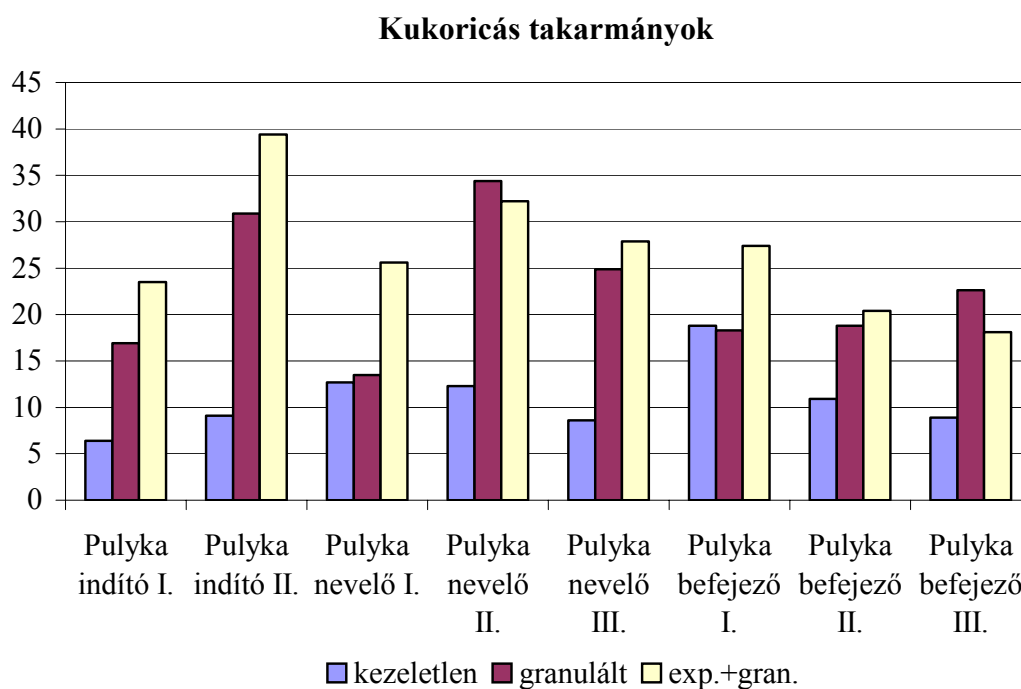
Megjegyzés: — * a totálisan feltárt keményítő (100%) amilázos bonthatósága, %
 — a különböző betűvel jelölt adatok között szignifikáns különbség van:
 kukoricás kezeletlen – granulált $P \leq 0,001$
 kukoricás kezeletlen – exp.+granulált $P \leq 0,001$
 kukoricás granulált – exp.+granulált NSz
 búzás kezeletlen – granulált $P \leq 0,01$
 búzás kezeletlen – exp.+granulált $P \leq 0,05$
 búzás granulált – exp.+granulált $P \leq 0,001$

A minták amilázos hozzáférhetősége, a hőkezelés hatására, annak intenzitása szerint, általában növekszik. Teljesen egyértelmű a kezeletlen minták legrosszabb eredménye, és az is, hogy a csak granulálás növeli az értékeket, de amennyiben előbb megtörtént az expandálás, és azt követte a granulálás, akkor a mért értékek még tovább növekedtek (23ab. ábra).

23a. ábra: Keményítő bontásának mértéke hőkezelés hatására (%)



23b. ábra: Keményítő bontásának mértéke hőkezelés hatására (%)



4.2.7. A takarmány és vékonybél-tartalom viszkozitása

A kétféle viszkozitásmérés valójában kétféle célt szolgált. A takarmány viszkozitása a gyártástechnológia szempontjából fontos, és a keményítő zselatinizálódásával van összefüggésben. A bél-tartalom (chymus) viszkozitása pedig ennél sokkal összetettebb, hiszen magába foglalja az NSP-k hatását is. Amennyiben a bél-tartalom viszkozitása nő, annak következménye az emésztési zavarok megjelenése, a lassúbb passzázs, a csökkent teljesítmény, a ragacsos bélsár, összességében kedvezőtlen változás a felszívódási viszonyokban, vagyis a táplálóanyagok hasznosulásának romló hatásfoka.

A takarmányokat kétféleképpen vizsgáltuk. Az első mérés sorozatba az önmagában kezelt kukorica, illetve búzadara minták, a másodikba pedig a hizlalási I. kísérlet, indító II. takarmány mintái kerültek, illetve a bekeveréshez felhasznált kezeletlen kukorica és búza.

A viszkozításra vonatkozó mérési adatokat, az eredeti mérési protokoll megjelenési formájában, a kukoricára és a búzára a 53–54. táblázatban és a 24–25. ábrán, a takarmánykeverékekre pedig a 55–59. táblázatban és a 26–27. ábrán mutatom be.

Az értékelést kissé megnehezíti, hogy az RVA görbék lefutása a keményítők amilóz/amilopektin arányának, a különféle keményítőszemcsék mennyiségi viszonyainak és hozzáférhetőségének a függvényében változik.

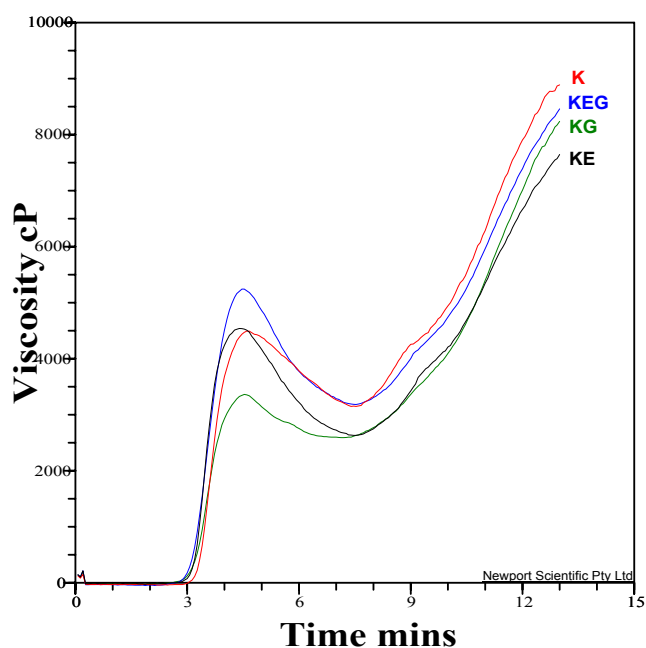
A kukorica és a búza minták eltérően reagáltak a hőkezelésekre, ami feltehetően keményítőjük különbözőségének következménye. A kukorica minta csúcsviszkozitási értéke az expandálás hatására kis mértékben emelkedett, a csak granulálás hatására csökkent, míg a kettős kezelésre lényegesen emelkedett. A mérés végén megjelenő viszkozításban ez teljesen megváltozik, és kezeletlen – expandált+granulált – granulált – expandált (legnagyobb → legkisebb) sorrend alakult ki, mégpedig a kukoricákban jelentősen nagyobb értékkel, mint a búza mintákban. Ez a különbség csak az expandált+granulált mintában van így, a másik három mintában az érték kicsit kisebb, gyakorlatilag azonosnak tekinthető. A búza minták teljesen egyértelmű tendenciát mutatnak, valamennyi mért adat alapján legnagyobb viszkozitása az expandált+granulált mintának van, ezt követi a csak granulált, a csak expandált, és a kezeletlen minta. Az abszolút értékek és azok különbségei ez esetben nagyobbak, mint a kukoricában, ami igazolja azon empirikus ismereteinket, miszerint a búzakeményítő nagyobb csirizedésével (zselatinizálódásával) számolhatunk, mint a kukoricáéval.

Hidrotermikusan kezelt kukoricadarák RVA paraméterei

Kód	csúcs- viszkozitás	minimális viszkozitás	a csúcs- és a minimum különbsége	végző viszkozi- tás	a végző viszkozitás és a mini- mum kü- lönbsége	a csúcs viszkozitás eléréséhez szükséges idő	Csirizese- dési hő- mérséklet
*	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final visc.	Setbac	Peak time	Pasting temp.
	cP					sec	°C
K	4495	3152	1343	8889	5737	276	74
KE	4542	2632	1910	7644	5012	264	72
KG	3361	2591	770	8238	5647	272	69
KEG	5240	3185	2055	8457	5272	268	71

* lásd 4. sz. melléklet

24. ábra: Hidrotermikusan kezelt kukoricadarák RVA-görbéi



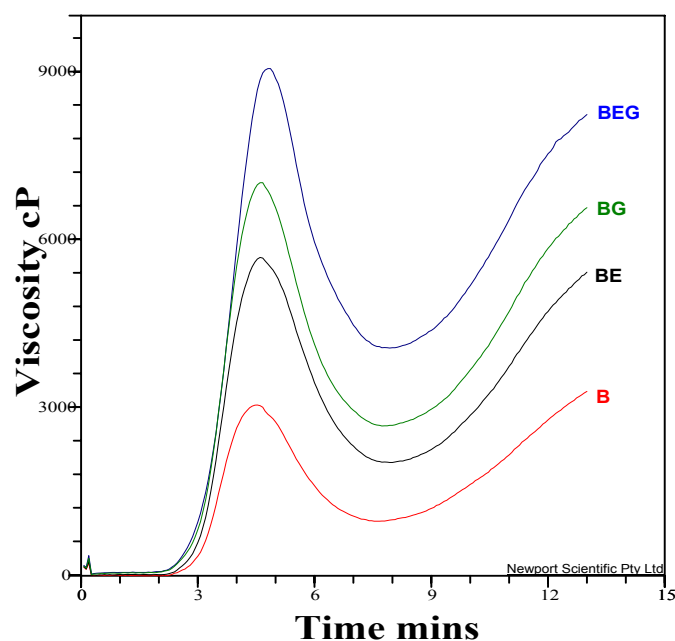
A rövidítések jegyzéke:

- K: kezeletlen
- KE: expandált
- KG: granulált
- KEG: expandált+granulált

Hidrotermikusan kezelt búzadarák RVA paraméterei

Kód	csúcs- viszkozitás	minimális viszkozitás	a csúcs- és a minimum különbsége	végző viszkozitá- s	a végző viszkozitás és a mini- mum kü- lönbsége	a csúcs viszkozitás eléréséhez szükséges idő	Csirizese- dési hő- mérséklet
	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final visc.	Setbac	Peak time	Pasting temp.
	cP					sec	°C
B	3037	959	2078	3279	2320	272	66,3
BE	5677	2011	3666	5415	3404	276	65,5
BG	7011	2664	4347	6563	3899	280	65,4
BEG	9053	4058	4995	8229	4171	288	64,6

25. ábra: Hidrotermikusan kezelt búzadarák RVA-görbéi



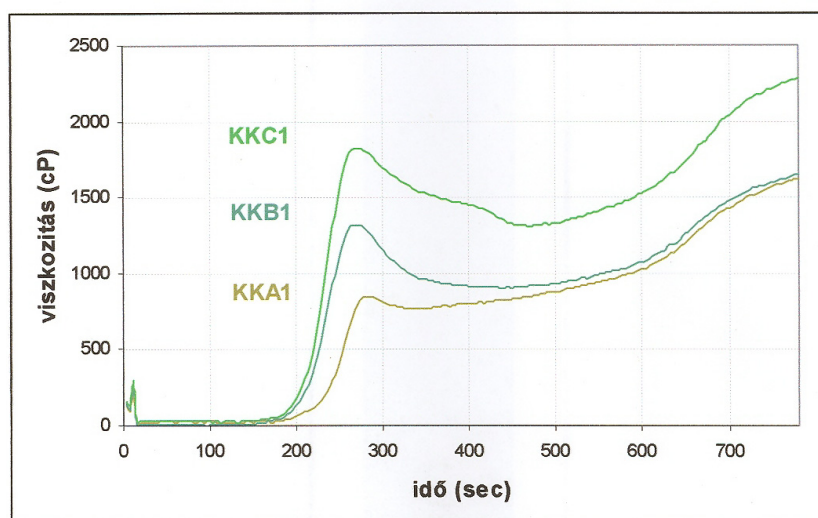
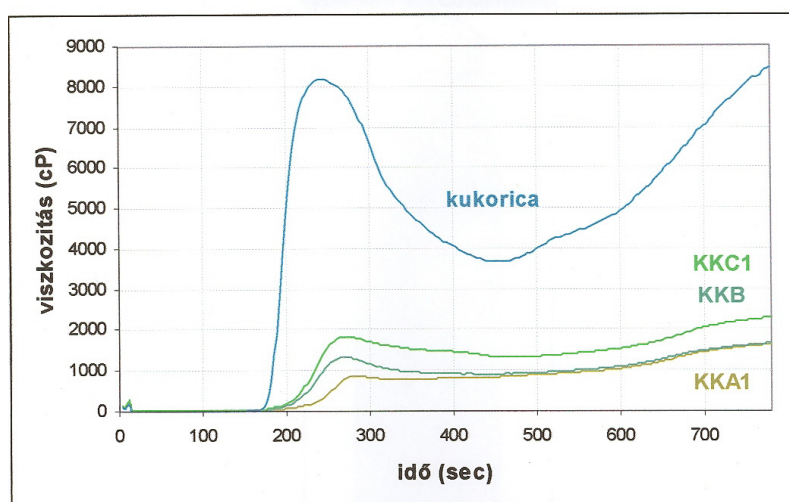
A rövidítések jegyzéke:

- B: kezeletlen
- BE: expandált
- BG: granulált
- BEG: expandált+granulált

Kukoricatartalmú takarmányminták RVA paraméterei

Kód	csúcs- viszkozi- tás	minimális viszkozi- tás	a csúcs- és a minimum különbsége	végző viszkozi- tás	a végző viszkozi- tás és a mini- mum kü- lönbsége	a csúcs viszkozi- tás eléréséhez szükséges idő	Csirizese- dési hő- mérséklet
	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final visc.	Setbac	Peak time	Pasting temp.
	cP					sec	°C
KKA1	851,5	783,5	68	1623	839,15	4,733	80,6
KKB1	1324	902,5	421,5	1656	753,5	4,49965	75,525
KKC1	1828,5	1309,5	519	2282	972,5	4,4663	75,125

26. ábra: Kukorica és kukoricaalapú takarmányminták RVA-görbéi



A rövidítések jegyzéke:

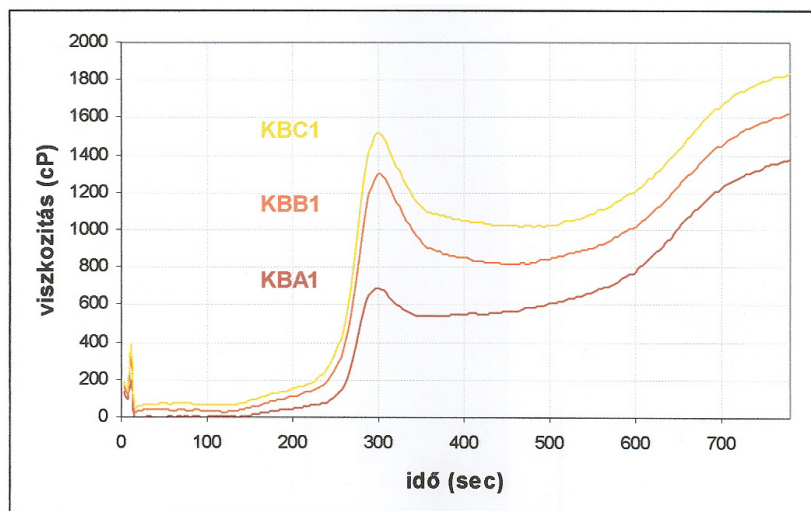
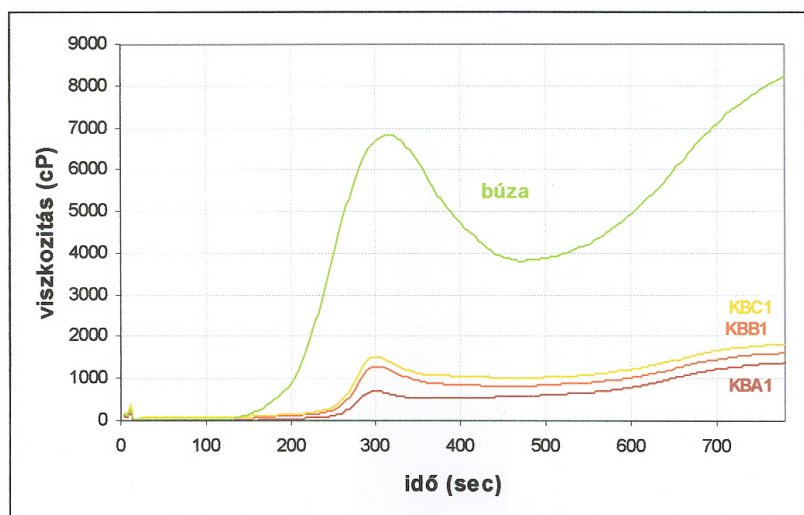
KKA1: kezeletlen KKB1: granulált

KKC1: expandált+granulált

Búzatartalmú takarmányminták RVA paramétereit

Kód	csúcs- viszkozitás	minimális viszkozitás	a csúcs- és a minimum különbsége	végző viszkozi- tás	a végző viszkozitás és a mini- mum kü- lönbsége	a csúcs viszkozitás eléréséhez szükséges idő	Csirazese- dési hő- mérséklet
	Peak 1	Trough1	Breakdown	Final visc.	Setbac	Peak time	Pasting temp.
	cP					min	°C
KBA1	693	540	153	1378	838	4,9663	86,775
KBB1	1299	816,5	482,5	1618,5	802	4,9996	84,325
KBC1	1521	1016,5	504,5	1832,5	816	4,9996	75,9

27. ábra: Búza és búzatartalmú takarmányminták RVA-görbéit



A rövidítések: KBA1: kezeletlen; KBB1: granulált; KBC1: expandált+granulált

A kukorica, illetve búza alapú keverékek viszkozitási eredményeit, a jobb viszonyíthatóság érdekében, két-két ábrán mutatom be. Az egyikben a kukorica, ill. a búza kezeletlen mintájának viszkozitása is látható, míg a másikon, a három keverék minta eredménye egy másik méretarányban jelenik meg, mert így, a viszonylag nem nagy különbségek jobban láthatók. Amint az várható volt, feltehetőleg a nagyobb zsírkiegészítés miatt, a viszkozitás értékek lényegesen kisebbek, mint a tiszta anyagok esetében, továbbá a búzás keverékek (ezekben van nagyobb zsírkiegészítés) szintén alacsonyabb értékeket mutatnak, mint a kukoricás keverékek. A tendencia mindkét esetben azonos, a kezeletlen, kiinduló minták viszkozitása a legkisebb, a granuláltaké nagyobb, és az expandált+granuláltaké a legnagyobb. Ezeknek az eredményeknek az elbírálása még nehezebb, mint a „tiszta” anyagoké, mert a különböző kísérő anyagok hatása nagy befolyással lehet a végső állapotra, éppen ezért további biológiai, fizikai és keményítőkémiai vizsgálatokra lenne szükség a viszkozitási összefüggések feltárása érdekében.

A bélviszkózitás

Az összesen 24, *post mortem* vett chymus minta viszkozitás vizsgálati eredményeit az 57. táblázatban foglaltam össze, melyek szakirodalmi adatokkal (pl. WISEMAN, 1990; ill. SZŰCSNÉ és mtsai, 1990; JEROCH és mtsai, 1993; DUSEL és mtsai, 1997) nem hasonlíthatók össze, nem lévén nemzetközileg egységesített meghatározási metodika. Ezért az adatokból csak az állapítható meg, hogy a szakirodalomban található utalásoknak megfelelően a nagy búza mennyiséget tartalmazó takarmány esetén a chymus viszkozitása nagyobb, mint a hasonló mennyiségben kukoricát tartalmazóéi. Az expandált és granulált takarmányok fogyasztása esetén is nő a viszkozitás értéke, ami valószínűleg a madarak életkorával van összefüggésben. Amint azt majd a dolgozat későbbi fejezetében bemutatom, a 11. hetes kor körüli súlygyarapodásra nincs különösebb hatása a bélviszkózitás növekedésének. Úgy tűnik, hogy a későbbiek során elvégzendő újabb vizsgálatokat fiatalabb madarakon kellene elvégezni.

**Post mortem bélviszkozítás a takarmányozási kísérlet I. pulykáiban
($\bar{x} \pm s$, cP)**

	Bélviszkozítás 11. hetes pulyka
	n=2x2x6
Kukorica alapú takarmány	
Granulált	2,15±0,60
Expandált+granulált	2,37±0,27
Búza alapú takarmány	
Granulált	2,18±0,30
Expandált+granulált	2,64±0,25

4.3. Állatkísérletek

Az anyagcsere kísérlet eredményei

Az anyagcsere kísérletet, az „Anyagok és módszerek” fejezetben leírtak szerint állítottuk be, és folytattuk le. Az etetett takarmányok mért kémiai összetételét a 58. táblázatban foglaltam össze.

**Az anyagcsere kísérletben etetett takarmány mért táplálóanyag-tartalma
(Pulyka indító II.)**

	Expandált	Granulált	Expandált+ granulált
Száranyag, %	91,8	91,6	92,1
Nyersfehérje, %	25,3	24,6	24,3
Nyerszsír, %	5,9	6,4	6,3
Nyershamu, %	9,8	9,0	9,3
Nyersrost, %	3,2	3,1	3,2
Bruttó energia, MJ/kg	16,67	16,58	16,72
Keményítő, %	28,3	28,3	28,6

A következőkben, a különböző táplálóanyagokra vonatkozó, a takarmányok és a bélsár kémiai analízise alapján számított értékeket mutatom be. A nyersfehérje látszólagos emészthetőségi adatait az 59. táblázat tartalmazza.

A hőkezelés hatása a nyersfehérje látszólagos emészthetőségére ($\bar{x} \pm s$)

	Expandált	Granulált	Expandált+ granulált
Összes N-felvétel, g/nap	7,25±1,35	6,55±1,30	6,66±1,61
N-kiürülés összesen, g/nap	3,38±0,61	3,05±0,59	3,06±0,74
N-kiürülés bélsárban, g/nap	1,87±0,21	1,68±0,25	1,69±0,52
N-kiürülés vizeletben, g/nap	1,51±0,40	1,37±0,34	1,37±0,37
Húgysav N, g/nap	1,06±0,28	0,96±0,24	0,96±0,26
Ammónia N, g/nap	0,15±0,04	0,14±0,03	0,14±0,04
N-retenció, g/nap	3,87±0,55	3,50±0,48	3,60±0,61
Nyers fehérje látszólagos emészthetősége, %	74,20±6,15	74,30±6,02	74,60±5,32

Az adatokból megállapítható, hogy az alkalmazott hőkezelések nem befolyásolták az *in vivo* megállapítható nyersfehérje látszólagos emészthetőséget.

Az expandálás+granulálás hatására a nyerszsír emészthetősége (60. táblázat) 3,8%-os, illetve 3,7%-os szignifikáns javulást mutatott a csak expandált, illetve a csak granulált takarmányhoz képest.

60. táblázat

A hőkezelés hatása a nyerszsír látszólagos emészthetőségére ($\bar{x} \pm s$)

	Expandált	Granulált	Expandált+ Granulált
Takarmányfelvétel ($\Sigma 3$ nap), g	538±100	500±99,41	515±124,58
Takarmány nyerszsírtartalma, %	5,9	6,4	6,3
Felvett nyerszsír, g	31,74±5,9	32,00±7,3	32,45±7,85
Ürülék ($\Sigma 3$ nap), g	924±175	827±197	856±227
Ürülék sz.a. 60 °C-on, %	21,1±1,55	21,6±2,05	21,4±2,00
Ürített szárazanyag, g	195±42,7	179±39,9	183±50,0
Ürülék nyerszsír, %	2,37±0,18	2,58±0,35	2,00±0,21
Ürített nyerszsír, g	4,62±1,11	4,62±1,32	3,66±0,87
Nyerszsír látszólagos emészthetősége, %	85,44±2,4 ^a	85,56±2,57 ^a	88,72±1,47 ^b

^{ab}: $P \leq 0,05$

A keményítő emészthetősége (61. táblázat) szintén az expandált+granulált takarmányban volt a legjobb, mégpedig szignifikáns mértékben, 2,5%-kal, a csak expandálthoz viszonyítva. A granulálthoz képest az eltérés 1,9%-os, szintén szignifikáns mértékű.

A hőkezelés hatása a keményítő látszólagos emészthetőségére ($\bar{x} \pm s$)

	Expandált	Granulált	Expandált+ granulált
Takarmányfelvétel ($\Sigma 3$ nap), g	538 \pm 100	500 \pm 99,41	515 \pm 124,58
Takarmány keményítő, %	28,31	28,34	28,65
Felvett keményítő, g	152 \pm 28	142 \pm 25	148 \pm 33
Ürülék ($\Sigma 3$ nap), g	924 \pm 175	827 \pm 197	856 \pm 227
Ürülék sz.a. 60 °C-on, %,00	21,1 \pm 1,55	21,6 \pm 2,05	21,4 \pm 2,00
Ürített szárazanyag, g	195 \pm 42,7	179 \pm 39,9	183 \pm 50,00
Ürülék keményítő, %	9,00 \pm 1,83	8,73 \pm 1,82	7,68 \pm 1,84
Ürített keményítő, g	17,55 \pm 5,57	15,63 \pm 5,51	14,05 \pm 6,64
Keményítő látszólagos emészthetőség, %	88,45 \pm 2,79 ^a	88,99 \pm 2,47 ^a	90,51 \pm 2,90 ^b

^{ab}: P \leq 0,05

Az expandált+granulált takarmány AMEn-tartalma szignifikáns mértékben, a granulátnál 1,7-, az expandált takarmánynál 2,95 relatív %-kal (+0,14, ill. 0,33 MJ/kg) volt nagyobb (62. táblázat).

A hőkezelés hatása a takarmány AMEn-tartalmára

	Expandált	Granulált	Expandált+ Granulált
Takarmányfelvétel ($\Sigma 3$ nap), g	538 \pm 100	500 \pm 99,41	515 \pm 124,58
Bruttó energia, KJ/g	16,67	16,58	16,72
Felvett bruttó energia, KJ	8968 \pm 1666	8290 \pm 1648	86131 \pm 2082
Ürülék ($\Sigma 3$ nap), g	924 \pm 175	827 \pm 197	856 \pm 227
Ürülék sz.a. 60 °C-on, %,00	21,1 \pm 1,55	21,6 \pm 2,05	21,4 \pm 2,00
Ürített szárazanyag, g	195 \pm 42,7	179 \pm 39,9	183 \pm 50,00
Ürülék bruttó energia, KJ	14,41 \pm 0,52	14,17 \pm 0,58	14,09 \pm 0,68
Ürült bruttó energia, KJ	2810 \pm 589	2536 \pm 452	2578 \pm 679
AME, MJ/kg	11,42 \pm 0,64	11,57 \pm 0,39	11,75 \pm 0,55
AMEn, MJ/kg	11,18 \pm 0,63 ^a	11,32 \pm 0,48 ^b	11,51 \pm 0,54 ^c

^{abc}: P \leq 0,05

Az anyagcsere kísérlet alapján megállapítható, hogy az expandálás+granulálás additíven növelte a kezelt takarmány táplálóanyag-tartalmának emészthetőségét, és a takarmány AME-, ill. AMEn-tartalmát.

A hizlalási I. kísérlet eredményei

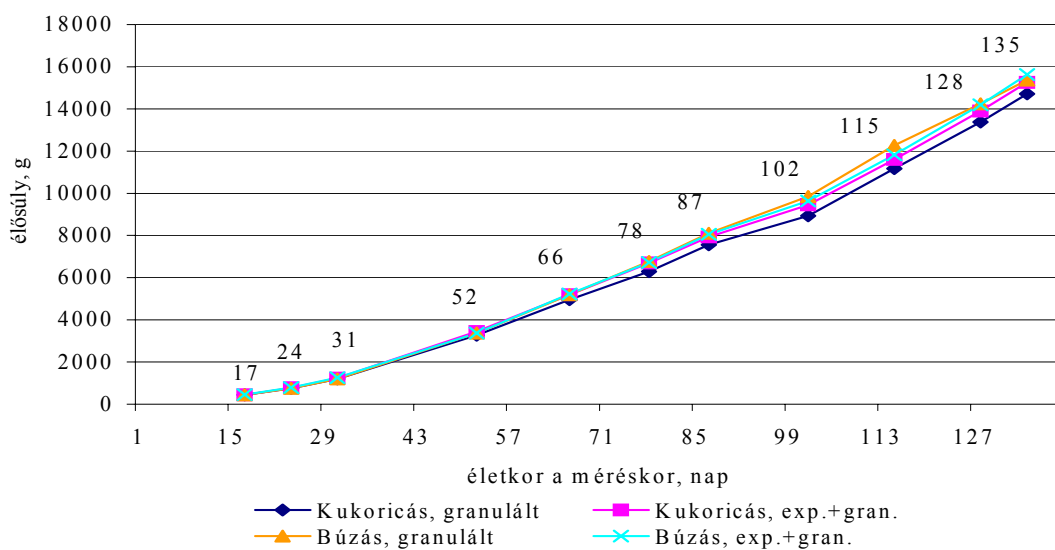
Amint arról már korábban említést tettem, a hizlalási kísérletekben, dercés, kezeletlen takarmányok etetésére — alapvetően technológiai okok miatt — nem kerülhetett sor, ezért azokban csak granulált, illetve expandált+granulált takarmányt vizsgálhattam.

Az első kísérlet céljaira két olyan típusú takarmányt állítottam össze, amelyek gabona forrásként vagy csak kukoricát, vagy csak búzát tartalmazott, mind a nyolc fázisban (indító I. és II., nevelő I., II., és III., valamint befejező I, II., és III.). A valamennyi vizsgált mutatóra kiterjedő biometriai számítás, egyetlen esetben sem igazolt statisztikai különbséget.

A beállítástól a kísérlet befejezéséig 11 alkalommal végeztem egyedi mérlegelést, melyeknek kezelésenkénti átlagait a 28. ábra tartalmazza.

28. ábra: Átlagos testsúly az életkor szerint

(egy-egy adat, a 12 kútica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték, $=2 \times 2 \times (12 \times 6)$, g/madár)



Megjegyzés: hőségnapok: 87–120. nap között

Az ábrából kitűnik, hogy a négy kezelésben, a madarak mérésenkénti átlagsúlya végig közel volt egymáshoz, bár tendenciájában egyértelmű a granulált kukorica alapú takarmányt fogyasztók lemaradása. Ugyancsak jól látszik, hogy a 100. életnap körüli hőség napok miatt lassult a súlygyarapodás üteme, továbbá ekkor indult meg a különböző kezelésekre nagyobb mértékű szétválása.

A jobb összehasonlíthatóság érdekében, a 63. táblázatban, takarmányozási fázisonként mutatom be a napi átlagos súlygyarapodásokat. Az adatok szerint, ha kis mértékben is, de többnyire az expandált+granulált takarmányok eredményeztek nagyobb értékeket. A búzás nevelő II., III., és a befejező I., valamint a kukoricás befejező III. esetében, a csak granulált takarmányokat fogyasztók érték el jobb eredményt. A nevelő III. szakaszban jelentős a súlygyarapodás visszaesése, de ugyancsak jelentős a madaraknak a következő periódusban megállapítható kompenzáló képessége is. A kompenzációs növekedés olyan mértékű ebben a szakaszban, hogy a befejező II.-ben alig emelkedik tovább, sőt a búzás/granulált kezelésben vissza is esik.

63. táblázat

Napi átlagos súlygyarapodás takarmányozási fázisonként

(egy-egy adat, a 12 kútrica összesített adata alapján egy madárra számított átlagos érték,
n=2x2x(12x6), g/nap/madár)

Életkor, nap	Kukoricás takarmányok		Búzás takarmányok	
	Granulált	Expandált+granulált	Granulált	Expandált+granulált
17–24.	45±2	46±2	43±3	48±4
24–52.	90±6	96±9	94±5	92±5
52–66.	119±70	124±15	130±11	132±5
66–87.	124±18	130±20	139±8	135±11
87–102.*	92±31	102±28	116±32	105±28
102–115.	172±34	165±59	186±22	168±22
115–128.	170±50	177±91	152±37	183±63
128–135.	191±61	194±67	161±51	203±79

* hőség napok

A madarak takarmány felvétele fontos alapfeltétele a termelésnek. Az erre vonatkozó adatokat a 64. táblázatban mutatom be. Érdekes módon ellentétes tendencia figyelhető meg a kukoricás, illetve a búzás takarmányt fogyasztók között, amennyiben az előbbi takarmányt fogyasztók az expandált+granuláltból ettek többet, az utóbbiak a csak granuláltból. Ugyancsak megállapítható, hogy a búzás takarmányokból nagyobb napi fejadag fogyott, mint a kukoricásokból. A hőség napok hatása inkább az expandált+granulált, mint a csak granulált takarmányt fogyasztók esetében figyelhető meg. Nem szokatlan, mégis feltűnő az utolsó héten a takarmányfelvétel visszaesése, ami alól kivétel a granulált búzás takarmányt fogyasztó csoport.

Átlagos takarmányfelvétel, életkor szerint

(egy-egy adat, a 12 kutyica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték,
n=2x2x(12x6), g/nap/madár)

Életkor, nap	Kukoricás takarmányok		Búzas takarmányok	
	Granulált	Expandált+ granulált	Granulált	Expandált+ granulált
17–24.	78±6	83±4	79±5	73±6
24–31.	111±6	123±6	122±6	130±7
31–52.	190±9	197±11	206±11	194±10
52–66.	286±25	300±34	307±27	293±13
66–78.	300±25	313±26	318±20	308±16
78–87.	392±40	398±45	433±51	417±27
87–102.	468±53	415±58	482±73	445±37
102–115.	470±90	503±105	564±59	527±65
115–128.	610±84	634–151	604±59	609±64
128–135.	675±130	547±113	573±59	597±72

A felnevelés költségeit alapvetően befolyásoló tényező a takarmányértékesítés, vagyis az egy kg (vágáskori) élősúlyra jutó felhasznált takarmány mennyisége. A kísérlet ezen eredményeit, takarmányféleségenként, a 65. táblázatban mutatom be. Az adatokon ebben az esetben is látszik a hőség napok kedvezőtlen hatása, majd az azt követő kompenzációs időszak. A kezelések közti különbségek nem túl nagyok, általában az expandált+granulált takarmányt fogyasztóké kedvezőbb, mint a csak granuláltat fogyasztóké.

Hatás a takarmányértékesülésre

(egy-egy adat, a 12 kutyica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték,
n=2x2x(12x6), g/g)

Életkor, nap	Kukoricás takarmányok		Búzas takarmányok	
	Granulált	Expandált+ granulált	Granulált	Expandált+ granulált
17–24.	1,73±0,20	1,80±0,10	1,84±0,10	1,52±0,20
24–52.	1,89±0,09	1,86±0,12	1,96±0,05	1,93±0,08
52–66.	2,40±0,30	2,42±0,20	2,36±0,20	2,22±0,10
66–87.	2,73±0,32	2,68±0,27	2,64±0,22	2,62±0,16
87–102.*	5,10±3,30	4,06±1,10	4,16±1,28	4,24±1,00
102–115.	2,75±0,81	3,05±1,67	3,26±0,55	3,14±1,39
115–128.	3,37±0,90	3,58±1,77	3,97±1,30	3,33±1,46
128–135.	3,53±0,63	2,82±1,01	3,56±1,02	3,43±0,92

* hőség napok

A 66. táblázatban takarmányozási fázisonként mutatom be az elért eredményeket. Az „indító” fázisban az expandált+granulált kukoricás kezelés eredményezte a leg-

nagyobb súlygyarapodást és a legjobb takarmánytranszformációt. A granulált, búza alapú takarmányból volt legnagyobb a napi átlagos takarmányfelvétel. A „nevelő” fázisban minden szempontból a búzás takarmányt fogyasztók értek el jobb eredményt, mint a kukoricások. A „befejező” szakasz adatain látszik a kompenzáció. Súlygyarapodásban legjobb a búzás expandált+granulált kezelés, leggyengébb pedig, a búzás granulált volt. A búzás kezelések madarai több takarmányt vettek fel, mint a kukoricások.

66. táblázat

Teljesítményadatok takarmányozási fázisonként

(egy-egy adat, a 12 kutyica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték, $n=2 \times 2 \times (12 \times 6)$)

Fázisok	Életkor, nap	Kukoricás takarmányok		Búzás takarmányok	
		Granulált	Expandált+granulált	Granulált	Expandált+granulált
Indító (két fázis)	17–52.				
Tak. nap		35	35	35	35
Ind. súly, g		440±26	448±28	445±32	452±27
Záró súly, g		3280±291	3448±394	3369±413	3378±472
Átl. napi súlygy., g		81±5,1	86±4,5	83±4,0	84±4,1
Átl. napi tak.felv., g		152±6,4	159±6,9	164±7,3	157±6,8
Tak. ért., g/g		1,87±0,08	1,85±0,08	1,97±0,05	1,87±0,07
Nevelő (három fázis)	52–102.				
Tak. nap		50	50	50	50
Induló súly, g		3280±29	3448±28	3369±41	3378±47
Záró súly, g		8938±551	9453±645	9848±478	9633±473
Átl. napi súlygy., g		113±9,9	120±12,4	130±11,0	125±9,0
Átl. napi tak.felv., g		363±27	355±32	385±28	364±16
Tak. ért., g/g		3,21±0,3	2,96±0,23	2,96±0,23	2,91±0,18
Befejező (három fázis)	102–135.				
Tak. nap		33	33	33	33
Induló súly, g		8938±551	9453±645	9848±478	9633±473
Záró súly, g		14714±1077	15262±1101	15369±736	15624±569
Átl. napi súlygy., g		175±27	176±31	167±15	181±13
Átl. napi tak.felv., g		582±64	579±92	598±42	590±58
Tak. ért., g/g		3,32±0,42	3,29±0,59	3,58±0,50	3,26±0,29

Valamennyi eredményt összesítve közlöm a 67. táblázatot, és a néhány vágási eredményt tartalmazó 68. táblázatot. 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 búzás kezelés súlygyarapodása szintén nagyon jó volt, de miután ebből a takarmányból ettek legtöbbet 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. A kísérletbe állított, kezelésenkénti 72 madár mintegy kétharmadát levágva, az értékes húsrészek (comb, mell) mennyisége arányos volt a vágósúllyal, semmiféle, a takarmányozásnak betudható különbség nem alakult ki.

67. táblázat

Összesített teljesítményadatok

(egy-egy adat, a 12 kútica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték, $n=2 \times 2 \times (12 \times 6)$)

Hizlalási időszak 118 nap	Életkor, nap	Kukoricás takarmányok		Búzas takarmányok	
		Granulált	Expandált+ granulált	Granulált	Expandált+ granulált
Induló súly, g	17.	440±26	448±28	445±32	452±27
Záró súly, g	135.	14714±1077	15262±1101	15369±736	15624±569
Átl. napi súlygy., g		121±9,3	125±9,4	126±6,27	129±4,7
Átl. napi tak.felv., g		361±27	360±32	379±19,7	366±20
Tak. ért., g/g		2,98±0,17	2,88±0,21	3,01±0,20	2,84±0,1

68. táblázat

Vágóhídi minősítés (kg)

(egy-egy adat, a 12 kútica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték)

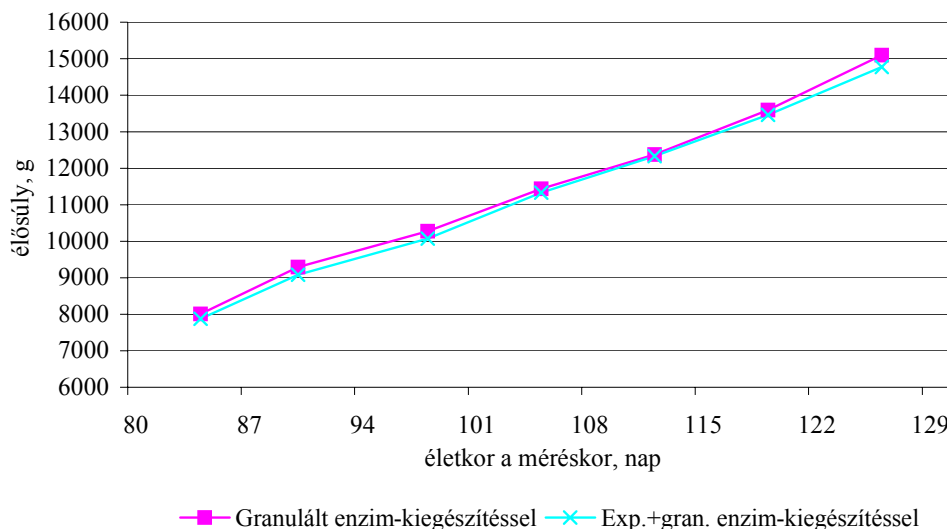
	Kukoricás takarmányok		Búzas takarmányok	
	Granulált	Expandált+ granulált	Granulált	Expandált+ granulált
n	45	39	50	50
Záró súly	14,7±1,1	15,3±1,1	15,4±0,7	15,6±0,6
Alsó comb	1,49±0,25	1,48±0,32	1,54±0,29	1,56±0,30
Felső comb	1,55±0,28	1,56±0,25	1,58±0,38	1,64±0,41
Mell súlya	2,96±0,47	3,11±0,47	3,18±0,64	3,29±0,66

A hizlalási II. kísérlet eredményei

Ezt a kísérletet, hízópulykákkal (a hizlalás utolsó harmada, 84–126. napos életkor, $n=2 \times 12 \times 5$), az integrációban általánosan használatos takarmányokkal (nevelő III., befejező I. és II.) állítottam be. A 42 napos hizlalási időszakban 7 alkalommal végeztek súlymérést, melyek eredményét a 29. ábrán mutatom be. Az adatokból az tűnik ki, hogy lényeges súly különbségek nem alakultak ki a kezelések között.

29. ábra: Átlagos testsúly életkor szerint

(egy-egy adat, a 12 kutyica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték,
n=2x2x(12x5); g/madár)



Egy életkor szakasz kivételével, valamennyi esetben $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns különbség állapítható meg a két kezelés madarainak takarmány felvétele között (69. táblázat). A hetenkénti átlagban számolt, madarankénti abszolút napi különbség 20–60 g, ami jelentősnek tekinthető, de tisztázása további vizsgálatokat igényel.

69. táblázat

Átlagos takarmányfelvétel, életkor szerint

(egy-egy adat, a 12 kutyica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték,
n=2x(12x5), g/nap/madár)

Életkor, nap	Granulált	Expandált+granulált
84–90.	580±15 ^a	560±29 ^b
90–98.	501±15	542±29
98–105.	577±48 ^a	536±62 ^b
105–112.	505±54 ^a	447±25 ^b
112–119.	521±71 ^a	484±111 ^b
119–126.	788±41 ^a	728±42 ^b

Megjegyzés: soronként, a különböző betűvel jelölt adatok között $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns a különbség

A madarak súlygyarapodásában kialakult különbség, valamint, hogy az expandált+granulált takarmányból a madarak kevesebbet fogyasztottak, eredményezte azt, hogy fajlagos takarmányértékesítés tekintetében (70. táblázat) is, több életkori szakaszban, $P \leq 0,05$ szinten, szignifikáns különbség van ennek a kezelésnek a hatására.

Hatás a takarmányértékesülésre(egy-egy adat, a 12 kutchica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték, $n=2 \times (12 \times 5)$, g/g)

Életkor, nap	Granulált	Expandált+granulált
84-90.	3,17±0,23	3,27±0,33
90-98.	3,54±0,67 ^a	3,83±1,01 ^b
98-105.	3,51±0,57 ^a	2,98±0,82 ^b
105-112.	3,57±1,39 ^a	3,13±1,00 ^b
112-119.	2,99±1,04	3,00±0,93
119-126.	3,65±0,92 ^a	3,89±1,33 ^b

Megjegyzés: soronként, a különböző betűvel jelölt adatok között $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns a különbség

A 71. táblázatban takarmányonként mutatom be az eredményeket. A nevelő III. takarmánnyal, a 84–98. nap között, $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns a különbség a napi takarmányfelvételben a granulált, valamint az expandált+granulált takarmányok esetében. A takarmányértékesülésben található viszonylag nagy eltérés (0, 22 kg, 6,6 %) nem szignifikáns. A befejező I. takarmánnyal, a 98–112. nap között, $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns a különbség a napi súlygyarapodást, a napi takarmányfelvételt, és a takarmányértékesítést tekintve egyaránt. A nagyobb súlygyarapodás, a kevesebb takarmány felvétele, egy lényegesen jobb takarmányértékesülést eredményezett az expandált+granulált takarmányt fogyasztó madarak esetében. A 112–126. nap között, a befejező II. takarmány hatására $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns a különbség a napi súlygyarapodásban és a takarmányfelvételben, mégpedig mindkét esetben a granulált takarmányt fogyasztó csoportok javára.

A hizlalási kísérlet II. összesített adatait a 72. táblázat tartalmazza. Ebből kitűnik, hogy a hizlalás befejező szakaszában, a 84–126. nap között, $P \leq 0,05$ szinten szignifikáns a különbség alakult ki a napi súlygyarapodást és a napi takarmányfelvételt tekintve a csak granulált takarmányt fogyasztó kezelés javára. Ezzel szemben, a takarmányértékesítés az expandált+granulált takarmányt fogyasztó csoportok esetében volt jobb. Az értékes húsrészek vágáskor mért mennyiségeiben (73. táblázat) semmiféle különbség nem alakult ki.

Teljesítményadatok takarmányozási fázisonként

(egy-egy adat, a 12 kútica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték, n=2x(12x5))

Fázisok	Életkor, nap	Granulált	Expandált+granulált
Nevelő III.	84–98.		
Takarmányozási nap		14	14
Induló súly, g		8010±660	7880±540
Záró súly, g		10280±750	10070±670
Átl. napi súlygyarapodás, g		162±30	156±31
Átl. napi takarmány felvétel, g		525±43 ^a	550±30 ^b
Takarmányértékesítés, g/g		3,24±0,5	3,53±0,8
Befejező I.	98–112.		
Takarmányozási nap		14	14
Induló súly, g		10280±750	10070±670
Záró súly, g		12370±1190	12330±780
Átl. napi súlygyarapodás, g		149±31 ^a	161±26 ^b
Átl. napi takarmány felvétel, g		541±62 ^a	492±65 ^b
Takarmányértékesítés, g/g		3,63±0,9 ^a	3,05±0,7 ^b
Befejező II.	112–126.		
Takarmányozási nap		14	14
Induló súly, g		12370±1190	12330±780
Záró súly, g		15100±1050	14770±960
Átl. napi súlygyarapodás, g		195±27 ^a	174±41 ^b
Átl. napi takarmány felvétel, g		655±148 ^a	606±149 ^b
Takarmányértékesítés, g/g		3,35±0,9	3,48±0,8

Megjegyzés: soronként, a különböző betűvel jelölt adatok között P≤0,05 szinten szignifikáns a különbség

Összesített teljesítményadatok

(egy-egy adat, a 12 kútica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték, n=2x(12x5))

	Granulált	Expandált+granulált
Induló súly, g	8010±660	7880±540
Záró súly, g	15100±1050	14770±960
Átl. napi súlygyarapodás, g	169±33 ^a	164±29 ^b
Átl. napi takarmány felvétel, g	579±109 ^a	550±105 ^b
Takarmányértékesítés, g/g	3,43±0,7 ^a	3,35±0,8 ^b

Megjegyzés: 84–126. életnap között

– soronként, a különböző betűvel jelölt adatok között P≤0,05 szinten szignifikáns a különbség

Vágóhídi minősítés (kg)(egy-egy adat, a 12 kutrica összesített súlya alapján egy madárra számított átlagos érték, $n=2 \times (12 \times 5)$)

	Granulált	Expandált+ granulált
Záró súly	15,10	14,77
Alsó comb	1,51±0,14	1,50±0,12
Felső comb	1,57±0,18	1,57±0,15
Mell súlya	3,42±0,46	3,36±0,38

4.4. Gazdaságossági modellszámítások (nem teljes körű)*Néhány becslés a keverőüzemi ökonómia köréből*

A Gallicoop Zrt. évente 2,5 millió pulykát vág le. Saját takarmánykeverő üze me 60.000 tonna/év takarmánykeverék előállítására képes, ezen belül, évente 1,25 millió pulyka számára állít elő takarmánykeverékeket. A cég 2002-ben vásárolt 2 db OE23 típusú (gyártó: Kahl Ag.) expander, melyek bekerülési költsége összesen 170 MFt volt. Míg 2001-ben az expander vásárlása előtt, évi 62.397 tonna takarmány gyártásához 4.211 üzemóra ra volt szükség, addig a rendszer, termelésbe állítását követő 2004-ben, 64.020 tonna takarmány előállításához, már 3.410 üzemóra is elegendőnek bizonyult. Egy üzemóra összes költsége (az amortizációt is kalkulálva), 2004-ben 33.975 Ft volt és a kalkulációs nehézségek (infláció, energiaár és bér változás, stb) érdekében számoltam ugyanezzel a költséggel 2001 esetében is.

Tekintettel arra, hogy ebben az időszakban, más hasonló nagyságrendű technológiafejlesztés nem történt, ezért jogosan gondolhatjuk azt, hogy a teljesítménynövekedés (legalább is döntő részben) az expander-technológia általános használatának köszönhető.

A fajlagos üzemóra költség

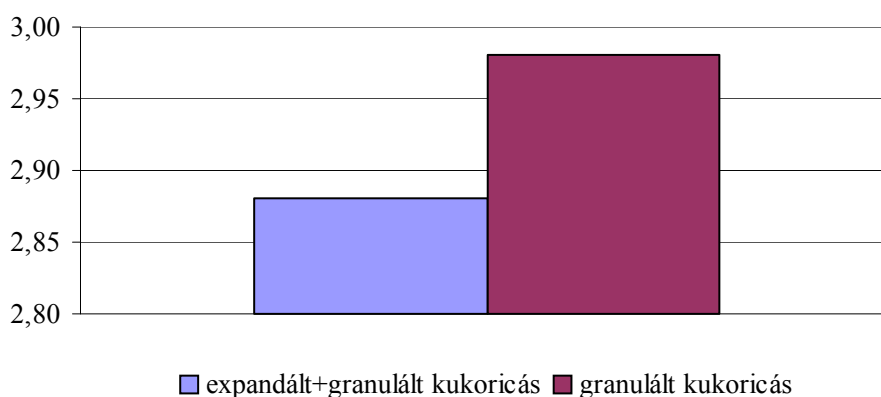
Év	2001.	2004.
Üzemóra költsége, Ft	33.975 Ft.	
Üzemóra/év	4.211	3.410
Gyártás, t/év	62.397	64.020
Összes ktg./év MFt	143,1	115,8

A táblázat adataiból kitűnik, hogy még azonos üzemóra költség mellett is, mint egy 27 millió forinttal csökkentek az éves üzemelés költségei. Ez hasonló termelési nagyságrend mellett, az expander használatával, 19%-kal kisebb összes költséget jelent.

Néhány becslés a pulykahizlalás köréből

Az alább következő kalkulációk tájékoztató jellegűek és csak a takarmányhasznosítással kapcsolatos költségekkel foglalkoznak. Mivel a pulykahizlalásban a takarmányozás a legnagyobb, így ennek a csökkentésével jelentős megtakarítás érhető el. Vizsgálataim során két hizlalási kísérletet állítottam be. Az elsőben kukorica és búza alapú enzim-kiegészítés nélküli takarmánykeveréket etettünk expandálva+granulálva és csak granulálva. A kalkuláció alapjául szolgáló fajlagos takarmányértékesítés eredményei a 30. és 31. ábrán, míg a részletes számítások a 75. táblázatban láthatók.

30. ábra: Takarmányértékesülés (kg/kg) a hizlalás I. kísérletben (kukorica alapú takarmányok)



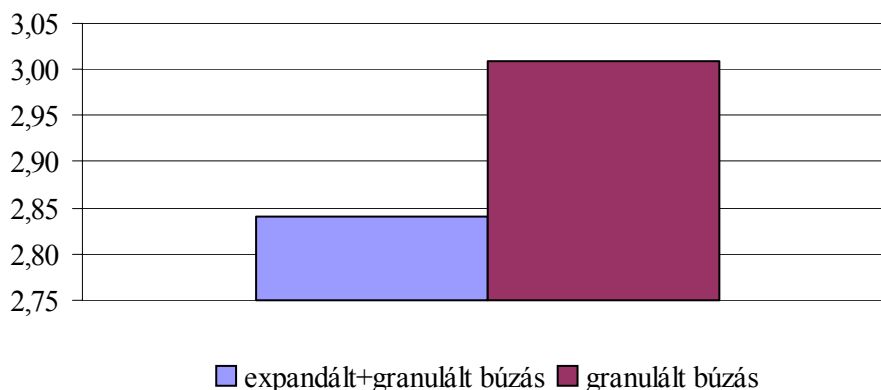
Látható, hogy a kukorica alapú expandált+granulált takarmányt fogyasztó csoportok 2,88 kg/kg, míg a granulált takarmányt fogyasztók 2,98 kg/kg takarmányértékesítést értek el. A különbség 0,1 kg. Ez azt jelenti, hogy a hizlalás során minden kilogramm súlygyarapodáshoz ennyivel kevesebb takarmány szükséges. A tojók legkisebb átlagos vágási súlya 8 kg, a bakoké 16 kg (azaz átlagosan 12 kg). 2007 júniusában, a takarmány átlagos ára 57e forint tonnánként.

Számítás: $0,1\text{kg} \times 12\text{kg} \times 1.250\text{e pulyka} = 1.500\text{ t takarmány}$

megtakarítás/év: $1.500\text{ t} \times 57\text{ eFt/t} = 85,5\text{ MFt}$,

Vagyis, a fajlagos takarmányértékesítés javulása miatt, hőkezelt kukorica alapú takarmánykeverékek etetésével, éves szinten, 85,5 MFt-tal csökken a takarmányozási költség, 1.250e pulyka felnevelése esetén.

31. ábra: Takarmányértékesülés (kg/kg) a hizlalás I. kísérletben (búza alapú takarmányok)



A búza alapú expandált+granulált takarmányt fogyasztó csoportok 2,84 kg/kg, míg a granulált takarmányt fogyasztók 3,01 kg/kg takarmányértékesítést értek el. A különbség 0,17 kg. Ez azt jelenti, hogy a hizlalás során minden kilogramm súlygyarapodáshoz ennyivel kevesebb takarmány szükséges. Az egyéb feltételek azonosak a kukorica alapú tápok esetében bemutatottakkal.

Számítás: $0,17\text{kg} \times 12\text{kg} \times 1.250\text{e pulyka} = 2.550\text{ t takarmány}$

megtakarítás/év: $2.550\text{ t} \times 57\text{ eFt/t} = 145,35\text{ MFt}$

Vagyis, a fajlagos takarmányértékesítés javulása miatt, hőkezelt, búza alapú takarmánykeverékek etetésével, éves szinten, 145,35 MFt-tal csökken a takarmányozási költség 1.250e pulyka felnevelése esetén.

75. táblázat

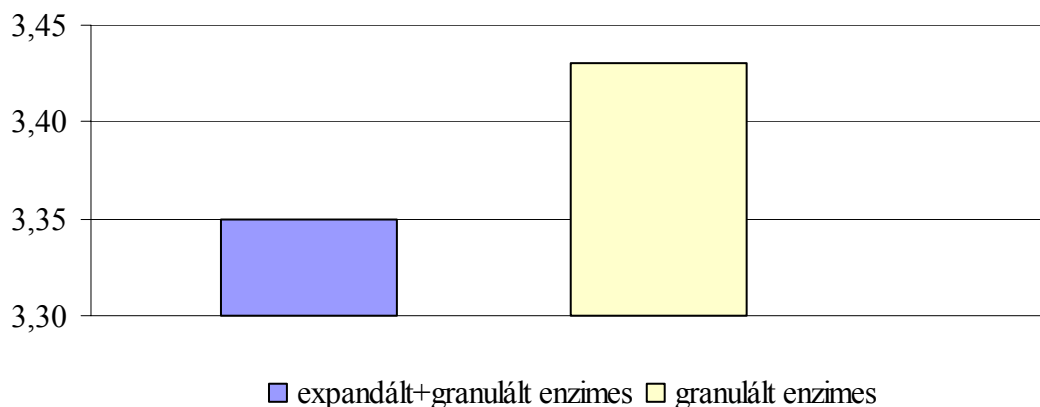
Takarmány költségmegtakarítások az expandált+granulált takarmánnyal a csak granulálthoz képest (hizlalási I. kísérlet)

Megtakarítás	Kukorica alapú	Búza alapú
	takarmányok	
Ft/kg élősúly	5,70	9,69
Ft/bak, 16 kg	91,2	155,0
Ft/ tojó, 8 kg	45,6	77,5
Összes bak, mFt/év	57,0	96,9
Összes tojó, mFt/év	28,5	48,5
Mindösszesen, mFt/év	85,5	145,35

A 32. ábrán a második hizlalási kísérletben expandált+granulált, és granulált takarmányokkal etetett csoportok takarmányértékesítése látható. Ebben az esetben a expandált+granulált takarmányt fogyasztó csoportok 3,35 kg/kg, míg a csak granulált ta-

karmányt fogyasztók 3,43 kg/kg takarmányértékesítést értek el. A különbség 0,08 kg. Ez azt jelenti, hogy ebben kísérletben, a hizlalás befejező szakaszában (84–126. életnap), minden kilogramm súlygyarapodáshoz ennyivel kevesebb takarmány szükséges. Az átlagos súlygyarapodás ebben az időszakban, mind a két kezelésben 7 kg/madár volt. 2007 júniusában egy tonna takarmány átlagos ára 57 eFt volt.

32. ábra: Takarmányértékesülés (kg/kg) a hizlalás II. kísérletben



Számítás: $0,08\text{kg} \times 7\text{kg} \times 1.250\text{e pulyka} = 700\text{ t takarmány}$
 megtakarítás/év: $700\text{ t} \times 57\text{ eFt/t} = 39,9\text{ MFt}$

Vagyis, a fajlagos takarmányértékesítés javulása miatt, a hizlalás befejező szakaszában (a 84. életnap után), expandált és granulált takarmánykeverékek etetésével, szemben a csak granulálttal, éves szinten, 39,9 MFt-tal csökkenhet a takarmányozási költség 1.250e pulyka felnevelése esetén.

Modellszámítás a granuláló gép, illetve az expandáló+granuláló gép fajlagos áramfelvételére, és annak költségére:

Az 5. mellékletben bemutatott adatok felhasználásával, modellszámítást végeztem annak megállapítására, hogy az expandáló és granuláló gép áramfelvétele mennyibe kerül különböző típusú keverékek elkészítésekor. Nem vettem figyelembe a technológia azon gépeinek áramfelvételét, melyeknek működése független ezektől, így például a kondicionálóét, és a granulátumot hűtő rendszerét. Az adatokból kitűnik, hogy az expandálás+granulálás fajlagos áramfelvétele mintegy háromszorosa a granulálásénak. Továbbá az is megállapítható, az expandálást követő granulálás fajlagos áramfelvétele a kukoricás takarmány esetében 7,39-ről 6,12-re, a búzás esetében 7,13-ról 5,68-ra, a szokásosan használt keverékben pedig, 6,54-ről 5,13 kWh-ra csökkent (ez 16–22%-ot jelent). 2007-ben egy kWh költsége 30 Ft volt. Ezzel számolva az áramfelvétel fajlagos

költsége, a búza keményítő jobb feltáródásának (csirizedésének, viszkozitásának), valamint a több zsír hozzáadásának köszönhetően nagyobb az órateljesítmény, a búzas takarmányok esetén kisebb valamennyi esetben. A hizlalási II. kísérlet részére gyártott, az integrációban általánosan használt takarmány granulálásához volt szükség a legkisebb áramköltségre.

A teljesen vázlatos, néhány számítás felhívja a figyelmet arra, hogy a jövőben célszerű lenne elvégezni a beruházás teljes körű ökonómiai értékelését, több év adatainak felhasználásával. Ezen, teljes körű vizsgálatok elvégzését követően lehetne értékelő, vagy a további fejlesztéseket megalapozó, megbízható következtetéseket levonni.

76. táblázat

Modell számítás az áramfelvétel költségére

	Hizlalási I. kísérlet				Hizlalási II. kísérlet	
	Granuláló		Expandáló+granuláló		Granuláló	Expandáló+granuláló
	Kukoricás	Búzas	Kukoricás	Búzas		
	Indító I-II.				Nevelő III.	
Teljesítmény, t/h	8,0	8,5	10,5	12,0	11,0	12,0
Expander áramfelhasználása, kWh			125	125		130
Granuláló áramfelhasználása, kWh	70	68	72	70	70	72
Áramfelhasználás költsége, Ft/t	263	240	563	488	191	505
	Nevelő I-II.				Befejező I.	
Teljesítmény, t/h	10,0	8,5	10,5	12,0	10,0	10,7
Expander áramfelhasználása, kWh			124	125		137
Granuláló áramfelhasználása, kWh	66	61	69	69	70	53
Áramfelhasználás költsége, Ft/t	198	215	551	485	210	533
	Nevelő III., Befejező I.-II.-III.				Befejező II.	
Teljesítmény, t/h	10,0	11,0	10,7	12,0	11,0	12,0
Expander áramfelhasználása, kWh			137	130		137
Granuláló áramfelhasználása, kWh	70	70	53	72	70	53
Áramfelhasználás költsége, Ft/t	210	191	532	505	191	475
	Átlagosan					
Teljesítmény, t/h	9,3	9,3	10,6	12,0	10,7	11,6
Expander áramfelhasználása, kWh			128,7	126,7		134,5
Granuláló áramfelhasználása, kWh	68,7	66,3	64,7	70,3	70	59,3
Áramfelhasználás költsége, Ft/t	222	214	549	493	196	503
Áramfelhasználás, kWh/t						
összesen	7,39	7,13	18,30	16,40	6,54	16,77
ebből az expandáló			12,18	10,72		11,64
ebből a granuláló	7,39	7,13	6,12	5,68	6,54	5,13

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

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 állatitermék 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, 1998b), 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 állatetelési 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. Az adatok értékeléséhez, figyelembe vettem az üzemeltető mérnökök véleményét is, ami szerint, 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 ex-

pandálással 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 csirizesedés 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 csirizesedésének 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 megemlíti, 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 kezelések hatására.

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 kezelések között 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 (HEGEDŰS 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 búzas 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 kezeléseknek hatásaként értékel.

A takarmányok hőkezelésének egy negatív hatása lehet, az ún. Maillard-reakció révén, egyes aminosavaknak az állati szervezet részére felhasználhatatlanná válása. Ezt az állapotot, az aminosavak kémiai hozzáférhetőségének meghatározásával szokás jellemezni. Mi a lizin hozzáférhetőségét, az ún. festékmegkötő módszerrel határoztuk meg, és miután a hőkezelések nem értek el szélsőséges értékeket, nem találtunk lényeges változásokat a kezelések 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 enzimei 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. Kísérletemben, 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 nincs lehetőségem, mert a pulykák bélviszkozítására vonatkozóan 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 vizsgálatuk. 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 búzás 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 csúcsviszkozitási 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 csirizesedésével (zselatinizálódásával) számolhatunk, mint a kukorica esetében, ami megerősíti az üzemben szerzett empirikus tapasztalatokat.

A keverékek viszkozitását, a keményítő lebontottságán kívül, azok zsírtartalma, 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 (és a velejáró nedveség/gőzadagolásnak, valamint nyomásnak) jelentős szerepe van a takarmányok eltarthatóságában, mikrobiológiai stabilitásában, illetve éppen mikrobiológiai állapotának javításában. Kísérleteimben ezeket a hatásokat többféle módon kísértem figyelemmel, de tekintettel arra, hogy vizsgálataimat egy magas minőségi szinten működő üzemben végeztem, ahol csak kiváló minőségű alapanyagokkal dolgoznak, nem minden várható hatást tudtam bizonyítani. Ezek közül mindjárt az első, hogy miután valamennyi alapanyagot és keveréket megvizsgáltuk, és azokban salmonella fertőzést nem találtunk, nem tudtam adatot gyűjteni arra vonatkozólag, hogy az expandálás és granulálás milyen hatással lehetne erre a kontaminációra.

Az első, tájékozódó jellegű vizsgálatban, a kezeletlen és kezelt minták vízaktivitását 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. Ezt a kísérletek megkezdése előtt elvégzett mérést, a későbbi gyakorlat megerősítette, vagyis igazolta, hogy a MÁTRAI és mtsai (2003) által megadott alapparaméterek jól használhatók az esetleges mikrobiológiai változások előrejelzésére.

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, valószínűleg 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 vízaktivitási 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 mikrobiológia állapota (összcsíra és penészszáma) romlott, addig a kezelt minták ugyanezen mutatói nem változtak, vagyis számítani lehet az expandált+granulált, vagy csak granulált takarmánytétel 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 kezeltké (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 hőkezelések miatt, valószínűleg labilissá vált. Ennek következtében az enzimatikus 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 azok-

hoz 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. LIEBERT (1994) egy kukorica alapú brojler takarmányt vizsgált és állapította meg az expandálás+granulálás kedvező hatását a csak granulálással szemben. Más kutatók nem találtak szignifikáns eltéréseket a brojler emésztési együtthatókban, viszont megerősítették az emészthető energiatartalom növekedését a kezelés hatására (PLAVNIK és SKLAN, 1995; O'DOHERTY és mtsai, 2001a; REICHENBACH, 2005). 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, gyakorlatilag semmiféle különbség nem állapítható meg, 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 (kontrollnak tekinthető, hőkezelést nem kapott dercés takarmánnyal, a jelenlegi tartástechnológiákban nem lehet pulykát felnevelni, ezért ilyen kezelés beállítására nem kerülhetett sor). 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 ettem 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 búzás 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 búzás takarmányt fogyasztók között, amennyiben az előbbi takarmányt fogyasztók az expandált+granuláltból ettek többet, az utóbbiak a csak granuláltból. Összességében a búzás takarmányokból nagyobb napi fejadag fogyott, mint kukoricásokból. A hőség napok hatása inkább figyelhető meg az expandált+granulált, mint a csak granulált takarmányt fogyasztók esetében. Az utolsó héten megállapítható a takarmányfelvétel általános visszaesése, ami alól kivétel a granulált búzás takarmányt fogyasztó kezelés.

A fajlagos takarmány-felhasználásban (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 búzás 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 kezelésekben.

Összességében az állapítható meg, hogy elsősorban a kisebb takarmányfelvételnek köszönhető jobb takarmányértékesítés miatt, az expandált+granulált takarmány etetése látszik indokoltnak. A takarmányfelvételben 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 értek 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 állattermék 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).

Javaslatok:

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 és 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.

A disszertációban elvégzett munka alapján újnak tekinthető eredmények:

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 bélviszkozitása, búza alapú takarmány etetve jobban, kukorica alapút etetve kevésbé, kismértékben emelkedik (új adat, 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 viszkozitása nagyobb, mint a kukoricáé, és az expandált + granulált mintáké nagyobb, mint a csak expandált vagy csak granulált, illetve a kezeletlen mintáké
6. A keverékek viszkozitása hasonló tendenciát mutat, mint a gabonáké önmagukban, de mértéke kisebb, mert azt a keményítő csirizedésén 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 nélkül
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. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjaink táplálkozásában mind nagyobb jelentőségű a pulykahús. A modern fajták táplálóanyag-szükséglete csak egészséges és nagy energiakoncentrációjú takarmányokkal történhet. Az ilyen minőség előállításának feltétele — többek között — a hatékony hőkezelés, aminek mind a gyártástechnológia, mind a biológiai hatékonyság szempontjából szerepe van.

A takarmányok hőkezelése, különböző célok érdekében, valószínűleg már több száz éves gyakorlat. Az előnyökön kívül, helytelen technológia esetén, a túlzott kezelésből hátrányok (pl. a táplálóanyagok hőkárosodása) származhat. A negyvenes-ötvenes években kezdett elterjedni a takarmányok granulálása, egyben, mint hőkezelési eljárás is, aminek sok előnyös hatása ismert.

A 1970-80-as években megjelentek a takarmánygyártási technológiába beépített, különböző mértékben automatizált, hőkezelési eljárások. Ezek célja többféle lehet, így a keményítő-feltárás, de leggyakrabban az antinutritív anyagok hatásának, és káros mikroorganizmusok számának csökkentése. Nem volt gyakorlat (a takarmányiparban bizonyosan nem) a hőkezelési technológiák kombinációja, vagyis az egyik eljárás alkalmazása a másik hatékonyságának növelése érdekében, éppen ezért ezt vizsgálja a disszertáció az expandálás+granulálás esetében.

A hőkezelési technológiáknak kettős hatásuk van, az egyik a takarmánygyártásban, a másik az állattermék előállításában realizálható. A disszertációban bemutatott munka mindkét hatást vizsgálja. Egyrészt a keverőüzemben megállapítja az expandálás (granulálás) technikai paramétereit (takarmánygyártás-technológiai mérések), másrészt bemutatja a különböző takarmányok fizikai-, kémiai-, és mikrobiológiai analizisét, vizsgálja eltarthatóságukat, *post mortem* megállapítja a hőkezelt takarmányok hatását a béltartalom viszkózítására. Az elkészült takarmányokkal egy pulykaanyagcsere és két pulykahizlalási kísérlet beállítására került sor. A mérési és kísérleti eredmények felhasználásával, egy nem teljes körű gazdaságossági modellszámítás becsüli meg a technológia alkalmazásának várható előnyeit.

A technológia vizsgálatára és a kísérletekben etetett takarmányok legyártására a Gallicoop Zrt. Tamix Takarmánykeverő Üzemében (Szarvas) került sor. Az expandálást KAHL OE.23 típusú, 23 cm belső átmérőjű, a granulálást Gránit 90 készülékkel végezték. Igény szerint, zsírt (és/vagy olajat) valamint hőérzékeny enzimeket és vitaminokat, a granulátum hűtő után beépített KAHL Rotospray-vel tudnak adagolni.

A disszertációban, az állatkísérletekhez pulykák részére összeállított 12 takarmány gyártásáról gyűjtött adatok találhatóak meg. 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, me-

lyek hatására megváltozik a takarmányok bizonyos anyagainak átstrukturálódása, kedvező vagy kedvezőtlen változása.

A pulykával beállított anyagcsere kísérlet alapján, a nyersfehérje emészthetőségében különbség nem állapítható meg, megerősítve azt a várakozást, hogy az alkalmazott technológia nem károsítja a takarmányfehérjéket. A nyerszsír emészthetőségében, a csak expandálás vagy a csak granulálás hatására nem alakult ki különbség, az expandálás+granulálás viszont szignifikánsan javította azt. A keményítő emészthetőség változásában hasonló tendencia volt megállapítható. A takarmány 0 nitrogén retencióra korrigált látszólagos metabolizálható energia (AMEn) tartalmában viszonylag kicsi, de szignifikáns különbség alakult ki, az expandálás+granulálás hatására.

A pulykahizlalás 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, valamint legjobb volt a takarmányértékesítésük is, mégpedig egy elég magas átlagos takarmány-felvételi szinten. A második kísérletben szintén egymáshoz közel álló eredmények születtek, a különbségek azonban szignifikánsak, mind a súlygyarapodásban, mind pedig a takarmányértékesítésben.

Az etetési kísérletek eredménye alig különbözik a szakirodalomban találhatóktól, jóllehet pulykahizlalási kísérletről alig találni beszámolót. De az általában a szerzők véleménye, hogy az egyéb előnyök (gyártási könnyebbségek, mikrobiológiai állapot javulása) miatt mégis érdemes a pulykatakarmányokat előbb expandálni és utána granulálni.

Az elvégzett nem teljes körű, tájékoztató jellegű gazdaságossági értékelések eredményei indokolják azt, hogy a teljes technológiai folyamatra (gyártás, pulykahizlalás) kiterjedő átfogó gazdaságossági elemzés készüljön. Oka, hogy a gyártási technológiában számtalan kölcsönhatás, fizikaiak, kémiaiak és/vagy biológiai léteznek, melyeknek kihatása lehet a közvetlen gyártási költségekre, az állattermék előállításának költségeire, de mindösszesen a termelési integráció egészének gazdaságosságára, és mert ezeket az összefüggéseket a jelen disszertáció nem vizsgálta.

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 (alapvető a granuláló gépek 1,5–2 t/h teljesítmény növekedése), a munkaszervezési előnyökre és az ezeknek köszönhető költségcsökkenésre egyaránt. Mindezeket még meg is erősíti az eltarthatóságban és a mikrobiológiai állapot javulásában, valamint az állatok takarmányozásában elérhető, egy madárra nézve viszonylag kicsi, de az integráció szintjén becsülve már százmillió forintos nagyságrendű termelés- és költség-hatékonyság javulás.

SUMMARY

Turkey meat has a more and more importance in our present nourishment. The modern strains of turkey may be fed only with healthy high-energy concentration diets. Feeds of such a quality should be produced — among other things — by efficient heat processing that is very important concerning the production technology and biological efficiency.

The heat-treatment of feeds for different purposes has been a common practice probably for several hundred years. Heat processing has a lot of advantages, but in case of incorrect technology the overheating may badly influence the feed quality (e.g. heat damage of nutrients). The pelleting of feeds — as a heat-treatment with several advantages — started to become a widespread processing in the (nineteen) forties and fifties.

In the seventies and eighties heat-processing on different automation levels were introduced into the compound feed production technologies. They might be applied for several purposes, e.g. for transformations of starch, or for reducing the effect of the anti-nutritive substances, or for decreasing the number of the microorganisms. The combination of the heat-treating technologies, i.e. to apply a processing in order to enhance the efficiency of an other processing, was not a common practice thus that is analyzed in this thesis for the case of expansion and pelleting.

The heat-processing technologies have two effects: one might be realized in the compound feed production and the other in the animal feeding. Both of these effects are investigated in this thesis. On the one hand the technical parameters (technological measurings during the feed processing) of the expansion (pelleting) are being established, on the other hand the physical, chemical and microbiological analyses of the different diets, the shelf life tests and the *post mortem* investigation of the effect of the heat-processed feeds on the viscosity of the chymus are explained. Using the feeds processed, the nutrients digestibility was studied and two turkey growing-finishing experiments were carried out (for testing the effectivity of production). Using the measuring and experimental results the expectable advantages upon application of the processing technology are being estimated by a non-full-scale economic efficiency model calculation.

The technology related tests and the production of the feeds were performed in the TAMIX Feed Mill of GALLICOOP Pltd. (Szarvas). The expansion was performed on a KAHL OE.23, gauge 23 cm type equipment and the pelleting on a Gránit 90 type equipment. According to requirement fat (and/or oil), heat sensitive enzymes and vitamins could have been added with the KAHL Rotospray being installed after the pellet cooler. In this thesis data about the production of 12 turkey diets, produced for the animal experiments, are being collected. These data are highlighting what a fast processes they are: the dwelling period is 10 seconds in the conditioner, 5 seconds in the expander and also only 5 seconds in the pelletizer. Here, and also when the feed is

exiting from the expander – due to the „explosion” caused by the generated pressure difference – processes take place whereby some substances within the compound feed are restructured – such changes being both advantageous and disadvantageous.

According to the digestibility tests performed by turkeys, no difference could be established regarding the crude protein digestibility. That confirms the expectation that the applied heat-processing technology will not damage the feed proteins. Regarding the crude fat digestibility there was no difference between the expansion-only and pelleting-only technologies, but the expansion+pelleting has improved this significantly. Regarding the change of starch digestibility, similar relations and tendencies have been established. The expansion+pelleting generated a relatively small but significant difference in the apparent metabolisable energy content (AMEn) — that is corrected to 0 nitrogen retention — of the tested diet.

During the turkey growing experiment the best results were achieved by the birds fed with the expanded+pelleted wheat based diets: these birds had the heaviest finished live weight, average daily gain of body weight, and the best feed conversion rates on a rather high level of feed intake. Similar values resulted also in the second experiment, but the differences were significant both for the body weight gain and for the feed conversion rate.

The results of the growing-fishing experiments differed very slightly from the data available in the special literature, although turkey-growing test related reports were difficult to find. According to the general opinion of the author, the turkey diets should be first expanded and after that pelleted, because of some advantageous reasons (easier production, improved microbiological status).

The results of the performed small-scale informative economical evaluations are indicating the need for a comprehensive economical analysis on the full technological processes, because there are several interactions (physical, chemical and/or biological) within the processing technology, that might influence the direct production costs, the production costs of the live birds and the overall economical efficiency of the producing integration which is not investigated within the scope of this thesis.

Considering the entire test results of the experiments the expansion+pelleting might be regarded as more efficient than the pelleting-only, especially because of the advantages in the compound feed production. Some of these advantages are the capacity increase (1.5–2 t/h capacity increase of the standard pelleting machines), easier work organization and the related cost savings. Underlining these, the longer shelf life, the improvement of the microbiological status and the improvement of the production costs efficiency — even though for a single bird this is a rather small value, but on the full integration scale would total several hundred million HUF in cost savings — meaning further advantages.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- ANONIM(1999): Trends and sources of zoonotic agents in animals. Feedstuffs, food and man in the European Union and Norway. European Commission, Health & Consumer Protection Directorate- General, Brussels, Belgium
- ANONIM(2000a): Food safety and quality as affected by animal feedstuffs. 22nd FAO Regional Conference for Europe, Porto, Portugal, and FAO, Rome
- ANONIM(2000b): Salmonella in pork (SALINPORK). Pre-harvest and harvest control options based on epidemiologic, diagnostic, and economic research. Final Report. FAIR1 CT95-0400. The Royal Veterinary and Agricultural University, Frediksberg, Denmark, and Danish Veterinary Laboratory, Copenhagen, Denmark
- ANONIM(2002a): Annual Report on Zoonoses in Denmark 2001, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Copenhagen, Denmark
- ANONIM(2002b): Zoonoses and zoonotic agents in humans, food, animals and feed the Netherlands. Inspectorate for Health Protection and Veterinary Public Health (Keuringdienst van Waren). The Hague, and National Institute for Public Health and Environment (RIVM), Bilthoven, the Netherlands
- ARMSTRONG, H.(1993): Nutritional implications of expanded feed. Feed Mix, 1. 24–27.p.
- BACH KNUDSEN, K.E. – JOHANSEN, H.N. – GLITSO, V.(1996): Method for analysis of dietary fibre – advantage and limitations. J. Anim. Feed Sci., 6. 185–206.
- BAROMFI TERMÉK TANÁCS(2006): Statisztikai adatok
- BASF(1994): Vitamin stability in premixes and feeds. A practical approach. BASF Keeping Current, KC 9138, 4th rev.
- BEAL, J.D. – BROOKS, P.H. – NINEN, S.J. – CAMPBELL, A.(2002): The effect of temperature on the growth and persistence of Salmonella in fermented liquid pig feed. Int. J. Food Microbiol. 79. 99–104.p.
- BECKMANN-TOUSSAINT, VON – METTMAN, J.(1990): Das mechano hydrotermische Extrusionsverfahren als flexible Technologie in der moderne Futtermittelproduktion. Die Mühle + Mischfuttertechnik, 127. 34/23. 8. 90.p.
- BENCSIK, A.(2004): A takarmány granulátum minőségjavítása hűtőtechnológia váltással. Kézirat – Szakmérnöki szakdolgozat, Debreceni Egyetem Agr.tud. Centrum
- BENKE, K.C.(1996): Feed manufacturing technology: current issues and challenges. Anim. Feed Sci. Techn., 62. 1. 49–57.p.
- BJÖRCK, I – ASP, N.G.(1983): The effects of extrusion cooking on nutritional value. A literature review. J. Food Eng., 2. 281–308.p.

- BLACKMAN, J.P. – BOWMAN, J.T. – CHAMBERS, J. – KISILENKO, J. – PARR, J. – St.LAUREN, A.M. – THOMPSON, J.(1992): Controlling Salmonella in livestock and poultry feeds. Plant Prod. Div., Centre for Food and Animal Research of Agriculture, Canada, and Canadian Feed Industry Association, Ontario, Canada
- BOULDAN, G. – PEISKER, M.(1992): Effect of expander treatment on pig diets containing wheat bran. *Kraftfutter*, 6. 266–268.p.
- BOURDILLON, A. – CARRE, B. – CONAN, L. – DUPERRAY, J. – HUYGHEBAERT, G. – LECLERCQ, B. – LESSIRE, M. – McNAB, J. – WISEMAN, J.(1990a): European reference method for the in vivo determination of metabolisable energy with adult cockerels: reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. *Br. Poult. Sci.*, 31. 3. 557–565.p.
- BOURDILLON, A. – CARRE, B. – CONAN, L. – FRANCESCH, M. – FUENTES, M. – HUYGHEBAERT, G. – JANSSEN, W.M. – LECLERCQ, B. – LESSIRE, M. – McNAB J.(1990b): European reference method of in vivo determination of metabolisable energy in poultry: reproducibility, effect of age, comparison with predicted values. *Br. Poult. Sci.*, 31. 3. 567–576.p.
- BRENDS, B. – URLINGS, H. – SNIJDERS, J. – KNAPEN, F. –NOTERMANS, S.(1996): Identification and quantification of risk factors in animal management and transport regarding Salmonella spp. in pigs. *Int. J. Food Microbiol.*, 30. 37–53.p.
- CALLAN, J.J. – GARRY, B.P. – O'DOHERTY, J.V.(2006): The effect of expander processing and screen size on nutrient digestibility, growth performance, selected faecal volatile fatty acid concentrations in grower-finisher pigs, *Anim. Feed Sci. Techn.* (in press)
- CAMIRE, M.E.(1990): Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 29. 35–57.p.
- CAMPBELL, J.M. – RUSSELL, L.E. – CRENSHAW, J.D. – BEHNKE, K.C. – CLARK, P.M.(2006): Growth response of broilers to spray-dried plasma in pelleted or expanded feed processed at high temperature. *J. Anim. Sci.*, 84. 9. 2501–2508.p.
- CHAE, B.J. – HAN, I.K.(1998): Processing effects of feeds in swine – A review. *Asian-Australian J. of Anim. Sci.*, 11. 5. 597–607.p.
- CHEFTEL, J.C.(1986): Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food Chem.*, 20. 263–283.p.
- CHOCT, M. – HUGHES, R.J. – WANG, J. – BEDFORD, M.R. – MORGAN, A.J. – ANNISON, G(1996): Increased small intestinal fermentation for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *Br. Poult. Sci.*, 37. 609–621.p.

- CLASSEN, H.L. – BEDFORD, M.R.(1991): The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. In: Haresign, W. – Cole, D.J.A.(Ed.) *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworth. Heinemann, Oxford, 95–116.p.
- COELHO, M.(1991): The vitamins in premixes and feeds: Vitamin stability. *Feed Management*, 42. 24.p.
- COELHO, M.(1996a): Use of the expander influence on the vitamins retention. *Feedstuffs*, 15–17.p.
- COELHO, M.(1996b): Stability of vitamins effected by feed processing. *Feedstuffs*, 9–14.p.
- CRAMER, K.R. – WILSON, K.J. – MORITZ, J.S. – BEYER, R.S.(2003): Effect of sorghum-based diets subjected to various manufacturing procedures on broiler performance, *J. of Appl. Poul. Res.*, 12. 4. 404–410.p.
- CRAMPTON, V.O.(1985): The application of nutritional findings to the formulation of practical diets. In: *Nutrition and Feeding of Fish*. Eds.: Cowey, C.B., Mackie, A.M., Bell, J.G., Academic Press, London, 447–464.p.
- CRUMP, J.A. – GRIFFIN, P.A. – ANGELA, F.J.(2002): Bacterial contamination of animal feed and its relationship to human foodborne illness. *Clin. Infect. Dis.*, 35. 859–865.p.
- DAVIS, R.H.(1992): Salmonella: the feedstuffs connection. *Proc. of the Society of Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine*, Edinburgh, 47–59.p.
- DELORT-LAVAL, J.(1993): The nutritional aspects of hydrothermal treatment of feed. *Feed Production Tomorrow*, 2nd Conference, Bangkok, Thailand
- DOUGLAS, M.W. – PARSONS, C.M.(2000): Effect of presolvent extraction processing method on the nutritional value of soybean meal for chicks. *Poult.Sci.*, 79. 11. 1623–1626.p.
- DUSEL, G. – KLUGE, H. – GLÄSER, K. – SIMON, O. – HARTMAN, G. – LENGERKEN, J. – JEROCH, H.(1997): An investigation into the variability of extract viscosity of wheat-relationship with the content of non-starch polysaccharide fractions and metabolisable energy for broiler chickens. *Arch. Anim. Nutr.*, 50. 121–135.p.
- FAIRFIELD, D.(1994): Pelleting cost center. In: *Feed manufacturing technology*. Ed. McElhiney, P.R., American Feed Industry Ass., Inc. Arlington, VA, USA, 111–130.
- FANCHER, B.I. – ROLLINS, D. – TRIMBEE, B.(1996): Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. *J. Appl. Poul. Res.*, 5. 4. 386–394.p.
- FASHINA, O.O. – SOKHANSANJ, S.(1996): Effect of fines on storage and handling properties of alfalfa pellets. *Can. Agr. Eng.*, 38. 1. 25–29.p.
- FORSHELL, L.P. – WIERUP, M.(2006): Salmonella contamination: a significant challenge to the global marketing of animal food products. *Revue scientifique et technique-office international des epizooties*. 25. 2. 541–554.p.

- GILL, C.(2001): Pressurised conditioning. Striving for high quality, hygienic pellets at lower cost. *Feed International*, 5.
- GINSTE, J.V. – De SCHRIJVER, R.(1998): Expansion and pelleting of starter, grower and finisher diets for pigs: effects on nitrogen retention, ileal and total tract digestibility of protein, phosphorus and calcium and in vitro protein quality. *Anim. Feed Sci.*, 72. 6. 303–314.p.
- GRAHAM, H. – INBORR, J.(1993): Feed enzymes, mode of action and application to heat processed poultry feeds. *EUROTIER 1993, Proc. of Kahl Seminar*
- GRANT, G.(1982): The effect of heating on the haemagglutinating activity and nutritional properties of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *J.Sci. Food Agric.*, 33. 1324–1326.p.
- GUNDEL, J. (2003): A takarmányok előkészítése. In: *A takarmányozás alapjai*. Szerk.: Schmidt J., Mezőgazda Kiadó, Budapest, 341–346.p.
- GYŐRVÁRI, I.(2000): A pulykatakarmányozás gyakorlatának aktuális kérdései. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 2. 107–110.p.
- HAAPAPURO, E.R. – BAMAND, N.O. – SIMON, N.(1997): Animal waste used as livestock feed: Dangers to human health. A review. *Preventive Medicine*, 26. 5. 599–602.p.
- HANCOCK, D.(1998): Pressure conditioning with the Kahl annular gap expander. *Proc. of 4th International Kahl Symposium on „Future Aspects in Animal Nutrition and Compound Feed Technology”*, Kongresszentrum CCR, Reinbek/Hamburg, Germany
- HANSEN I.D. – ISRAELSEN M.(1998): Quantitative HACCP for Salmonella spp. In: *A feed production, 4th World Congress Foodborne Infections and Intoxications*, Berlin, Germany, 1. 1021–1025.p.
- HARBAUGH, E. – TRAMPEL, D. – WESLEY, I. – HOFF, S. – GRIFFITH, R. – HURD, H.S.(2006): Rapid aerosol transmission of salmonella among turkeys in a simulated holding-shed environment, *Poult. Sci.*, 85. 10. 1693–1699.p.
- HARRIES, I.T. – FEDORKA-CRAY, P.J. – GRAY, J.T. – THOMAS, L.A. – FERRIO, K.(1997): Prevalence of Salmonella organisms in swine feed. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 210. 382–385.p.
- HAUCK, B.W. – HUBER, G.R. (1989): Single vs. twin extrusion. *Cereal Foods World*, 34.11.
- HAUCK, B. – ROKEY, G. – SMITH, D. – HERBSTER, J. – SUNDERLAND, R.(1994): Extrusion cooking systems, In: *Feed manufacturing technology*. Ed. McEllhiney, R.R., American Feed Industry Ass. Inc., Arlington, VA, USA, 131–139.p.
- HEGEDŰS, S. – KRALOVÁNSZKY, U.P. – MÁTRAI, T.(1981): A takarmányfehérjék minősítése. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest, 348.p.
- HERRMAN, T.J. – LOUGHIN, T.(2003): Processing and shelf-life performance of feed manufactured from high-moisture corn. *Transactions of the ASAE*, 46. 3. 697–703.p.

- HURREL, R.F. – FINOT, P.A.(1985): Effects of food processing on protein digestibility and amino acid availability. In digestibility and amino acid availability in cereals and oilseeds, AOAC, St. Paul, Minnesota
- JACKSON, D.A. (1994): Broiler performance with expanded corn-soya diets. Proc. of 3rd International Kahl Symposium on „New Aspects of Compound Feed Processing”, Hamburg-Bergedorf, Germany
- JANSEN, H.D.(1989): Koch-Extrusion von A bis Z. Deutsches Institute für Lebensmitteltechnik. Internationale Fachtagung, SIA-49.
- JEROCH, H. – DÄNICKE, S. – BRUFAU, J.(1995): The influence of enzyme preparations on the nutritional value of cereals for poultry: A review. J. of Anim. Feed Sci., 4, 263–285.p.
- JEROCH, H. – SCHURZ, M. – MÜLLER, A.(1993): Einfluß des Beta-Glucanase enthaltenden Enzympräparates “Avizyme” auf die Futterwirkung von Broilermastmischungen mit unterschiedlichem Gersteanteil. Kühn-Archiv, 87. 74–87.p.
- JONES, P.W. – COLLINS, P. – BROWN, G.T.H. – AITKEN, M.M.(1982): Transmission of *Salmonella mbandaka* to cattle from contaminated feed, J. Hyg. (London), 88. 255–263.p.
- JUHÁSZ, R. – SALGÓ, A.(2006): A gyors vizskoanalizátoros technika alkalmazási lehetőségei. Élelmiszervizsgálati Közlemények, 52. 4. 208–215.p.
- KAPPKE, F.(2003): Aminosavak stabilitása a hidrotermikus kezelés során. Takarmányozás, 6. 1. 26–27.p.
- KOMKA, GY.(2006): A keveréktakarmány-gyártás berendezései, technológiái. I. http://www.agraroldal.hu/ipar-2_cikk.html
- KÖHLER, B.(1992): Epidemiology of *Salmonella* infections in animals and importance of alternative processes for their control. Proc. of the 3rd World Congress on Foodborne Infections and Intoxications, Berlin, II., 1046.p.
- KRANKER, S. – DAHL, J. – WINGSTRAND, A.(2001): Bacteriological and serological examination and risk factor analysis of *Salmonella* occurrence in sow herds, including risk factors for high *Salmonella* seroprevalence in receiver finishing herds. Tierärztl. Wochenschr., 114. 9–10. 350–352.p.
- KRISTEN, H. – POPPE, S.(1966): Die Bestimmung der Harnsäure in Geflügelexkrementen. Arch. Geflügelzucht u. Kleintierkd., 15. 351.p.
- LÁSZTITY, R.(1981): Az élelmiszerkémia alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, 56–57.p.
- LIEBERT, F.(1994): Feed treatment and aspects of nutrient digestion resp. utilization in chicken. Proc. of 3rd International Kahl Symposium on „New Aspects of Compound Feed Processing”, Hamburg-Bergedorf, Germany

- LUCHT, H.W.(1994a): New aspects of compound feed processing. Proc. of 3rd International Kahl Symposium on „New Aspects of Compound Feed Processing”, Hamburg-Bergedorf, Germany
- LUCHT, H.W. (1994b): Processing and ME – value for poultry in feeds and raw materials. Proc. of 3rd International Kahl Symposium on „New Aspects of Compound Feed Processing”, Hamburg-Bergedorf, Germany
- LUCHT, H.W.(1998a): Introduction in the KAHL Expander Technology. Proc. of 4th International Kahl Symposium on „Future Aspects in Animal Nutrition and Compound Feed Technology”, Kongresszentrum CCR, Reinbek/Hamburg, Germany
- LUCHT, H.W.(1998b): Expandiertes Strukturfutter in der Nutztierfütterung. Die Mühle und Mischfüttertechnik, 18. 537–542.p.
- LUCHT, H.W.(2002): Improvements of the broiler production at a South-American Integrator. 5th International Kahl Symposium
- LUCHT, H.W. (2007): Expander technology. In: Extruders and expanders in pet food, aquatic and livestock feeds. Ed.: Riaz, M.N., Agrimedia GmbH, Clenze, Germany
- MARTOS, É. (2007): A sertéshús helye az egészséges táplálkozásban. In: „A sertéságazat helyzete, kilátásai és fejlesztési lehetőségei” (Szerk.: BITTNER, B. és KOVÁCS, K.) Debreceni Egyetem Agr.tud. Centrum, Szaktanácsadási füzetek 11.,128–133.p.
- MARTY, B.J. – CHAVEZ, E.R.(1995): Ileal digestibility and urinary losses of amino acids in pigs fed heat processed soybean products. Liv. Prod. Sci. 43, 37-48
- MÁTRAI, T.(2000): Takarmányok mikrobiológiai állapota és minősége. Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 1. 84–90.p.
- MÁTRAI, T.(2007): A takarmány keményítőtartalmának alfa-amiláz hozzáférhetőségének megállapítása. Megjelenés alatt
- MÁTRAI, T. – RAFAI, P. – SZIGETI, G.(2003): A takarmányok mikróbaszennyezettségének állategészségügyi jelentősége. In: RAFAI, P.: Állathigiéna. Agroinform Kiadó, Budapest, 192–217.p.
- McCHESNEY, D.G. – MITCHELL, G.A.(1995): FDA survey determines Salmonella contamination. Feedstuffs, 13. 20–23.p.
- McELLINEY, R.R. (Ed.) (1994): Feed Manufacturing Technology. IV. American Feed Industry Ass. Inc., Arlington, VA, USA, 606.
- MELANDRI, M.(1998a): Introduction in the KAHL Expander Technology. Proc. of 4th International Kahl Symposium on „Future Aspects in Animal Nutrition and Compound Feed Technology”, Kongresszentrum CCR, Reinbek/Hamburg, Germany

- MELANDRI, M.(1998b): Practical experiences with expanded turkey feed in Italy. Proc. of 4th International Kahl Symposium on „Future Aspects in Animal Nutrition and Compound Feed Technology”, Kongresszentrum CCR, Reinbek/Hamburg, Germany
- MENDES, W.S. – SILVA, I.J. – FONTES, D.O. – RODRIGUEZ, N.M. – MARINHO, P.C. – SILVA, F.O. – AROUCA, C.L.C. – SILVA, F.C.O.(2004): Chemical composition and nutritive value of thermal processed soybean products for growing pigs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 56. 2. 207–213.p.
- MIKKELESEN, L.L. – NAUGHTON P.J. – HEDEMANN M.S. – JENSEN B.B.(2004): Effects of physical properties of feed on microbial ecology and survival of *Salmonella enterica*, serovar. typhimurium in the pig gastrointestinal tract. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70. 3485–3492.p.
- NAHM, K.H.(2007): Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. *Bioresource Technology*, 98. 12. 2282–2300.p.
- NEUMANN, E.J. – KNIFFEN, T.S.(1999): Clinical salmonellosis related to contaminated feedstuffs in a large swine production system. Proc. of the 3rd International Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington, USA, 158–168.p.
- NIELSEN, B. – WEGENER, H.C.(1997): Public health and pork products: regional perspectives of Denmark. *Rev. Sci. Tech.- Off. Int. Épizoot.*, 16. 513–524.p.
- O'DOHERTY, J.V. – McGLYNN, S.G. – MURPHY, D.(2001a): The effect of expander processing and pelleting on the nutritive value of feed for growing and finishing pigs. *J. Sci. Food Agr.*, 81. 1. 135–141.p.
- O'DOHERTY, J.V. –McGLYNN, S.G. – MURPHY, D.(2002): The influence of fibre level and fat supplementation in expander-processed diets on grower-finisher pig performance. *J. Sci. Food Agr.*, 82. 1036–1043.p.
- O'DOHERTY, J.V. – MURPHY, D. – McGLYNN, S.G.(2001b): The effects of expander processing and by-product inclusion levels on performance of grower-finisher pigs. *Anim. Sci.*, 73. 479–487.p.
- OOSTEROM, J.(1984): Assessment of Salmonella contamination in the pig industry and proposed measures for the production of Salmonella-free pigs. In: *H. Errebro Larsen* (Ed.), Priority aspect of Salmonellosis research. A Workshop in the EEC Programme of Coordination of Agricultural Research, Brussels, Belgium, Office for Official Publications of the EC, Luxemburg
- OROSZ, SZ. – VETÉSI, M. – MÉZES, M.(2006): A rost szerepe a gazdasági állatok takarmányozásában. 1. Közl.: Monogasztrikus állatok (irodalmi áttekintés). *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 55. 2. 149–168.p.

- PAYNE, J.D. – RATTINK, K.J. – SMITH, O.B. – WINOWSKI, C.A.(1994): The Pelleting Handbook. Boregaard Lignotech, Windsor, GB
- PEISKER, M.(1992): High-temperature-short-time conditioning: Physical and chemical changes during 'expansion'. Feed International, 2.
- PEISKER, M.(1993): Nutritional implications of expanded feed. Feed Mix, 1. 3. 24–27.p.
- PEISKER, M.(1994a): Value added raw materials by expansion. Proc. of 3rd International Kahl Symposium on „New Aspects of Compound Feed Processing”, Hamburg-Bergedorf, Germany
- PEISKER, M.(1994b): Influence of expansion on feed components. Feed Mix, 2. 3. 26–31.p.
- PEISKER, M.(1998a): Introduction of the Kahl Expander Technology. Proc. of 4th International Kahl Symposium on „Future Aspects in Animal Nutrition and Compound Feed Technology”, Kongresszentrum CCR, Reinbek/Hamburg, Germany
- PEISKER, M.(1998b): Stability of liquid lysine in feed processing. Proc. of 4th International Kahl Symposium on „Future Aspects in Animal Nutrition and Compound Feed Technology”, Kongresszentrum CCR, Reinbek/Hamburg, Germany
- PHILLIPS, R.D.(1989): Effect of extrusion cooking on the nutritional quality of plant proteins. In: Phillips, R.D., Finley, J.W. (Eds.), Protein quality and the effects of processing. Marcel Dekker, New York, 219-246.p.
- PIPA, F. – FRANK, G. (1989): High pressure conditioning with annular gap expander – A new way of feed processing. Advances in Feed Technology. 5. 22.p.
- PLAVNIK, I. – SKLAN, D. (1995): Nutritional effects of expansion and short-time extrusion on feeds for broilers. Anim. Feed Sci. and Techn., 55. 3-4. 247–251.p.
- POEL, A.F.B. van der(1989): Effects of processing on antinutritional factors and nutritional value of legume seeds for non-ruminant nutrition. In: Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds, PUDOC, Wageningen, 213–229.p.
- POEL, T. van der(2003): A higénikus takarmányért. Takarmányozás, 6.2.22–24.p.
- REICHENBACH von, H.(2005): Expander technology: Technical-physical aspects advantages in pig and poultry feed production. Proc. of the 1st Hungarian Compound Feed Symposium, Balatonfüred
- ROBOHM, K.F. – ASPELT, J.(1985): Einfluss der pneumatischen Tankwagenentleerung auf Bruch- und Mehlbildung bei Mischfutterpellets (Teil 1). Kraftfutter, 12. 416–420.p.
- ROSE, P.(2006): személyes közlés (e-mail)
- SAULI, I. – van IMPC, J.F. – RUFEMACHT, J. – BISSIG-CHOISAT, B. – DANUSER, J. – GEERNARD, A.H.(2005): Estimating the probability and level of contamination with

- Salmonella of feed for finishing pigs produced in Switzerland – the impact of the production pathway. *Int. J. of Food Microbiology*, 100. 1-3. 289.p.
- SCHOEFF, R.W. (1994): History of the Formula Feed Industry. In: *Feed manufacturing technology*. Ed. McElhiney, R.R., American Feed Industry Ass. Inc., Arlington, VA, USA, 2-11.p.
- SCHWARTZ, K.J.(1999): Salmonellosis. In: STRAW B.E., ALLAIRE S. D', MENGELING W.L. and TAYLOR D.J. (Eds.): *Diseases of Swine*. Blackwell Science, Oxford, 535–551.p.
- SFOPH(2003): Swiss Federal Office for Public Health. Data from the Internet page of the Swiss Federal Office for Public Health (www.bag.admin.ch), Bern, Suisse
- SHAPCOTT, R.C.(1984): Practical aspects of Salmonella control: progress report on a program in a large broiler integration. In: G.H. SNOEYENBOS (Ed.), *Proc. of the Int. Symp. on Salmonella*, New Orleans, Am. Ass. of Avian Pathology, Pennsylvania, USA, 109–114.p.
- SILEJSTROM, C.(1986): The effects of various thermal processes on dietary fibre and starch content of whole grain wheat and white flour. *J. Cereal Sci.*, 4. 315–320.p.
- SIMON, O. – VAHJEN, W.(2006): Antinutritiv Inhaltsstoffe am Beispiel von Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP). 5. BOKU-Symposium Tierernährung, Qualitätsmindernde Futterinhaltsstoffe: Bedeutung – Vermeidung – Kontrolle, Wien
- SITZMANN, W. – REICHENBACH, H.(1994): Effect of expander treatment upon enterobacteria (*E. coli*) in pig feed mixture. *Proc. of 4th International Kahl Symposium on „Future Aspects in Animal Nutrition and Compound Feed Technology”*, Kongresszentrum CCR, Reinbek/Hamburg, Germany
- SMITH, O.B.(1975): Textured vegetable proteins. *Proc. of World Soybean Research Conference*, Univ. of Illinois, USA (HAUK, B., 1994 nyomán)
- SUNDBERG, B. – PETTERSSON, D. – ÅMAN, P.(1995): Nutritional properties of fibre-rich barley products fed to broiler chickens. *J. Sci. Food Agric.*, 67. 469–476.p.
- SZIGETI, G.(2006): Szóbeli közlés
- SZÚCSNÉ PÉTER, J. – ALDER, D. – ROSE, P. – CSIZMADIA, M.(1999): A búza viszkozitásának és takarmányértékének összefüggései, *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 48. 5. 559–567.p.
- THOMAS, M. – POEL, A.F.B. van der(1996): Physical quality of pelleted animal feed. 1. Criteria for pellet quality. *Anim. Feed Sci. and Techn.*, 61. 1-4. 89-112.p.
- THOMAS, M. – POEL, A.F.B. van der(2000): The challenge of sanitizing feed. *Feedtech*, 10.p.
- VAN ZUILICHEM, D.J. – STOLP, W. – VEENENDAAL, J.(1997): The use of expanders in animal feed manufacture. In: A.F.B. van der Poel (Ed): *Expander processing of animal feed-chemical, physical and nutritional effects*. Wageningen Feed Processing Centre, 9–17.p.

- VAN DeGINSTE, J. – DeSCHRIJVER, R.(1998): Performance and nutrient utilization of growing pigs given an expanded and pelleted diet, *Anim. Sci.*, 66. 225–230.p.
- VANDERWAL, P.(1979): Salmonella control of feedstuffs by pelleting or acid treatment. *World's Poultry Sci.*, 35. 70–78.p.
- VELOSO, J.A.F. – MEDEIROS, S.L.S. – AROUCA, C.L.C. – RODRIGUEZ, N.M. – SALIBA, E.O.S. – OLIVEIRA, S.G.(2005): Chemical composition, physical-chemical and nutritional evaluation and effect of expanded corn and soybean meal on growing swine, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 57. 5. 623–633.p.
- VINCZE, L.szerk.(1999): A baromfitakarmányok energia- és fehérjeértékelése. *Keszthelyi Akadémia Alapítvány*, 183.p.
- WETZEL, W.(1993): Ein wichtiger Schritt in der Konditionier- Technologie: Expander DFEA-220. *Die Mühle + Mischfuttertechnik*, 130. 24.p.
- WILLIAMS, J.E.(1981): Salmonella in poultry feeds. A world-wide review. *World's Poultry Sci. J.*, 37. 97–105.p.
- WISEMAN, J.(1990): Quality requirements of wheat for poultry feed. *Aspects of Applied Biology* 25, *Cereal Quality II*, 41–52.p.
- WISEMAN, J.(1991): The digestion and utilization of amino acids of heat-treated fish meal by growing/finishing pigs. *Anim. Prod.* 53. 215–225.p.

8. MELLÉKLETEK

1. melléklet

A kísérletekben etetett takarmányok és premixek összetétele

1. táblázat

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok összetétele, és számított paramétere

Összetétel, %	Indító I. (0–4. hét)		Indító II. (5–7. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzás”	„Kukoricás”	„Búzás”
Takarmánykukorica	44,0	—	45,1	—
Takarmánybúza	—	42,5	—	44,6
Extrahált szójadara II.o. 46%	41,0	40,0	42,0	40,0
Burgonyafehérje	3,0	3,0	2,0	2,0
Lysamine borsófehérje	3,0	3,0	2,0	2,0
Olaj folyékony	2,0	4,5	2,0	4,5
Tak.mész	1,0	1,0	1,9	1,9
Pulyka indító I. 6% pr.*	6,0	6,0	—	—
Pulyka indító II. 5% pr.*	—	—	5,0	5,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	27,3	27,9	26,3	26,6
Nyerszsír	4,8	6,20	4,8	6,1
Nyersrost	2,8	2,9	2,9	2,9
Hamu	9,1	9,3	9,1	9,3
AMEn baromfi, MJ/kg	12,0	12,1	11,9	12,0
Lizin	1,81	1,80	1,70	1,70
Metionin	0,72	0,72	0,64	0,69
Met+Cis	1,16	1,19	1,06	1,14
Triptofán	0,33	0,37	0,31	0,34
Treonin	1,12	1,12	1,05	1,05
Arginin	1,89	1,94	1,80	1,83
Ca	1,40	1,41	1,40	1,40
P	1,07	1,08	1,07	1,07
P hasznosítható	0,77	0,77	0,74	0,74
Na	0,18	0,18	0,18	0,18
A vitamin, NE/kg	18000	18000	15000	15000
D ₃ vitamin, NE/kg	6000	6000	5500	5500
E vitamin, NE/kg	153	153	113	113
Linolsav	1,5	1,2	1,5	1,3

Megjegyzés: * a premixek összetételét lásd 6. táblázat

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok összetétele, és számított paramétere

Összetétel	Nevelő I. (8–9. hét)		Nevelő II. (10–12. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzas”	„Kukoricás”	„Búzas”
Takarmánykukorica	46,9	—	54,6	—
Takarmánybúza	—	47,8	—	56,1
Napenerg D	4,0	4,0	8,0	8,0
Extrahált szójadara II.o. 46%	41,3	38,0	29,0	25,0
Olaj folyékony	1,5	4,0	2,5	5,0
Tak.mész	1,2	1,2	1,8	1,8
L-lizin	—	—	—	0,08
DL-metionin	—	—	—	0,02
MCP	0,1	—	0,1	—
Pulyka nevelő I. 5% pr.*	5,0	5,0	—	—
Pulyka nevelő II. 4% pr.**	—	—	4,0	4,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	24,2	24,2	20,4	20,4
Nyerszsír	4,6	5,9	6,1	7,2
Nyersrost	4,3	4,4	4,1	4,0
Hamu	8,9	8,9	8,0	8,0
AMEn baromfi, MJ/kg	11,8	12,0	12,6	12,7
Lizin	1,59	1,55	1,44	1,44
Metionin	0,61	0,60	0,52	0,52
Met+Cis	1,01	1,02	0,86	0,89
Triptofán	0,29	0,31	0,24	0,27
Treonin	0,92	0,89	0,77	0,74
Arginin	1,65	1,65	1,39	1,89
Ca	1,31	1,30	1,22	1,22
P	1,02	1,00	0,96	0,94
P hasznosítható	0,65	0,65	0,61	0,63
Na	0,19	0,19	0,19	0,19
A vitamin, NE/kg	12800	12800	12134	12134
D ₃ vitamin, NE/kg	6724	6724	5604	5604
E vitamin, NE/kg	103	103	97	97
Linolsav	1,8	1,5	2,2	1,9

Megjegyzés: * a premixek összetételét lásd 6. táblázat

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok összetétele, és számított paramétere

Összetétel, %	Nevelő III. (13–14. hét)		Befejező I. (15–16. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzas”	„Kukoricás”	„Búzas”
Takarmánykukorica	55,7	—	57,0	—
Takarmánybúza	—	57,2	—	60,0
Napenerg D	10,0	10,0	11,5	12,0
Extrahált szójadara II.o. 46%	25,0	21,5	20,5	16,0
Olaj folyékony	4,0	6,0	6,0	7,0
Tak.mész	1,2	1,3	0,8	0,9
L-lizin	—	—	—	0,1
MCP	0,1	—	0,2	—
Pulyka nevelő III. 4% pr.*	4,0	4,0	—	—
Pulyka befejező I. 4% pr.**	—	—	4,0	4,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	19,3	19,5	17,9	18,0
Nyerszsír	7,7	8,4	9,8	9,6
Nyersrost	4,0	4,2	4,0	4,2
Hamu	7,5	7,7	7,0	7,1
AMEn baromfi, MJ/kg	13,1	13,0	13,7	13,6
Lizin	1,23	1,22	1,01	1,01
Metionin	0,50	0,50	0,41	0,40
Met+Cis	0,83	0,84	0,72	0,74
Triptofán	0,22	0,26	0,21	0,23
Treonin	0,72	0,70	0,66	0,64
Arginin	1,31	1,33	1,22	1,22
Ca	1,11	1,16	1,0	1,03
P	0,90	0,90	0,85	0,82
P hasznosítható	0,55	0,57	0,50	0,50
Na	0,17	0,17	0,19	0,19
A vitamin, NE/kg	12000	12000	9008	9008
D ₃ vitamin, NE/kg	6019	6019	4512	4512
E vitamin, NE/kg	80	80	61	61
Linolsav	2,5	2,1	2,8	2,0

Megjegyzés: * a premixek összetételét lásd 6. táblázat

A hizlalási I. kísérletben etetett takarmányok összetétele, és számított paramétere

Összetétel, %	Befejező II. (17–19. hét)		Befejező III. (20–22. hét)	
	„Kukoricás”	„Búzas”	„Kukoricás”	„Búzas”
Takarmánykukorica	59,5	—	62,5	—
Takarmánybúza	—	63,1	—	66,0
Napenerg D	10,5	7,0	12,0	6,0
Extrahált szójadara II.o. 46%	18,0	11,0	14,0	8,5
Full-fat szója	—	6,0	—	7,0
Olaj folyékony	7,0	8,0	6,8	8,0
Tak.mész	0,8	0,9	0,5	0,5
MCP	0,2	—	0,2	—
Pulyka befejező I. 4% pr.*	4,0	4,0	—	—
Pulyka befejező III. 4% pr.**	—	—	4,0	4,0
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Számított paraméterek, %				
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	17,2	17,0	16,1	16,1
Nyerszsír	9,6	10,2	9,4	10,5
Nyersrost	4,0	3,8	4,0	3,6
Hamu	6,8	6,4	6,4	5,8
AMEn baromfi, MJ/kg	13,7	13,7	13,8	13,9
Lizin	0,93	0,90	0,80	0,80
Metionin	0,39	0,38	0,37	0,37
Met+Cis	0,68	0,69	0,64	0,67
Treonin	0,63	0,59	0,59	0,57
Triptofán	0,19	0,22	0,17	0,21
Arginin	1,12	1,10	1,04	1,00
Ca	1,00	1,00	0,90	0,90
P	0,82	0,78	0,78	0,72
P hasznosítható	0,50	0,50	0,45	0,45
Na	0,2	0,2	0,2	0,2
A vitamin, NE/kg	9008	9008	9008	9008
D ₃ vitamin, NE/kg	4512	4512	4512	4512
E vitamin, NE/kg	61	61	61	61
Linolsav	2,2	2,0	2,2	2,0

Megjegyzés: * a premixek összetételét lásd 6. táblázat

A hizlalási II. kísérletben etetett takarmányok összetétele, és számított paramétere

Összetétel	Nevelő III.	Befejező I.	Befejező II.
Takarmánybúza	19,0	17,0	17,0
Takarmánykukorica	37,0	43,0	44,5
Napraforgódara	7,6	6,5	8,5
Szójadara II.o. 46%	17,0	13,5	9,0
Full-fat szója	10,0	10,0	11,0
Olaj	4,0	5,0	5,0
Tak.mész	1,4	1,0	1,0
Pulyka nevelő III. pr. 4%*	4,0	—	—
Pulyka befejező I. pr. 4%**	—	4,0	—
Pulyka befejező III. pr. 4%***	—	—	4,0
Kemzym W Liquid****	0,02	0,02	0,02
Számított beltartalmi paraméterek, %			
Száranyag	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	19,4	17,6	16,8
Nyerszsír	8,0	9,0	9,3
Nyersrost	4,0	3,7	3,8
Hamu	6,8	6,2	6,0
ME baromfi	13,43	13,93	14,01
Lizin	1,20	1,00	0,89
Methionin	0,44	0,39	0,37
Meth+cisztin	0,76	0,69	0,66
Treonin	0,7	0,65	0,62
Triptofán	0,23	0,20	0,19
Arginin	1,30	1,14	0,18
Ca	1,1	1,02	1,0
P	0,9	0,8	0,8
P hasznosítható	0,6	0,5	0,5
Na	0,20	0,18	0,18
A-vitamin, NE/kg	12000	9008	9008
D ₃ -vitamin, NE/kg	6019	4512	4512
E-vitamin, mg/kg	80	61	61
Linolsav	2,5	2,3	2,2

Megjegyzés: * a premixek és az enzimek összetételét lásd 6. táblázat

A premixek és enzim-készítmények összetétele

Pulyka indító I. 6% pr.: lizin 2,4%, metionin 5%, Met+Cis 5%, Ca 14,9%, P 10,7%, P hasznosítható 10,5%, Mg 0,2%, Na 2,7%, tak.só 7,3%, Zn 2337 mg/kg, Cu 347 mg/kg, Fe 1337 mg/kg, Mn 2347 mg/kg, I 51 mg/kg, Se 5,1 mg/kg, A-vit. 300.000 NE/kg, D₃-vit. 100.000 NE/kg, E-vit. 2.557 mg/kg, K₃-vit. 100 mg/kg, B₁-vit. 100 mg/kg, B₂-vit. 320 mg/kg, Ca-Pantotenát 500 mg/kg, B₆-vit. 140 mg/kg, B₁₂-vit. 0,8 mg/kg, biotin 12 mg/kg, niacin 2200 mg/kg, folsav 80 mg/kg, C-vit. 443 mg/kg, Barox-H 208 mg/kg, lasalocid-Na 1.500 mg/kg, linolsav 0,1%, kolinklorid 20.000 mg/kg

Pulyka indító II. 5% pr.: lizin 2,79%, metionin 4,76%, Met+Cis 4,78%, Ca 11%, P 13,1%, P hasznosítható 12,8%, Mg 0,2%, Na 3,22%, tak.só 8,7%, Zn 2.808 mg/kg, Cu 410 mg/kg, Fe 1599 mg/kg, Mn 2808 mg/kg, I 60,4 mg/kg, Se 6,05 mg/kg, A-vit. 300.000 NE/kg, D₃-vit. 110.000 NE/kg, E-vit. 2267 mg/kg, K₃-vit. 100 mg/kg, B₁-vit. 100 mg/kg, B₂-vit. 240 mg/kg, Ca-pantotenát 500 mg/kg, B₆-vit. 140 mg/kg, B₁₂-vit. 0,8 mg/kg, biotin 12 mg/kg, niacin 1800 mg/kg, folsav 60 mg/kg, C-vit. 530,4 mg/kg, Barox-H 260 mg/kg, lasalocid-Na 1.800 mg/kg, linolsav 0,08%, kolinklorid 24.000 mg/kg

Pulyka nevelő I. 5% pr.: lizin 5,81%, metionin 4,96%, Met+Cis 4,98%, Ca 14,3%, P 11,4%, P hasznosítható 11,1%, Mg 0,12%, Na 3,44%, tak.só 9,3%, Zn 2.400 mg/kg, Cu 405 mg/kg, Fe 801 mg/kg, Mn 24.007 mg/kg, I 40,5 mg/kg, Se 6 mg/kg, A-vit. 256.000 NE/kg, D₃-vit. 134.480 NE/kg, E-vit. 2.050 mg/kg, K₃-vit. 76,8 mg/kg, B₁-vit. 76,8 mg/kg, B₂-vit. 153,60 mg/kg, Ca-pantotenát 384 mg/kg, B₆-vit. 128 mg/kg, B₁₂-vit. 0,77 mg/kg, biotin 15,36 mg/kg, niacin 1769 mg/kg, folsav 51,2 mg/kg, Barox-H 702 mg/kg, lasalocid-Na 1.800 mg/kg, antioxidáns 3 mg/kg, linolsav 0,09%, betain 2.160 mg/kg, kolinklorid 9.000 mg/kg

Pulyka nevelő II. 4% pr.: lizin 10,3%, metionin 4,66%, Met+Cis 4,68%, Ca 9,8%, P 13%, P hasznosítható 12,7%, Mg 0,15%, Na 4,35%, tak.só 11,7%, Zn 3.259 mg/kg, Cu 508 mg/kg, Fe 1.004 mg/kg, Mn 3.259 mg/kg, I 51 mg/kg, Se 7,5 mg/kg, A-vit. 303.360 NE/kg, D₃ -vit. 140.109 NE/kg, E-vit. 2429 mg/kg, K₃-vit. 91 mg/kg, B₁-vit. 91 mg/kg, B₂-vit. 182 mg/kg, Ca-pantotenát 455 mg/kg, B₆-vit. 152 mg/kg, B₁₂-vit. 0,91 mg/kg, biotin 18,2 mg/kg, niacin 2.096 mg/kg, folsav 60,7 mg/kg, Barox-H 884 mg/kg, lasalocid-Na 2.250 mg/kg, antioxidáns 3,56 mg/kg, linolsav 0,09%, betain 2.717 mg/kg, kolinklorid 11.500 mg/kg

Pulyka nevelő III. 4% pr.: lizin 7,1%, metionin 4,5%, Met+Cis 4,5% Ca 13,4%, P 11,7%, P hasznosítható 11,5%, Mg 0,2%, Na 4,0%, tak.só 10,7%, Zn 3.259 mg/kg, Cu 508 mg/kg, Fe 1.004 mg/kg, Mn 3.259 mg/kg, I 51 mg/kg, Se 7,5 mg/kg, A-vit. 300.000 NE/kg, D₃-vit. 150.480 NE/kg, E-vit. 2.004 mg/kg, K₃-vit. 75 mg/kg, B₁-vit. 75 mg/kg, B₂-vit. 326 mg/kg, Ca-pantotenát 625 mg/kg, B₆-vit. 125 mg/kg, B₁₂-vit. 1 mg/kg, biotin 13 mg/kg, niacin 2.502 mg/kg, folsav 75 mg/kg, Barox-H 624 mg/kg, antioxidáns 3,6%, linolsav 0,1%, betain 2.688 mg/kg, kolinklorid 11.250 mg/kg

Pulyka befejező I., 4% pr.: lizin 4%, metionin 2,2%, Met+Cis 2,5% Ca 14,2%, P 9,7%, P hasznosítható 9,5%, Mg 0,3%, Na 4,4%, tak.só 11,7%, Zn 3.259 mg/kg, Cu 508 mg/kg, Fe 1.004 mg/kg, Mn 3.259 mg/kg, I 51 mg/kg, Se 8 mg/kg, A-vit. 225.200 NE/kg, D₃-vit. 112.800 NE/kg, E-vit. 1.520 mg/kg, K₃-vit. 76 mg/kg, B₁-vit. 76 mg/kg, B₂-vit. 252 mg/kg, Ca-pantotenát 500 mg/kg, B₆-vit. 76 mg/kg, B₁₂-vit. 1 mg/kg, biotin 13 mg/kg, niacin 1.750 mg/kg, folsav 76 mg/kg, Barox-H 0,3 mg/kg, betain 2.717 mg/kg, linolsav 0,3%, kolinklorid 11.250 mg/kg

Pulyka befejező III., 4% pr.: lizin 2,66%, metionin 2,18%, Met+Cis 2,23% Ca 15,5%, P 8,6%, P hasznosítható 8,4%, Mg 0,25%, Na 4,25%, tak.só 11,5%, Zn 3.259 mg/kg, Cu 508 mg/kg, Fe 1.004 mg/kg, Mn 3.259 mg/kg, I 50,8 mg/kg, Se 7,52 mg/kg, A-vit. 225.200 NE/kg, D₃-vit. 112.800 NE/kg, E-vit. 1520 mg/kg, K₃-vit. 76 mg/kg, B₁-vit. 75,97 mg/kg, B₂-vit. 252,03 mg/kg, Ca-pantotenát 500 mg/kg, B₆-vit. 76 mg/kg, B₁₂-vit. 0,76 mg/kg, biotin 12,8 mg/kg, niacin 1750 mg/kg, folsav 76 mg/kg, Barox-H 624 mg/kg, linolsav 0,28%, beatin 2.717 mg/kg, kolinklorid 11.400 mg/kg

Az anyagcsere kísérletben etetett takarmányban levő premix összetétele:

Pulyka indító II., 5% pr.: lizin 5,79%, metionin 3,62%, Met+Cis 3,64%, Ca 11%, P 12,1%, P hasznosítható 11,8%, Mg 0,2%, Na 2,9%, tak.só 7,9%, Zn 2.405 mg/kg, Cu 401 mg/kg, Fe 1.603 mg/kg, Mn 2.405 mg/kg, I 40 mg/kg, Se 6 mg/kg, szerves Se 2 mg/kg, A-vit. 240.000 NE/kg, D₃-vit. 110.000 NE/kg, E-vit. 1.600 mg/kg, K₃-vit. 100 mg/kg, B₁-vit. 100 mg/kg, B₂-vit. 240 mg/kg, Ca-pantotenát 500 mg/kg, B₆-vit. 140 mg/kg, B₁₂-vit. 0,8 mg/kg, biotin 12 mg/kg, niacin 1.800 mg/kg, folsav 60 mg/kg, Barox-H 2.601 mg/kg, lasalocid-Na 1.800 mg/kg, kolinklorid 16.000 mg/kg, Nutrichem W dry (enzimkeverék) 2%

Az anyagcsere kísérletben etetett takarmányban levő enzim-készítmény összetétele:

Nutrichem W dry: enzim E1620, szavatolt minimum enzimaktivitások: endo-1,3-béta-glükánáz (celluláz) (IUB 3.2.1.6.) 1.175 U/g, endo-1,4-béta-glükánáz (IUB 3.2.1.4.) 2.000 U/g, alfa-amiláz (IUB 3.2.1.1.) 200 U/g, bacillolizin (proteáz) (IUB 3.4.24.28.) 225 U/g, endo-1,4-béta-xilanáz (IUB 3.2.1.8.) 10.000 U/g, emulzifikáló: lecitin (E322)

A hizlalás II. kísérletben etetett takarmányban levő enzim-készítmény összetétele:

Kemzyme W Lyquid: enzim E1621 (enzim n°54). szavatolt minimum enzimaktivitások: endo-1,4-béta-xilanáz (EC 3.2.1.8.) 210.000 U/g, endo-1,4-béta-glükánáz (EC 3.2.1.4.) 120.000 U/g, endo-1,3(4)-béta-glükánáz (EC 3.2.1.6.) 10.000 U/g, alfa-amiláz (EC 3.2.1.1.) 400 U/g.

A TAKARMÁNY KEMÉNYÍTŐTARTALMÁNAK ALFA-AMILÁZ HOZZÁFÉRHETŐSÉGÉNEK MEGÁLLAPÍTÁSA

Módszer a takarmányok keményítőtartalmának alfa-amilázos hozzáférhetőségének meghatározására (MÁTRAI és mtsai, 2007, in press)

A keményítő mikroszkópikus szemcsék alakjában fordul elő a magvakban. Az érett magban jóformán vízmentes állapotban van, az óriásmolekulák a növényfajra jellemző alakú szemcsékbe rendeződnek. A keményítőszemcse, hevítve, jelentős mennyiségű vizet képes felvenni, majd hosszabb idejű főzés hatására a kristályszerű szerkezet felbomlik, zselatinizálódnak, végül az óriásmolekulák vizes oldatba kerülnek.

A természetes állapotú (natív) keményítőszemcsét az alfa-amiláz csak lassan bontja redukáló cukrokká. Vizes közegben hőkezelés hatására (hidrotermikus hatás) a keményítő jóval gyorsabban bontható, míg teljesen felfőzött állapotban, az alfa-amiláz jelentős reakciósebességgel bont.

Mínthogy az egygyomrú háziállatok emésztése során a keményítő előbb a nyál alfa-amiláz, majd a vékonybélben a pankréász alfa-amilázának hatására cukrokká bomlik, és ebben az alakban szívódik fel, tehát a keményítő alfa-amilázos bonthatóságának (hozzáférhetőségének) a takarmányhasznosításban szerepe van.

Széleskörű takarmányozási tapasztalatok bizonyítják, hogy a hőkezelt takarmányokkal jobb termelési eredmények érhetők el, mint a kezeletlenekkel. Ennek ellenére a takarmányiparban és a takarmányvizsgálatban az amilázos hozzáférhetőséget nem vizsgálják, erre nézve rutinmódszer sem ismert. Ez indokolja egy egyszerű módszer kidolgozását a kezeletlen vagy hőkezelt takarmányok alfa-amilázos bonthatóságának *in vitro* mérésre.

Legcélszerűbben, ugyanannak a mintának maximális hőkezelése utáni abszolút hozzáférhetőségéhez viszonyítunk, a hozzáférhetőséget ennek százalékában fejezzük ki. Ez a mérőszám arra is alkalmas, hogy valamilyen ipari hőkezelés (gőzölés a pellettálás előtt, száraz vagy nedves extrúzió, expandáltatás, stb.) eredményességét egyetlen biokémiai mutatóval jellemezzük.

Ez a mutató, a takarmányozási kísérletek eredményeivel korreláltatható. Megállapítható az, hogy az alfa-amiláz hozzáférhetőség javítása hőkezeléssel a különböző állatcsoportok részére milyen mértékben javítja a termelési hatékonyságokat.

Az alfa-amilázos hozzáférhetőség meghatározása hőkezelt takarmány-termékekben

Elv:

A takarmányminta vizes szuszpenzióját, 37 °C-on, alfa-amilázzal bontatjuk, majd 30 és 60 perc után, a felszabadult redukáló cukrot mérjük. Egyidejűleg, azonos mintát szuszpenzióban 20 percig forralunk, majd ezután bontatunk a fenti feltételek mellett, és ugyancsak 30 és 60 perc után, redukáló cukrot mérünk. A forralt mintában a cukorfelszabadulás üteme gyorsabb lesz. A mintában mérhető cukorfelszabadulás mértékét ennek százalékában fejezzük ki. Ez az amilázos bonthatóság mérőszáma.

Kivitel:

a) 5,0 g 0,2 mm szemcseméretű mintaőrleményt 20 ml pH 7,6-os 0,1 N foszfát pufferban 300 mikrogramm proteázmentes *Bacillus subtilis* alfa-amilázzal (NOVO), 60 percig, 37 °C-on rázatva bontatunk. Lényeges, hogy a felhasznált alfa-amiláz proteázokat ne tartalmazzon, (ellentétben a hasnyálmirigyből izolált készítményekkel). Az enzim/szubsztrát rendszerből, 0., 30. és 60. percben, 0,1 ml alikvotokat veszünk és 0,1 ml DSA-reagenssel (MÁTRAI és mtsai, 2001) a felszabadult redukáló cukor abszorbanciáját mérjük. (A kapott abszorbanciákat nem szükséges standardsorokhoz viszonyítva abszolút koncentrációkban kifejezni.)

b) 5,0 g mintaőrleményt 20 ml pH 7,6-os (0,1 N foszfát) vizes szuszpenziójában 20 percig forralunk. Ezután az a) pontban leírtak szerint járunk el.

Számítás:

A forralt minta maximálisan feltárt keményítőtartalmához viszonyítjuk a százalékos hozzáférhetőséget a 30. percre és a 60. perc.

$$\text{AMAV \%}, 30' = \frac{(A(\text{minta}, 30') - A(\text{minta}, 0'))}{A(\text{forralt minta } 30') - A(\text{forralt minta}, 0')} \times 100$$

Hibaforrások:

Az enzim-szubsztrát rendszerből kivett alikvotok reprodukálhatóságát nagyobb reakcióterfogatokkal (pl. 1,0+1,0 ml) és az alikvot szűrésével fokozhatjuk. A módszer jelen formájában alkalmas arra, hogy olyan különbségeket jelezzen, amelyeknek a táplálóanyag hasznosulásban jelentősége lehet.

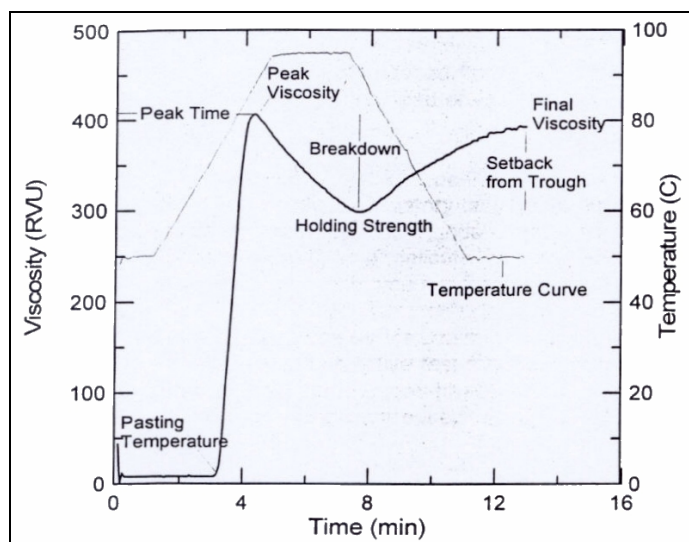
A takarmány viszkozitásának a mérése

1. A STANDARD 1 PROFIL JELLEMZŐI

Idő (perc)	Típus	Érték
0:00	hőmérséklet	50°C
0:00	sebesség	960 1/min
0:10	sebesség	160 1/min
1:00	hőmérséklet	50°C
4:42	hőmérséklet	95°C
7:12	hőmérséklet	95°C
11:00	hőmérséklet	50°C

A Standard 1 profil jellemző paraméterei

2. AZ RVA-GÖRBE NEVEZETES PARAMÉTEREI



- „**pasting temperature**” (csírizesedési hőmérséklet): az a hőmérséklet, amelynél a viszkozitás legalább 25cP-zal növekszik 20 másodperc alatt, amennyiben a Standard 1 profilt alkalmazzuk.
- „**peak viscosity**” (csúcsviszkozitás): az a maximális viszkozitás, amely a felfűtési szakaszban, vagy rögtön azt követően jelenik meg.
- „**peak time**”: az az időpont, amikor a peak viscosity megjelenik
- „**holding strength**”: a peak viscosity után megjelenő minimális viszkozitás értéke, amely általában a hűtés kezdetekor jelenik meg.
- „**final viscosity**” (végső viszkozitás): a mérés végén mérhető viszkozitás
- **setback**: végső viszkozitás és „holding strength” különbsége
- **breakdown**: csúcsviszkozitás és „holding strength” különbsége

Gyártásközi technikai paraméterek

A hizlalási kísérlet II. takarmányainak gyártásakor mért paraméterek (1)

	Expandált+Granulált Indító I-II.																			
	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B
<i>Mintavétel</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
<i>Expander</i>																				
Kondicionáló hőm. (°C)	59	59	70	70	70	70	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Expander teljesítmény (t/h)	3	3	3	3	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10,5	11	10,5	12
Áramfelvétel (A)	98	93	110	107	150	150	165	156	172	165	183	173	190	181	190	190	190	190	190	190
Kúphőmérséklet (°C)	68	69	79	76	95	96	99	98	102	99	104	100	104	101	103	101	102	100	102	96
Kúpnymomás (Bar)	0	0	5	5	30	30	30	30	30	30	30	30	28	30	22	27	18	20	18	11
<i>Granuláló</i>																				
Granuláló teljesítmény (t/h)	3	3	3	3	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10,5	11	10,5	12
Áramfelvétel (A)	69	65	52	45	62	58	64	60	73	64	82	71	91	78	101	83	107	93	109	107
	Granulált Indító I-II.																			
<i>Granuláló</i>																				
Kondicionáló hőm. (°C)	59	59	70	70	70	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Granuláló teljesítmény (t/h)	3	3	3	5	5	6	6	7	6,5	7,5	7	8	7,5	8,5	8	8,5	8	8,5	8	8,5
Áramfelvétel (A)	72	65	58	60	75	72	80	82	87	89	93	97	99	107	106	104	104	106	107	104

1. táblázat folytatása

	Expandált+Granulált Nevelő I-II.																			
	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B
<i>Mintavétel</i>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
<i>Expander</i>																				
Kondicionáló hőm. (°C)	72	65	72	70	72	72	72	72	72	72	73	72	73	72	74	72	74	72	74	72
Expander teljesítmény (t/h)	3	3	5	5	7	5,5	10	6,5	10	7,5	10	8,5	10	9	10	10,5	10,5	11	10,5	12
Áramfelvétel (A)	106	98	115	110	149	150	174	165	192	172	191	183	189	190	188	190	189	190	188	190
Kúp hőmérséklet (°C)	85	68	85	79	94	95	95	99	96	102	97	102	97	102	96	101	96	100	97	100
Kúpnyomás (Bar)	10	0	10	5	10	30	20	30	20	30	20	30	16	28	15	22	14	18	13	18
<i>Granuláló</i>																				
Granuláló teljesítmény (t/h)	3	3	5	5	7	5,5	10	6,5	10	7,5	10	8,5	10	9	10	10,5	10,5	11	10,5	12
Áramfelvétel (A)	43	69	60	65	75	62	95	64	104	73	99	82	100	91	100	100	105	102	105	105
	Granulált Nevelő I-II.																			
<i>Granuláló</i>																				
Kondicionáló hőm. (°C)	74	65	75	71	75	72	76	75	76	76	77	76	78	77	79	78	79	78	80	79
Granuláló teljesítmény (t/h)	7	3	7	5	8	6	8	7	9	7,5	9	8	9	8,5	9	8,5	10	8,5	10	8,5
Áramfelvétel (A)	93	68	90	69	98	75	93	85	103	89	98	97	96	107	92	104	106	106	100	104

	Expandált+Granulált Nevelő III-Befejező I.-II.-III.																			
	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B
<i>Mintavétel</i>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
<i>Expander</i>																				
Kondicionáló hőm. (°C)	67	73	68	75	69	75	70	75	71	75	72	77	72	77	72	78	72	80	72	80
Expander teljesítmény (t/h)	10,7	5	10,7	6	10,7	7	10,7	9	10,7	9	10,7	10	10,7	10,5	10,7	11,5	10,7	12	10,7	12
Áramfelvétel (A)	187	113	187	122	187	146	187	174	187	175	187	188	191	190	196	191	204	198	208	198
Kúp hőmérséklet (°C)	94	84	94	85	95	93	97	94	97	96	98	96	99	95	99	95	99	96	100	96
Kúpnnyomás (Bar)	23	10	24	10	23	15	22	15	21	20	21	20	26	20	27	25	30	27	34	27
<i>Granuláló</i>																				
Granuláló teljesítmény (t/h)	10,7	5	10,7	6	10,7	7	10,7	9	10,7	9	10,7	10	10,7	10,5	10,7	11,5	10,7	12	10,7	12
Áramfelvétel (A)	92	52	91	57	89	69	85	89	81	90	81	100	82	103	82	107	81	108	80	109
	Granulált Nevelő III-Befejező I.-II.-III.																			
<i>Granuláló</i>																				
Kondicionáló hőm. (°C)	67	73	68	75	69	75	70	76	71	76	72	77	73	78	74	79	72	79	73	80
Granuláló teljesítmény (t/h)	9	5,5	9	7	9	7	9	7,5	9	8	9	8,5	9	9,5	9	10,5	10	11	10	11
Áramfelvétel (A)	89	89	92	92	93	93	94	94	97	97	99	99	99	99	103	103	105	105	106	106

K= Kukorica alapú takarmány B= Búza alapú takarmány

A hizlalási kísérlet II. takarmányainak gyártásakor mért paraméterek (2)

Expandált+granulált nevelő III.										
<i>Mintavétel</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Expander</i>										
Kondicionáló hőm. (°C)	73	75	75	75	75	77	77	78	80	80
Expander teljesítmény (t/h)	5	6	7	9	9	10	10,5	11,5	12	12
Áramfelvétel (A)	113	122	146	174	175	188	190	191	198	198
Kúphőmérséklet (°C)	84	85	93	94	96	96	95	95	96	96
Kúpnymás (Bar)	10	10	15	15	20	20	20	25	27	27
<i>Granuláló</i>										
Granuláló teljesítmény (t/h)	5	6	7	9	9	10	10,5	11,5	12	12
Áramfelvétel (A)	52	57	69	89	90	100	103	107	108	109
Granulált nevelő III.										
<i>Granuláló</i>										
Kondicionáló hőm. (°C)	73	75	75	76	76	77	78	79	79	80
Granuláló teljesítmény (t/h)	5,5	7	7	7,5	8	8,5	9,5	10,5	11	11
Áramfelvétel (A)	89	92	93	94	97	99	99	103	105	106
Expandált+granulált befejező I.										
<i>Mintavétel</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Expander</i>										
Kondicionáló hőm. (°C)	67	68	69	70	71	72	72	72	72	72
Expander teljesítmény (t/h)	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
Áramfelvétel (A)	187	187	187	187	187	187	191	196	204	208
Kúphőmérséklet (°C)	94	94	95	97	97	98	99	99	99	100
Kúpnymás (Bar)	23	24	23	22	21	21	26	27	30	34
<i>Granuláló</i>										
Granuláló teljesítmény (t/h)	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
Áramfelvétel (A)	92	91	89	85	81	81	82	82	81	80
Granulált befejező I.										
<i>Granuláló</i>										
Granuláló teljesítmény (t/h)	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10
Áramfelvétel (A)	89	92	93	94	97	99	99	103	105	106
Expandált+granulált befejező II.										
<i>Mintavétel</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Expander</i>										
Kondicionáló hőm. (°C)	63	68	69	70	71	72	72	72	72	72
Expander teljesítmény (t/h)	9,7	10,5	10,7	11	11	11,5	11,5	11,8	12	12
Áramfelvétel (A)	187	187	187	187	187	187	191	196	204	208
Kúphőmérséklet (°C)	94	94	95	97	97	98	99	99	99	100
Kúpnymás (Bar)	23	24	23	22	21	21	26	27	30	34
<i>Granuláló</i>										
Granuláló teljesítmény (t/h)	9,7	10,5	10,7	11	11	11,5	11,5	11,8	12	12
Áramfelvétel (A)	92	91	89	85	81	81	82	82	81	80
Granulált befejező II.										
<i>Granuláló</i>										
Kondicionáló hőm. (°C)	67	68	69	70	71	72	73	74	72	73
Granuláló teljesítmény (t/h)	9	9	9,5	9,5	9,8	9,8	9,8	10	10,5	11
Áramfelvétel (A)	89	92	93	94	97	100	100	103	105	106

A takarmányok kémiai összetétele

1. táblázat: Az etetési kísérletben szereplő 8 fázis takarmányának kémiai analízise

	Kukorica alapú takarmányok											
	1. fázis			2. fázis			3. fázis			4. fázis		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.
Száranyag	89,90	89,90	89,90	88,50	88,70	88,30	89,00	88,70	88,80	90,30	90,40	90,1
Nyersfehérje	26,90	26,60	27,30	26,80	26,40	26,00	23,84	23,90	23,85	20,55	20,78	20,32
Nyerszsír	4,70	5,20	4,90	4,80	4,60	4,40	4,30	4,60	4,00	6,40	6,10	6,20
Nyersrost	2,50	2,70	2,80	2,80	2,80	2,80	3,60	3,90	4,00	3,90	3,80	3,70
Hamu	79,00	9,00	9,10	9,40	9,20	9,40	8,10	8,40	8,20	8,20	8,50	8,90
Bruttó energia	17,76	17,86	18,00	18,72	17,78	16,80	16,79	17,00	17,65	17,30	18,30	17,92
	Búza alapú takarmányok											
Száranyag	89,90	89,90	89,90	87,90	89,30	88,90	89,50	88,70	88,60	90,30	90,60	91,00
Nyersfehérje	27,50	27,20	257,70	26,70	26,60	27,20	24,40	23,90	24,30	20,00	19,20	20,10
Nyerszsír	6,40	64,50	6,30	6,30	6,00	6,40	5,80	5,90	6,00	7,10	6,80	7,30
Nyersrost	2,70	2,80	2,40	2,80	2,70	2,80	4,00	3,70	3,90	4,00	3,80	4,00
Hamu	9,10	9,00	9,20	9,10	9,20	9,10	8,60	8,70	8,30	8,60	8,80	8,20
Bruttó energia	18,20	18,20	17,94	17,00	17,75	17,15	16,61	16,25	16,46	17,60	17,45	17,52
	Kukorica alapú takarmányok											
	5. fázis			6. fázis			7. fázis			8. fázis		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Expl+gran.
Száranyag	89,60	89,90	90,40	91,00	91,00	91,10	90,30	90,10	90,10	91,60	90,80	90,40
Nyersfehérje	19,15	19,11	19,27	17,50	18,10	17,90	16,90	16,85	17,00	16,50	16,70	16,36
Nyerszsír	7,30	7,60	7,70	9,20	9,00	9,20	9,40	9,70	9,50	9,50	9,60	9,70
Nyersrost	4,10	4,00	4,10	3,70	4,00	4,60	4,00	4,00	4,10	3,90	3,60	4,10
Hamu	7,80	7,30	7,50	7,20	7,10	6,80	6,80	6,90	6,60	6,50	6,50	6,30
Bruttó energia	18,71	18,90	18,60	18,90	19,00	18,80	18,88	18,78	18,85	18,51	18,05	18,56
	Búza alapú takarmányok											
Száranyag	89,60	89,90	90,40	91,00	91,00	91,10	90,30	90,10	90,10	91,60	90,80	90,40
Nyersfehérje	19,15	19,11	19,27	18,50	18,37	18,10	16,90	17,00	17,18	16,56	16,02	167,10
Nyerszsír	8,20	8,60	8,70	9,20	9,10	9,20	10,30	9,90	10,00	10,01	9,60	10,20
Nyersrost	4,10	4,00	4,10	3,90	4,00	4,60	3,80	3,90	4,10	3,60	3,70	4,10
Hamu	7,80	7,30	7,50	7,20	7,10	6,80	6,40	6,60	6,50	5,50	5,60	5,80
Bruttó energia	18,40	18,30	18,10	18,80	18,70	18,60	18,88	18,78	18,85	18,61	18,80	18,62

Pulyka indító I. takarmánykeverék (0–4. hét) aminosav-tartalma

Aminosavak	Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Exp.+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Exp.+gran.
MET	0,70	0,66	0,75	0,65	0,76	0,79
CYS	0,32	1,28	1,28	0,350	0,355	0,368
MET+CYS	1,02	0,94	1,03	0,90	0,99	0,81
LYS	1,71	1,65	1,53	1,60	1,73	1,84
THR	1,00	0,96	0,88	0,96	1,00	1,07
ARG	1,79	1,57	1,42	1,84	1,94	2,08
ILE	0,997	0,960	0,869	0,87	0,93	1,02
LEU	2,005	1,972	1,791	1,82	1,88	2,02
VAL	1,054	1,045	0,973	0,777	0,853	0,957
HIS	0,854	0,830	0,772	0,752	0,738	0,784
PHE	1,203	1,176	1,068	0,974	1,004	1,100
TYR	0,907	0,885	0,800	0,720	0,734	0,805
GLY	1,060	1,009	0,940	0,896	0,944	0,997
SER	1,255	1,215	1,100	1,092	1,112	1,181
PRO	1,437	1,368	1,155	1,359	1,376	1,508
ALA	1,126	1,110	1,024	0,880	0,908	0,969
ASP	2,682	2,664	2,511	2,153	2,237	2,379
GLU	4,490	4,340	3,849	4,425	4,414	4,670

Pulyka nevelő I. takarmánykeverék (8–9. hét) aminosav-tartalma

Aminosavak	Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Exp.+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Exp.+gran.
MET	0,50	0,50	0,47	0,58	0,71	0,61
CYS	0,255	0,235	0,267	0,264	0,315	0,256
MET+CYS	0,85	0,82	0,83	0,99	1,20	1,01
LYS	1,38	1,33	1,39	1,45	1,45	1,49
THR	0,85	0,82	0,88	0,89	0,90	0,94
ARG	1,42	1,46	1,56	1,59	1,62	1,67
ILE	0,655	0,630	0,610	0,71	0,73	0,73
LEU	1,578	1,529	1,610	1,68	1,68	1,72
VAL	0,694	0,663	0,652	0,670	0,632	0,620
HIS	0,731	0,705	0,830	0,640	0,618	0,693
PHE	0,892	0,871	0,943	0,797	0,805	0,837
TYR	0,656	0,626	0,677	0,565	0,584	0,570
GLY	0,852	0,821	0,896	0,766	0,790	0,818
SER	1,012	0,959	1,071	0,868	0,915	0,952
PRO	1,125	1,085	1,220	1,142	1,140	1,193
ALA	0,949	0,923	0,992	0,726	0,752	0,779
ASP	2,202	2,128	2,432	1,823	1,866	2,036
GLU	3,738	3,571	3,887	3,708	3,919	4,038

Pulyka befefező I. takarmánykeverék (15–16. hét) aminosav-tartalma

Aminosavak	Kukorica alapú takarmányok			Búza alapú takarmányok		
	Hőkezelés nélkül	Granulált	Exp.+gran.	Hőkezelés nélkül	Granulált	Exp.+gran.
MET	0,35	0,346	0,327	0,39	0,361	0,334
CYS	0,238	0,270	0,239	0,293	0,281	0,285
MET+CYS	0,78	0,616	0,566	0,69	0,642	0,619
LYS	0,89	0,785	0,791	0,92	0,817	0,820
THR	0,59	0,544	0,568	0,55	0,538	0,571
ARG	0,901	0,873	0,924	0,85	0,888	0,973
ILE	0,396	0,421	0,412	0,361	0,449	0,432
LEU	1,141	1,134	1,188	0,935	1,049	1,069
VAL	0,425	0,442	0,451	0,431	0,487	0,493
HIS	0,651	0,613	0,666	0,569	0,612	0,696
PHE	0,651	0,634	0,662	0,588	0,677	0,713
TYR	0,450	0,449	0,479	0,402	0,465	0,467
GLY	0,660	0,646	0,681	0,598	0,668	0,728
SER	0,738	0,737	0,776	0,672	0,752	0,818
PRO	0,941	0,870	0,932	1,036	1,117	1,146
ALA	0,738	0,740	0,788	0,586	0,644	0,668
ASP	1,711	1,645	1,795	1,248	1,551	1,710
GLU	2,835	2,817	2,915	3,180	3,590	3,811

A hizlalási I. kísérlet részletes eredményei

Teljesítményadatok takarmányozási fázisonként (hizlalási kísérlet I.)
(4 kezelés, 12 ismétlés, 5 madár/ismétlés, n=kezelésenként 5x12= 60 madár)

Fázisok	Kukoricás takarmány		Búzas takarmány	
	Granulált	Exp.+gran.	Granulált	Exp.+gran.
Indító I. (05. 04–11.)				
Tak.nap	7	7	7	7
Súly 1.	440±26	448±28	445±32	452±27
Súly 2.	755±29	773±39	749±41	789±47
Átl. napi súlygy., g	45±2,24	46±2,24	43±3,13	48±4,0
Átl. napi tak.felv., g	78±6	83±4	79±5	73±6
Tak.ért., g/g	1,73±0,2	1,80±0,1	1,84±0,1	1,52±0,2
Indító II. (05. 11–06. 08.)				
Tak.nap	28	28	28	28
Súly 3.	3280±187	3448±151	3369±160	3378±167
Átl. napi súlygy., g	90±6	96±9	94±5	92±5
Átl. napi tak.felv., g	170±7,9	178,7±8,32	185±9	178±8
Tak.ért., g/g	1,89±0,09	1,86±0,12	1,96±0,05	1,93±0,08
Nevelő I. (06. 08–22.)				
Tak.nap	14	14	14	14
Súly 4.	4951±195	5187±258	5188±197	5227±220
Átl. napi súlygy., g	119±7	124±15	130±11	132±5
Átl. napi tak.felv., g	286±25	300±34	307±27	293±13
Tak.ért., g/g	2,4±0,3	2,42±0,2	2,36±0,2	2,22±0,1
Nevelő II. (06. 22–07. 13.)				
Tak.nap	21	21	21	21
Súly 5.	7561±443	7927±651	8103±265	8054±315
Átl. napi súlygy., g	124±18	130±20	139±8	135±11
Átl. napi tak.felv., g	339±27	349±71	367±27	355±20
Tak.ért., g/g	2,73±0,32	2,68±0,27	2,64±0,22	2,62±0,16
Nevelő III. (07. 13–28.)				
Tak.nap	15	15	15	15
Súly 6.	8938±551	9453±645	9848±478	9633±473
Átl. napi súlygy., g	92±31	102±28	116±32	105±28
Átl. napi tak.felv., g	468±53	415±58	482±73	445±37
Tak.ért., g/g	5,10±3,3	4,06±1,1	4,16±1,28	4,24±1,0
Befejező I. (07.28–08.10.)				
Tak.nap	13	13	13	13
Súly 7.	11173±868	11595±1032	12263±498	11824±917
Átl. napi súlygy., g	172±34	165±59	186±22	168±35
Átl. napi tak.felv., g	473±90	503±85	607±59	527±65
Tak.ért., g/g	2,75±0,81	3,05±1,67	3,26±0,55	3,14±1,39
Befejező II. (08.10–24.)				
Tak.nap	13	13	13	13
Súly 8.	13379±926	13904±945	14243±666	14201±80
Átl. napi súlygy., g	170±50	177±91	152±37	183±63
Átl. napi tak.felv., g	573,5±84	634±151	604±59	609±64
Tak.ért., g/g	3,37±0,9	3,58±1,77	3,97±1,30	3,33±1,46
Befejező III. (08.24–30.)				
Tak.nap	7	7	7	7
Súly 9.	14717±1097	15262±1101	15369±739	15624±569
Átl. napi súlygy., g	191±61	194±67	161±51	203±79
Átl. napi tak.felv., g	675±130	547±113	573±59	597±72
Tak.ért., g/g	3,53±0,63	2,82±1,01	3,56±1,02	2,94±0,92

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni mindazoknak az önzetlen segítségét, akik segítettek munkámat a kísérletek megvalósításában, valamint a dolgozatom megírásában:

Szüleimnek támogatásukért, szakmai tapasztalataikért és értékes gyakorlati tanácsaikért, valamint hogy biztosították a kísérletek megvalósításának helyszínét és anyagi hátterét.

Dr. Gundel Jánosnak, témavezetőmnek, a PhD. hallgatói tevékenységem során nyújtott szakmai ismeretekért, tapasztalataiért és támogatásáért.

Hermán Istvánnak és munkatársainak az anyagcsere, a laboratóriumi vizsgálatok és a kiértékelésben nyújtott segítségükért.

Dr. Mátrai Tibornak és munkatársainak az alfa-amilázos vizsgálatoknál nyújtott szakmai ismereteiért, tanácsiért, segítségéért.

A Gallicoop Zrt. Tamix-Premix premix előállító-, és takarmánykeverőüzemének, hogy a kísérletekhez szükséges takarmányokat térítésmentesen a rendelkezésemre bocsátotta.

Az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetnek, az elvégzett laboratóriumi analízisekért.

Köszönöm a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Állattenyésztéstudományi Intézet valamennyi dolgozójának a munkámhoz nyújtott segítségét.

Bencsik Andrásnak a takarmánykeverékek legyártásakor nyújtott szakmai ismereteiért, segítségéért.

Haklics Istvánnak és Bernd Ottlingernak az expandereket gyártó és forgalmazó Amandus-Kahl-Group munkatársainak a szakmai segítségét, tanácsaiért.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán az Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 200.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Erdélyi István Doktorjelölt 2004–2007 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom – javasoljuk.

Debrecen, 200.....

.....
a témavezető(k) aláírása