

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

TÓTH TAMÁS

**MOSONMAGYARÓVÁR
2005**

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR**

**AZ ÁLLATI TERMÉK ELŐÁLLÍTÁS BIOLÓGIAI, TECHNOLÓGIAI,
ÖKOLÓGIAI, TAKARMÁNYOZÁSI ÉS ÖKONÓMIAI KÉRDÉSEI
DOKTORI ISKOLA**

**GAZDASÁGI ÁLLATOK TÁPLÁLÓANYAGELLÁTÁSÁNAK JAVÍTÁSA
ALPROGRAM**

**DOKTORI ISKOLA VEZETŐ
ÉS TÉMAVEZETŐ:
DR. SCHMIDT JÁNOS
EGYETEMI TANÁR, MTA LEVELEZŐ TAGJA**

**TEJELŐ TEHENEK GLÜKÓZELLÁTÁSÁNAK
JAVÍTÁSA**

**KÉSZÍTETTE:
TÓTH TAMÁS**

**MOSONMAGYARÓVÁR
2005**

„TEJELŐ TEHENEK GLÜKÓZELLÁTÁSÁNAK JAVÍTÁSA”

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Nyugat-Magyarországi Egyetem *Az állati termék előállítás biológiai, technológiai, ökológiai,
takarmányozási és ökonómiai kérdései* Doktori Iskolája
A gazdasági állatok táplálóanyagellátásának javítása alprogramjához tartozóan.

Írta:
TÓTH TAMÁS

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem program
..... (jelű:) alprogramja keretében

Témavezető: Dr. Schmidt János, egyetemi tanár, az MTA levelező tagja

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Sopron/Mosonmagyaróvár

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Mosonmagyaróvár,

a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
<hr/>	
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
<hr/>	
2.1. A KEMÉNYÍTŐ	7
2.2. A NAGY TEJTERMELÉSŰ TEHENEK GLÜKÓZMÉRLEGE	9
2.3. A TEHENEK GLÜKÓZELLÁTÁSÁNAK JAVÍTÁSA A GLÜKONEOGENEZIS SERKENTÉSÉVEL	16
2.4. A KEMÉNYÍTŐ BENDŐBELI LEBOMLÁSA	19
2.4.1. A NAGY KEMÉNYÍTŐTARTALMÚ ADAGOK HATÁSA A BENDŐMŰKÖDÉSRE	19
2.4.2. A KEMÉNYÍTŐ BENDŐBELI LEBONTHATÓSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	22
2.4.3. A KEMÉNYÍTŐ BENDŐBELI LEBOMLÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE	27
2.4.3.1. Fizikai eljárások	27
2.4.3.2. Kémiai eljárások	32
2.4.3.2.1. A nátronlúg és a formaldehid hatása a bendőfermentációra	36
2.5. A KEMÉNYÍTŐ LEBOMLÁSA A VÉKONYBÉLLEN	38
2.5.1. A KEMÉNYÍTŐ VÉKONYBÉLLEN EMÉSZTHETŐSÉGÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	38
2.5.2. AZ INFÚZIÓS KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI	44
2.5.2.1. Keményítővel végzett infúziós tanulmányok	44
2.5.2.2. Glükózzal és propionsavval végzett infúziós tanulmányok	45
2.6. A KEMÉNYÍTŐ FERMENTÁCIÓJA A VASTAGBÉLLEN	48
2.7. A KEMÉNYÍTŐHASZNOSÍTÁSRA VONATKOZÓ TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLETEK KÉRŐDZŐKBEN	49
2.7.1. KÜLÖNBÖZŐ KEMÉNYÍTŐFORRÁSOKKAL VÉGZETT VIZSGÁLATOK	49
2.7.2. NÁTRONLÚGGAL VÉGZETT VIZSGÁLATOK	51
<hr/>	
3. SAJÁT VIZSGÁLATOK	53
<hr/>	
3.1. A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSE	53
3.2. ANYAG ÉS MÓDSZER	55
3.2.1. BENDŐ-, DUODÉNUM- ÉS ILEOCEKÁLIS KANÜLLEN ELLÁTOTT ÁLLATOKKAL VÉGZETT MODELLKÍSÉRLETEK	55
3.2.1.1. A keményítő bendőbeli lebonthatóságának vizsgálata in situ eljárással	55
3.2.1.2. Bendőfermentációra gyakorolt hatás és a bendőben szintetizálódó mikrobafehérje mennyiségének megállapítása	58
3.2.1.3. A vékonybélbe és a vastagbélbe jutó keményítő vizsgálata	61
3.2.2. A KÍSÉRLETEK SORÁN ALKALMAZOTT KÉMIAI VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK	61
3.2.3. ÜZEMI TEJTERMELÉSI KÍSÉRLET	64

3.2.4. STATISZTIKAI ANALÍZIS	68
3.3. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	69
3.3.1. A KUKORICAHIBRIDEK KEMÉNYÍTŐJÉNEK BENDŐBELI LEBONTHATÓSÁGA	69
3.3.2. A VIZSGÁLT GABONAMAGVAK KEMÉNYÍTŐTARTALMÁNAK AKTUÁLIS LEBONTHATÓSÁGA	74
3.3.3. NaOH-DAL VÉGZETT KEZELÉS HATÁSA A GABONAMAGVAK BENDŐBELI LEBONTHATÓSÁGÁRA ÉS BYPASS KEMÉNYÍTŐTARTALMÁRA	76
3.3.4. AZ AMMÓNIA ÉS A KÜLÖNBÖZŐ ALDEHIDEK HATÁSA A KUKORICA ÉS A BÚZA KEMÉNYÍTŐJÉNEK BENDŐBELI LEBOMLÁSÁRA	81
3.3.5. A NaOH-DAL ÉS A FORMALDEHIDDEL KEZELT BÚZA ETETÉSÉNEK HATÁSA A BENDŐFERMENTÁCIÓRA	85
3.3.6. A NaOH-DAL ÉS A FORMALDEHIDDEL VÉGZETT KEZELÉS HATÁSA A KEMÉNYÍTŐ ÉS EGYES TÁPLÁLÓANYAGOK POSZTRUMINÁLIS LEBOMLÁSÁRA	89
3.3.7. A NaOH-DAL KEZELT BÚZA ETETÉSE A NAGY TEJTERMELÉSŰ TEHENEKKEL (ÜZEMI KÍSÉRLET)	96
4. ÖSSZEFOGLALÁS	102
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	105
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	108
FELHASZNÁLT IRODALOM	109

„TEJELŐ TEHENEK GLÜKÓZELLÁTÁSÁNAK JAVÍTÁSA”

Kivonat

A szerző a legfontosabb gabonamagvak (kukorica, búza, árpa, rozs, zab, cirok, tritikálé) különböző kémiai anyagokkal (NaOH, NH₄OH, formaldehid, glutáraldehid, glioxál) történő kezelésének *in situ* lebomlását tanulmányozta. Ezt követően a kukoricánál és a búzánál legjobbnak ítélt kezelések (nátronlúg, formaldehid) bendőfermentációra (pH, NH₃, illózsírsav-termelés, mikrobiális aktivitás) gyakorolt hatását vizsgálta. A nátronlúggal és a formaldehiddel végzett kezelés hatékonyságát és a keményítő ruminális és posztruminális lebomlását bendő-, duodenum és ileocekális kanüllel ellátott tinókkal végzett modell vizsgálatban értékelte. Nagyüzemi etetési kísérletben vizsgálta a nátronlúggal kezelt egész szemű búza etetésének hatását a tejelő tehenek tejtermelésére, a tej összetételére és a tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségére.

“IMPROVING GLUCOSE SUPPLY OF DAIRY COWS”

Summary

Experiments were performed using rumen cannulated steers and *in situ* method to investigate the ruminal starch degradability of chemically treated grains, such as corn, wheat, barley, rye, oat, sorghum and triticale. The chemical treatments were different concentrations of NaOH, NH₄OH, glyoxal, glutaraldehyde and formaldehyde, respectively. It was examined the effect of wheat and corn treated with sodium-hydroxide or formaldehyde on main parameters of rumen fermentation (pH, NH₃, short chain fatty acid production, microbial activity). The author also investigated the effect of feeding sodium-hydroxide- or formaldehyde-treated wheat to rumen, duodenal and ileocaecal cannulated Holstein steers on ruminal and post-ruminal starch degradation. Finally, a trial was carried out to investigate the effect of feeding wheat grain treated with sodium-hydroxide to dairy cows on milk production, milk composition and daily production of milk nutrients.

1. BEVEZETÉS

A céltudatos tenyésztői munka, a takarmányozási ismeretek fejlődése, valamint a technológiai haladás eredményeként az utóbbi másfél évtizedben jelentősen növekedett a tehenek laktációs termelése. Az intenzíven tejtermelő tehenek anyagcseréje a laktáció során igen nagy igénybevételnek van kitéve, melyet jól jellemez az a tény, hogy egy napi 50 liter tejet adó tehen 2,5 kg tejcukrot, 2,0 kg körüli tejszírt és kb. 1,5 kg tejfehérjét, így 6,0 kg körüli tejszáranyagot ürít ki naponta a szervezetéből. A nagyobb tejtermelésre való törekedés számottevő mértékben megnövelte a tehenek táplálóanyag szükségletét. A folyamatosan növekvő igényt némely táplálóanyag (energia, fehérje, aminosavak) tekintetében egyre nehezebb fedezni.

Különösen nehéz feladat az energiaszükséglet kielégítése a laktáció első harmadában, amikor a tehenek szárazanyag-felvétele a tejtermelésnél kisebb ütemben növekszik. Ennek a fáziseltolódásnak az eredményeként a laktáció első heteiben akár napi 15-30 MJ NE_1 hiány is előállhat, amit a tehenek tartalékaik – elsősorban zsírkészletük és vázizmaik – lebontásával igyekeznek kompenzálni. Az ilyenkor fennálló állapotot negatív energia egyensúlynak (negative energy balance; NEB) nevezi a szakirodalom (*Rukkwamsuk és mtsai, 1999*) és annak következményeként előálló kórképek közül a tejelő tehenek ketózisának és zsíros májelfajulásának van a legnagyobb klinikai és gazdasági jelentősége (*Karsai és Gaál, 1982; Karsai és Kutas, 1982; Gaál, 1983; Huszenicza és mtsai, 2003*).

Abban az esetben, ha a közbülső anyagcserében elegendő oxálacetát áll rendelkezésre, úgy a zsírbontás során keletkező acetyl-CoA be tud

kapcsolódni a további oxidációját jelentő citrátkörbe. Ellenkező esetben az acetyl-CoA egy részéből acetecetsav, illetve ez utóbbinak egy hányadából β -hidroxi-vajsav, valamint aceton keletkezik. Kisfokú zsírbontás esetén az említett ketonanyagok elsősorban a harántcsíkolt izmokban felhasználódnak (a légzési láncban ATP-t szolgáltatnak), de képes a ketonanyagok lebontására a bél nyálkahártyája, a tejmirigy, sőt az agy is. Amikor viszont az energiahányból adódóan nagy mennyiségű zsír bomlik le a szervezetben, megbomlik a ketonanyagok képződése és felhasználódása közötti egyensúly, a ketonanyagok felszaporodnak a vérben, ketózis alakul ki.

Ismert tény, hogy a kérődzők előgyomraiban zajló mikrobás fermentáció során a szénhidrátok túlnyomó többsége rövid szénláncú zsírsavakká, illetve tejsavvá alakul, ezért a tehén a tejcukor előállításához szükséges glükóz nagyobbik részét glükoneogenezis útján kénytelen előállítani. A tejtermelés növekedésével nő a tehének glükózsükséglete is, ugyanis a tej laktóztartalma (ami megközelítőleg 5%) fiziológias okok miatt nem csökkenthető számottevően. Ennek az a magyarázata, hogy a tejcukor egyik funkciója a tej ozmolalitásának fenntartása.

Az eddig leírtakból következik, hogy zavartalan tejtermelésre a nagy termelésű tehének esetében a laktáció első harmadában csak akkor számíthatunk, ha a tehének napi testtömeg csökkenése nem több 1,0-1,5 kg-nál, az összes csökkenés pedig nem haladja meg a 60 kg-ot (*Brydl, 2000*). Kézenfekvőnek tűnik, hogy a tehének energiaellátását az abrakadag emelésével javítsuk. Ez azonban – mivel az állatok szárazanyag-felvétele behatárolt – csökkenti a tehének szalastakarmány fogyasztását, ami viszont a nyáltermelés mérséklődése folytán a bendőfolyadék pH-jának

csökkenését, ezáltal a bendőacidózis kialakulásának veszélyét eredményezi. A bendő pH-jának csökkenéséhez a kisebb nyáltermelés mellett a nagyobb abrakadag szénhidrátjainak gyors bendőbeli lebomlása is hozzájárul. Ez különösen akkor következik be, ha a nagy gabonahányadú takarmányadag jelentős részét a bendőben könnyen lebomló árpa, vagy búza teszi ki. Az abraketetés növelésének korlátai miatt nagy tejtermelésű tehenek esetében a laktáció első harmadában nehéz olyan takarmányadagot összeállítani, amely maradéktalanul fedezi az állatok energiaszükségletét. Ilyenkor a nem kielégítő mértékű glükoneogenezis következtében végső soron a glükóz szintézis mértéke limitálja a tejtermelést és forrása lehet számos anyagcserebetegség kialakulásának.

Tekintettel arra, hogy a tehenek laktációs termelésének növekedésével a glükóz előállítás egyre gyakrabban lesz a tejtermelés limitáló tényezője, felgyorsultak azok a kutatások, amelyek célja a tehenek glükózellátásának javítása.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A keményítő

A keményítő kétféle glükózipolimerből (amilózból és amilopektinből) tevődik össze és a növények könnyen mobilizálható tartalék anyagát képezi. Ennek megfelelően, az emésztést követően gazdasági állataink egyik legjobb glükózforrása. A két, egymástól eltérő molekulatömegű alkotórésze közül a keményítő 20-30%-át az egyenes szénláncú amilóz és kb. 70-80%-át az elágazóláncú amilopektin alkotja. A két összetevő hidrogénhidakkal kapcsolódik egymáshoz (*Nocek és Tamminga*, 1991). Az amilóz és amilopektin aránya, a lánchosszúság és az elágazások jelentősen befolyásolják a gabonamagvak feldolgozhatóságát, továbbá a keményítő emészthetőségét (*Kleine-Klausing*, 2004). Ugyanakkor, a lágyszemű (*waxy*) kukorica és a cirok keményítője gyakorlatilag csak amilopektinből áll (*Huntington*, 1997).

A keményítőben csekély mennyiségben lipidok, foszforsav és kation is található. Az amilóz a lipidekkel laza kristályokat képez, ami növeli a szemcse szilárdságát (*Haidekker*, 2002). A keményítő lebontása a szemcse amorf területein kezdődik, majd ezt követi a kristályos régiók hidrolízise, ami lényegesen hosszabb ideig tart (*Schuldt*, 1989).

A legtöbb gabonamagban a keményítő mennyisége a szárazanyagon belül 60-70% között van (szélső értékben 40-80%), ezért az egyik legfontosabb komponensnek tekinthetjük (1. táblázat). A kukoricának, a ciroknak és a búzának a legnagyobb a keményítőtartalma, majd ezt követi a tritikálé, az árpa, a rozs és a zab.

1. táblázat

**A különböző gabonamagvak átlagos keményítőtartalmának alakulása
néhány irodalmi forrás alapján**

Gabonamag	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	a takarmány %-ában						a szárazanyag %-ában			
Kukorica	59,00	60,50	60,55	61,70	61,16	64,1	76,10	72,00	70,39	76,00
Cirok	55,00	59,80	64,38	61,70	64,59	64,1		72,00	72,34	71,30
Búza	55,00	56,00	57,53	58,70	59,40	60,5	64,10	77,00	67,55	70,30
Árpa	50,00	50,50	58,80	52,30	52,80	52,2	60,60	57,00	57,82	64,30
Rozs	55,00				56,84	53,8				
Zab	35,00	37,00	40,76	41,60	39,33	36,2	42,10	58,00	44,60	58,10
Tritikálé	55,00					59,9			60,79	

- (1) *Magyar Takarmánykódex* (1990) minimum értékek
- (2) *INRA* (forrás: Novus, Raw Material Compendium, 1996)
- (3) *DLG* (forrás: Novus, Raw Material Compendium, 1996)
- (4) *CVB* (forrás: Novus, Raw Material Compendium, 1996)
- (5) *Jeroch és mtsai*, 1993 (forrás: Futtermittelkunde)
- (6) *Sauvant és mtsai* (2004)
- (7) *Nocek és Tamminga* (1991)
- (8) *Huntington* (1997), illetve *NRC* (2001)
- (9) *Offner és mtsai* (2003)
- (10) *Knowlton* (2003)

Tóthi (2003b) különböző szerzőktől származó adatok alapján a búza keményítő tartalmát 68-82%, a cirokét 68-80%, a kukoricáét 65-76%, az árpaét 55-74%, míg a zabét 42-69% közöttinek adja meg a szárazanyag %-ában.

A keményítő szemcséket egy fehérjemátrix veszi körül, amely valószínűleg fontos szerepet játszik a gabonamagvak bendőbeli lebomlásában. Hatással lehet a keményítő bendőbeli emészthetőségére az

amilopektin részaránya is (*Kotarski és mtsai, 1992*), amely egyben befolyásolhatja a bendőben kialakuló ecetsav:propionsav arányt.

2.2. A nagy tejtermelésű tehenek glükózmérlege

A tejcukor (laktóz) α -D-glükózból és β -D-galaktózból álló diszacharid, amely a természetben csak az emlős állatok tejében fordul elő. Élettani szerepe sokirányú: jól hasznosítható energiaforrás a szopós állatok számára, amelyek rendelkeznek a lebontásához szükséges laktáz enzimmel, de fontos táptalaj a bélflóra stabilitását (egyensúlyát) biztosító lactobacillusok részére is. Mindezekon kívül, kiemelkedő jelentőséggel bír a tej ozmolalitásának a biztosításában.

Laktóz az emlős állatok szervezetében kizárólag a tejmirigy epithel sejtjeiben képződik. A szintézishez szükséges galaktózt ugyancsak glükózból állítja elő a tehén szervezete. Ennek energetikai hatékonysága *Bergner és Hoffmann (1997)* adatai szerint 97%. Galaktózsintézis ugyan nemcsak a tőgyben, hanem egyéb szövetekben is folyik, a laktóz felépítéséhez szükséges galaktóz azonban valószínűleg csak a tejmirigyben képződik glükóz-1-foszfáton és galaktóz-1-foszfáton keresztül, és a tejmirigy epithel sejtjeiben UDP-galaktóz formájában található meg (*Husvéth, 2000*). A laktózsintézis mellett a glükóz szerepet játszik a méh táplálóanyag-ellátásában és a magzat fejlődésében is (*Chaiyabutr és mtsai, 1998*).

A tejcukor szintézishez szükséges glükóz kisebb részben az előgyomrokban le nem bomlott cukrokból, valamint az előgyomrokon

bontatlanul áthaladó keményítő vékonybélben történő emésztését követően felszívódó glükózból származik, nagyobbik hányada azonban a glükoneogenezis során keletkezik. A glükoneogenezis döntően a májban (Young, 1977), kisebb részben a vesében zajlik, a folyamatot az inzulin, a glukagon, valamint a mellékvesekéreg glükokortikodjai szabályozzák. A glükoneogenezis mértékét a takarmányból rendelkezésre álló, illetve az abból felszívódó glükóz mennyiség, a glükogenetikus anyagok jelenléte, továbbá a hormonális szabályozás határozza meg (Matthé, 2003). A glükoneogenezis többféle prekursorból kiindulva, más-más úton, eltérő enzimek segítségével megy végbe. Legfontosabb prekuzora a propionát, amely az esetek mintegy 50%-ában előanyaga a folyamatnak, míg a glükogenetikus aminosavak, valamint más anyagok (laktát, glicerin) 25-25%-os részarányban szerepelnek prekuzorként a glükoneogenezis folyamatában (Kutas, 1999). A fenti arányok természetesen csak zavartalan bendőfermentáció esetén igazak, amikor kielégítő mennyiségű propionsav termelődik a bendőben a szénhidrátok mikrobás lebontása során. Okine és Kennelly (2003) szerint a májban szintetizálódó glükóz 43-67%-ban propionsavból, míg 12%-ot meghaladó mennyiségben a laktátból képződik, ugyanakkor Reynolds és mtsai (1988) a laktát részeseződését 15-17% közé helyezik. Danfaer (1999) a propionát részarányát 51%-ra, az aminosavakét 21%-ra, a laktátét 15%-ra, míg az egyéb anyagokét (glicerin, piruvát) 13%-ra teszi. Fontos megemlíteni, hogy az egyes glükóz prekuzorok aránya a glükoneogenezisben jelentős mértékben változik az állatok tápláltsági és metabolikus állapotától is. A glükoneogenezishez szükséges enzimek általában kielégítő mennyiségben állnak rendelkezésre, az ilyen módon

képződő glükóz mennyiségét a rendelkezésre álló prekursor anyagok mennyisége határozza meg (*Danfaer*, 1994). A prekursor anyagok közül a legnagyobb jelentőséggel a propionát bír, míg éhezés (energiahiány) esetén az aminosavak és a glicerin hányada egyre inkább előtérbe kerül (*Kutas*, 1999).

A három szénatomszámú prekursorok közül a propionát, a laktát, valamint az alanin az oxálacetát szintézisének keresztül vesznek részt a glükóz képzésben, míg a glicerin, glicerin-3-foszfáton, illetve glicerin-aldehid-foszfáton keresztül alakul glükózzá. A lizin, a leucin és a taurin kivételével a glükogenetikus aminosavak először dezaminálódnak, majd a citrátkörön keresztül kapcsolódnak be a glükózképzés folyamatába. *Abel* és *mtsai* (1997) kísérletében az aminosavakból képződött glükóz aránya a kazein infúzió hatására, azaz kiegészítő aminosav adagolás következtében, jelentősen megnőtt.

Fontos megemlíteni, hogy a prekursorok milyensége jelentősen befolyásolja a glükoneogenezis energetikai hatékonyságát. A monogasztrikus állatok esetében a tejcukorszintézis elméleti energetikai hatékonysága 94%. A propionátból megvalósuló glükózképzés energetikai hatásfoka 83%, amikor azonban a folyamat aminosavakból indul, a hatékonyság már csak 60%, ami azzal magyarázható, hogy a dezaminálás és a karbamidszintézis is energiaráfordítással jár (*Kakuk* és *Schmidt*, 1988).

Amint a korábbiakban már kifejtettük, a tehén a tejcukor szintéziséhez szükséges galaktózt is glükózból állítja elő, így egy mólnyi laktóz (342 g) előállításához 2 molekula glükózra (360 g) van szükség. Ennek értelmében a 4,8% tejcukrot tartalmazó tej egy literjének

termeléséhez mintegy 50 g glükózt használ fel a tehén. Ugyanakkor egyes irodalmi adatok (*Kronfeld és mtsai*, 1968; *Abel*, 1995; *Bergner és Hoffmann*, 1997) a tejlő tehén glükózsükségletét megközelítőleg a tejjel ürülő laktóz mennyiség 1,5-szeresére teszik, ami 4,8%-os laktóztartalom (72 g glükóz tej literenként), illetve 30, 40 és 50 kg napi tejtermelés esetén az előbbi sorrendben megközelítőleg 2,2; 2,9 és 3,6 kg glükózsükségletet jelent. Ugyanennyi glükózt (0,4 mol) tart szükségesnek 1 kg tejtermeléshez *Danfaer* (1994), valamint *Okine és Kennelly* (2003) is.

Elliot (1976) a napi glükózigényt a következő összefüggés segítségével állapítja meg:

$$\text{Napi glükóz igény, g} = (\text{tejhóhozam} \times 0,05) / 0,7 + 188$$

A fenti képlet használata az előbb említett értékekhez hasonló eredményhez vezet, ugyanis az előző tejtermelési szintek (30, 40 és 50 l tej) esetében a napi glükózsükséglet kb. 2,3; 3,0 és 3,8 kg-nak adódik. *Elliot* számítása azon alapszik, hogy a tej 5% laktózt tartalmaz, a glükóz 70%-a a tejmirigyekben végbemenő laktózsintézis során használódik fel, míg egyéb célokra 188 g glükózra van szükség. Ugyanakkor, *Kutas* (1987) szerint 30 kg-os tejtermelés esetén a glükózigény 2,5 kg, míg *Reynolds és mtsai* (1988) napi 32 liter tejtermeléskor 3,2 kg glükózt tartanak szükségesnek, amelynek 70 %-át fordítják a tehenek tejtermelés céljára.

Ez utóbbi adatok arra utalnak, hogy a tehenek glükózmérlegének felállításakor – a mérleg szükségleti oldalának összeállításakor – nemcsak a tejjel ürülő laktóz mennyiségére kell figyelemmel lennünk, hiszen az intermedier anyagcsere számos egyéb folyamatához is glükózra van szükség. Így pl. glükózt igényel a tejsírsintézis is, ugyanis a zsírsavak

előállításához szükséges energiamediatort (NADP^{H+}) a pentóz-foszfát ciklusban glükózból állítja elő a tehén, de glükózt igényel a trigliceridek felépítéséhez szükséges glicerinnel előállításához is. Az említett folyamatok glükóz igénye naponta átlagosan mintegy 700 g (Boekholt; 1976 cit. Kutas, 1987).

Mindezekon túlmenően a tehénnek glükózra van szüksége az idegrendszer működéséhez, továbbá glükózt igényelnek a vörösvértestek is. Boekholt (1976) (cit. Kutas, 1987) szerint ez utóbbi célokra naponta átlagosan mintegy 500 g glükózt fordítanak a tehének anyagcseréjük során. Az újabb irodalmi adatok arra is felhívják a figyelmet, hogy a glükóz fontos szerepet játszik a petefészkek és a méh energiaellátásában, valamint a magzat fejlődésében (Chaiyabutr és mtsai, 1998; Kutas, 1999; Rabiee és Lean, 2000).

Mindezeket (tejcukor előállítás, idegrendszer működése, tejszírtermelés, egyéb anyagcserefolyamatok) figyelembe véve megállapítható, hogy a naponta 30-50 liter tejet termelő tehénnek akár 2,7-4,0 kg glükózra is szüksége lehet.

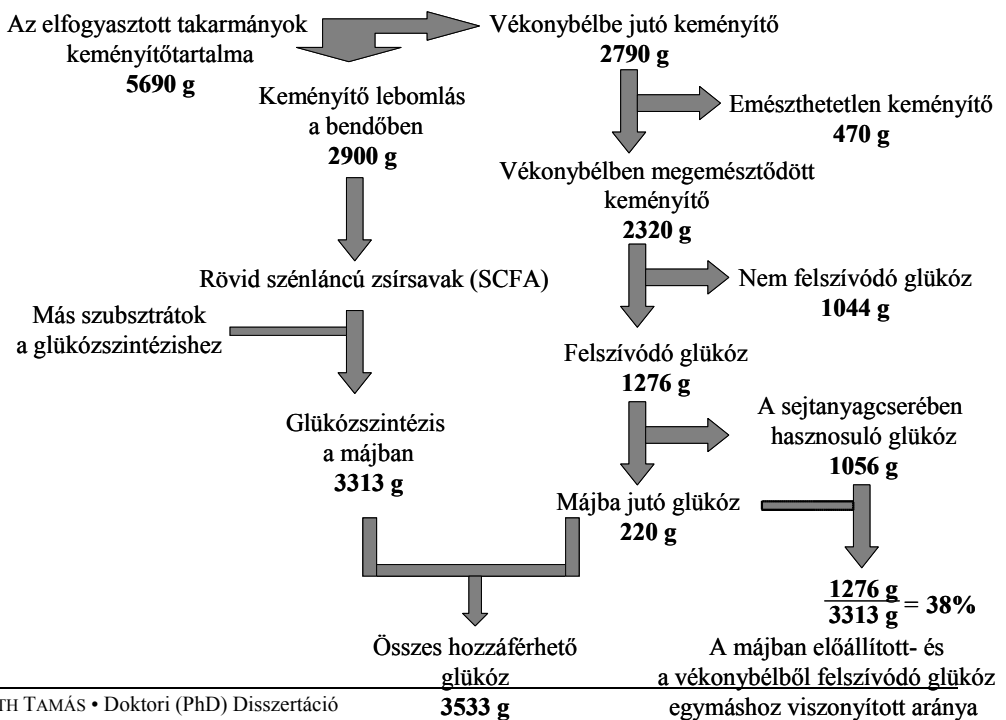
Ezzel szemben a vékonybélből ennél lényegesen kevesebb glükóz szívódik fel, pedig a tejhozamot a tehének glükóz ellátása jelentősen befolyásolja (Clark, 1975). Flachowsky és Lebzien (1997) szerint a takarmányadag összetételétől függően naponta mintegy 0,5-1,0 kg glükóz szívódik fel a vékonybélből. Ezt a mennyiséget egészíti ki a vérplazmában és a májban található 520-550 g-os glükózkészlet. A tehén számára tehát összesen 1,0-1,5 kg glükóz áll életfenntartás és tejtermelés céljára rendelkezésre. Amennyiben az említett adatokat a teljes glükózigény

számításakor nyert adatokkal összevetjük megállapítható, hogy napi 30-50 literes tejtermelés esetén akár 1-3 kg glükózt is elő kell állítani az állatoknak a glükoneogenezis útján. Érdeemes megemlíteni azt is, hogy *Bergner* és *Hoffmann* (1997) szerint 1 J-nyi glükóz előállításához a glükoneogenezis révén megközelítőleg 1,5 J-nyi (1,3-1,8 J) energiára, továbbá a folyamat zavartalanságára van szükség.

Az 1. ábrán, illetve a 2. táblázatban *Okine* és *Kennelly* (2003), továbbá *Flachowsky* és *Lebzien* (1997) adatai alapján 2 modellszámítást mutatunk be a keményítő lebomlására és a posztruminálisan rendelkezésre álló glükóz mennyiségére vonatkozóan.

1. ábra

Modellszámítás egy 520 kg-os, naponta 21 kg szárazanyagot fogyasztó és 32 kg tejet termelő tehén keményítő-, illetve glükózforgalmára vonatkozóan (*Okine* és *Kennelly*, 2003 alapján)



2. táblázat

**Modellszámítás a nagy tejtermelésű tehének glükózellátására
vonatkozóan kukorica és búza alapú takarmányadag etetésekor**

(tejtermelés: 40 kg/nap, glükóz igény: 3,5 kg/nap,
gabonamagból származó szárazanyag-felvétel: 8 kg/nap)

(Flachowsky és Lebzien, 1997)

Megnevezés	Kukorica	Búza
	<i>alapú takarmányadag</i>	
Keményítő tartalom (a szá. %-ában)	70	60
Keményítő lebomlás (a felvétel %-ában)		
Bendő	70	90
Vékonybél	25	9
Keményítő felvétel (g/állat/nap)	5600	4800
Keményítő lebomlás a bendőben (g/állat/nap)	3920	4320
Bypass keményítő (g/nap/állat)	1680	480
A vékonybélben megemésztett keményítő (g/nap/állat)	1400	432
Glükózfelszívódás a vékonybélből (g/állat/nap)*	1540	475
A glükóz szükséglet %-ában	44	14

**1 g keményítő 1,1 g glükózt szolgáltat az enzimes hidrolízist követően*

Az adatokból jól látható, hogy a tejelő tehének jelentős mennyiségű glükózt kell előállítania a májban, mivel a vékonybélből felszívódó glükóz jelentős része a sejttanyagcserében hasznosul (1. ábra). A kukorica és a búza etetésére vonatkozó eredmények azt szemléltetik, hogy a bendőben mérsékeltebben lebomló kukoricaalapú abrak etetésekor megközelítőleg 30%-kal növelni lehet a bypass keményítő (glükóz) mennyiségét a búza alapú takarmányadaghoz viszonyítva.

2.3. A tehenek glükózellátásának javítása a glükoneogenezis serkentésével

A glükoneogenezis serkentésének kézenfekvő módja a prekursor ellátottság javítása. Jól bevált, már a gyakorlatban is alkalmazott eljárás a takarmányadag propilénlikollal történő kiegészítése. A propilénlikol növeli a bendőben a propionát mennyiségét, könnyen felszívódik onnan és kerül a közti anyagcserébe (*Dhiman és mtsai, 1993; Grummer és mtsai, 1994; Studer és mtsai, 1993; Cozzi és mtsai, 1996*). Az irodalmi adatok szerint a propilénlikol kiegészítés hatására növekszik a vérplazmában a glükóz és az inzulin koncentrációja, illetve csökken a nem-észterifikált zsírsavak (NEFA) és a ketonanyagok mennyisége (*Sauer és mtsai, 1973; Studer és mtsai, 1993; Grummel és mtsai, 1994; Kutas, 1999; Kokkonen és mtsai, 2000; Miyosi és mtsai, 2001; Shingfield és mtsai, 2002; Pickett és mtsai, 2003*). Azt is megfigyelték, hogy alkalmazása esetén mérséklődik az újravemhesüléshez szükséges napok száma (*Miyosi és mtsai, 2001*).

Számos szerzőnek az a véleménye, hogy a propilénlikol eredményesen használható fel a ketózis (*Shearer és van Horn, 1992; Studer és mtsai, 1993; Cozzi és mtsai, 1996; Duffield, 2000*), illetve a zsírmájzindróma megelőzésére (*Formigoni és mtsai, 1996*). *Hunniger és Staufenbiel (1999)* szerint a propilénlikol kiegészítést az ellés előtt 3 héttel kell megkezdeni és a tejtermelés színvonalától függően a laktáció 6-10. hetéig célszerű folytatni. *Schmidt és mtsai (1988)* az ellést követően 6-8 hétig javasolják a propilénlikol etetését, napi 250-500 g-os dózisban. *Ballard és mtsai (2001)* által végzett vizsgálatban propilénlikolt, Ca-

propionátot és melaszt tartalmazó takarmánykiegészítő etetésekor a tejtermelés növekedett. Hasonlóan kedvező eredményeket *Cozzi és mtsai* (1996) propilénглиkol önálló etetésekor nem tapasztaltak. Utóbbi szerzőkkel megegyezően, *Pickett és mtsai* (2003) vizsgálataiban az ellés utáni első 3 hétben nyújtott propilénглиkol kiegészítésnek nem volt hatása a tehenek szárazanyag-felvételére, a tejhozamra, illetve a tej összetételére. *Lebzien és Aulrich* (1993), valamint *Cozzi és mtsai* (1996) azt említik a propilénглиkol kiegészítés hátrányaként, hogy etetése megnöveli a bendőben a propionát mennyiségét, ami a tehenek szükségesnél jobb kondíciójával jár.

Bigner és mtsai (1997) szerint jól hasznosuló glükóz prekursor a Na-propionát is, így felhasználható a ketózis megelőzésére. A Ca-propionát glükogenetikus hatását szintén több kísérletben állapították meg (*Pehrson és mtsai*, 1992; *Goff és mtsai*, 1996). Utóbbi szerzők (*Goff és mtsai*, 1996) az ellést követő 24 órában adagolt Ca-propionátot eredményesen használták fel a tőgy funkcionális eredetű gyulladással megbetegedésének („tejláz”) a kezelésére.

Az aminosavak a különböző becslések alapján a glükoneogenezishez szükséges alapanyagoknak mintegy 15-25 %-át teszik ki. *Clark és mtsai* (1977) szerint a tejképződés folyamatát nemcsak a glükóz, hanem más táplálóanyagok, így pl. az aminosavak is limitálhatják.

Az inzulinnal, glukagonnal és szomatotropinnal – mint a glükoneogenezisben (is) szerepet játszó hormonokkal – végzett *in vivo* (juh, tehén) vizsgálatok eredményeiről *Danfaer* (1994) közöl összefoglaló adatokat. A növekedési hormon (STH, GH) gátolja a májban, az izomban és a zsírszövetben a sejtekben a glükóz felvételét és felhasználását, továbbá

védi a sejtek glikogéntartalékát (*Husvéth, 2000*). Exogén eredetű szarvasmarha szomatotropinnal (bSTH) végzett kísérletben (*Putnam és mtsai, 1999*) az alkalmazott készítmény hatására növekedett a glükózzá történő átalakulás és a szervezet glükóz készlete (pool).

Több kísérletben vizsgálták, hogy a glukagonnal végzett kezeléssel fokozható-e a glükoneogenezis. A glukagon ismert aminosavszekvenciájú, mesterségesen is előállítható polipeptid hormon, amely fokozza a glükogenolízist (a glükogénből történő glükózképződést), valamint a glükoneogenezist, az utóbbit azzal, hogy növeli a májsejtek aminosav-permeabilitását és az aminosavak cukorra történő átépülését (*Husvéth, 2000*). Ugyanakkor a glukagon a fehérje-katabolizmust serkentő hatásán keresztül feltételezhetően fokozza a májban történő fehérjelebontást (*Reynolds és mtsai, 1989*). Ennek eredményeként a lipoproteinek szintéziséhez kevesebb fehérje áll rendelkezésre, aminek hatására csökkenhet a májból kiáramló lipidek mennyisége. Ez utóbbi jelentős veszélyforrás lehet a májelzsírosodás kialakulásában. Ezzel ellentétben *Bobe és mtsai (2003)* adatai szerint, az idősebb tehének esetében (3,5 év felett) a laktáció korai szakaszában, napi 15 mg-os adagban szubkután alkalmazott glukagon injekció csökkentette a máj elzsírosodását, bár a fiatalabb állatoknál ezt a hatást nem tudták megerősíteni. Ezen túlmenően a glukagon hatására növekedett a vérplazma glükóz- és inzulin-koncentrációja, míg a nem-észterifikált zsírsavak (NEFA) részaránya csökkent. Ehhez hasonlóan *She és mtsai (1999a,b)* glukagon intravénás infúzióját követően a glükoneogenezis fokozódását, a vérplazma glükóztartalmának növekedését figyelték meg. Ugyanakkor a tej

mennyisége és annak fehérjetartalma csökkent. Ez utóbbi hatás valószínűleg azzal magyarázható, hogy csökkent a tejfehérje-szintézishez szükséges aminosavak mennyisége.

A niacin nagyobb mennyiségben adagolva kedvező hatású a glükóz anyagcserére azzal, hogy növeli a diffúzió útján a májsejtekbe jutó glükóz mennyiségét. Erre vezethető vissza a niacin glükoneogenezist fokozó, antilipolitikus és antiketogén hatása (Kolb és mtsai, 1999).

Subiyatno és mtsai (1996) megállapították, hogy a króm kiegészítés is növelheti a glükoneogenezist és a glükogenolízist.

2.4. A keményítő bendőbeli lebomlása

2.4.1. A nagy keményítőtartalmú adagok hatása a bendőműködésre

A gabonamagvak keményítőjét, az amilóz α -1,4- és az amilopektin α -1,6-glikozidos kötéseit, az amilolitikus baktériumok (pl. *Bacteroides amylophilus*, *Bacteroides ruminicola*, *Streptococcus bovis*, stb.) és egyes véglények maltóz és izomaltóz molekulákra bontják. A maltózt és az izomaltózt a maltáz, a maltózfoszforiláz és az izomaltáz hidrolizálja glükózzá, illetve glükóz-1-foszfáttá, ami a bendőben a mikrobiális fermentáció során rövid szénláncú zsírsavakká (ecetsav, propionsav, vajsav, stb.) alakul.

A nagy keményítőtartalmú abraktakarmányok nagyobb adagban történő etetésével növelhető ugyan a vékonybélbe jutó keményítő mennyisége, azonban számolni kell azokkal a hátrányokkal is, amelyekkel a bendőbe jutó nagyobb mennyiségű keményítő bendőbeli lebomlása jár. A

könnyen lebontható keményítő részarányának növekedése következtében több szerves sav termelődik a bendőben, aminek eredményeképpen csökken a bendőfolyadék pH-ja, továbbá a tehének szárazanyag-felvétele (*Robinson és Kennelly, 1988; McCarthy és mtsai, 1989; Knowlton és mtsai, 1996*). A szárazanyagfelvétel nagyobb mértékű visszaesése különösen a bendőben könnyen lebomló keményítőforrások hatására következik be (*McCarthy és mtsai, 1989; Caspers és mtsai, 1990; Moore és mtsai, 1992; Aldrich és mtsai, 1993*), míg a bendőben kevésbé lebomló keményítőt tartalmazó takarmányok etetésekor ezt nem tapasztalták (*Chen és mtsai, 1995; Oliveira és mtsai, 1995*). A fentieket igazolja, hogy a bendőfolyadék kémhatásának csökkenése sokkal kifejezettebb abban az esetben, ha a takarmányadagban a növekvő gabona részarányát a kukoricával szemben az árpa teszi ki (*Flachowsky és mtsai, 1993*).

Nagyobb mennyiségű keményítő, illetve cukor etetését követően *Moller és mtsai (1997)* szerint a bendőfolyadék tejsavtartalma meghaladhatja a 80 mmol/liter értéket, ami fokozza az acidózis veszélyét, ezen túlmenően a bendőhámsejtek funkciózavarát, sőt nekrozisát is előidézheti. *Owens és mtsainak (1998)* véleménye szerint pH 5,8 alatt a bendőacidózis veszélye mellett, egyéb betegségek (pl. oltógyomor áthelyeződés, tőgygyulladás, láb- és körömbetegségek, stb.) fokozottabb megjelenésére szintén számítani lehet. Azt is leírták, hogy a laktáció első szakaszában, a bendőbeli laktát-koncentrációnak fontos szerepe van a tehének szárazanyag-felvételére (*Russel és Hino, 1985*).

További oka a bendőfolyadék pH csökkenésének, hogy az abrakadag növekedése következtében a tehének kevesebb szálatakarmányt

fogyasztanak, kevesebbet kérődznek, ami csökkenti a nyáltermelésüket. A bendőfolyadék pH-jának csökkenése kedvezőtlen hatású a nyersrost lebontását végző cellulóz- és hemicellulózsbontó baktériumokra, aminek eredményeként módosul a mikrobapopuláció faji összetétele, megváltozik a bendőfermentáció jellege. Mindezek következtében csökken a nyersrost lebomlása a bendőben, változik a bendőfolyadékban az ecetsav-propionsav arány, kevesebb lesz a tehének takarmányfogyasztása (*Flachowsky és Lebzien, 1997; Matthé és mtsai, 2001; Lebzien és mtsai, 2002*).

A kukoricával végzett kísérletekben megállapították azt is, hogy a növekvő keményítőhányad negatív hatással van a szárazanyag és a szerves anyagok, így pl. az NDF-, a nyersfehérje-, valamint a nyerszsír emészthetőségére (*Kellner és mtsai, 1985; De Visser és mtsai, 1998; van Vuuren és mtsai, 1999*). A növekvő bendőbeli keményítőlebomlás hatására az összes rövid szénláncú zsírsavtartalom belül jelentősen megnőhet a propionsav részaránya (*Poore és mtsai, 1993; Chen és mtsai, 1994*). Ugyanakkor *Philippeau és mtsai (1999)* kísérleti eredményei szerint ebben is lehetnek eltérések a különböző keményítőforrások között. A propionsav a legfontosabb glükogenetikus prekursornak tekinthető (*Danfaer és mtsai, 1995*), amelynek hatására növekszik a glükózsintézis a májban (*Ørskov és mtsai, 1969; Tyrell és Moe, 1974*), továbbá csökken az aminosavak tejfehérje-szintézis céljára történő felhasználása (*Theurer, 1986*). A bendőfolyadék kisebb ecetsavtartalmából következően csökken a tej zsírtartalma, míg a növekvő propionsavtartalom a glükoneogenezisnek, illetve a tejcukorszintézisnek kedvez, továbbá – amint az már említésre

került – növeli a testtömeg-gyarapodást, ami viszont nem minden esetben előnyös.

Ismert, hogy a takarmányok könnyen lebomló szénhidrátartalma nagymértékben befolyásolja a bendőmikrobák energiaellátását, ezen keresztül a mikrobafehérje-szintézist. Ennek következtében, az irodalmi adatok (*Owens és mtsai*, 1986; *Aldrich és mtsai*, 1993; *Huntington*, 1997) fokozottan felhívják figyelmet a takarmányadagok szénhidrát és N-tartalmú anyagainak egyensúlyára, mivel ez nagymértékben módosíthatja a vékonybélbe jutó mikrobafehérje mennyiségét. Az energiahiányos takarmányozás hatására a bendőfolyadék ammóniakoncentrációja megnövekszik, ami feleslegesen terheli az állat anyagcseréjét, illetve energiavesztést is okoz. Ezzel ellentétben a túl sok energiát (ezenbelül sok könnyen oldódó keményítőforrást) tartalmazó takarmányadagok az előzőekben kifejtettek szerint különböző anyagcsere-megbetegedések (pl. acidózis, ketózis) forrása lehet.

2.4.2. A keményítő bendőbeli lebonthatóságát befolyásoló tényezők

Az irodalmi adatok szerint a keményítő bendőbeli lebonthatóságát legnagyobb mértékben a keményítőforrás (takarmány) fajtája és annak keményítőtartalma, a takarmány érettségi és feldolgozottsági foka, a takarmányadag összetétele, továbbá a takarmányozás intenzitása befolyásolja. A rendelkezésre álló kísérleti eredmények arra utalnak, hogy az egyes takarmányok keményítőjének bendőbeli lebonthatósága igen különböző lehet. A legfontosabb energiaforrások (szilázsok,

gabonamagvak) keményítőjének bendőbeli lebomlása 42-94% között változhat (*Okine és Kennelly, 2003*). Ez a keményítő eltérő szerkezeti felépítésével magyarázható, de *Lebzien és mtsai (2002)* szerint magvak esetében ezen túlmenően a magvak eltérő morfológiai sajátosságaival, a mag fehérje- és zsírtartalmával, annak a magon belüli eloszlásával is összefügg. Ismert az is, hogy a nagy keményítőtartalmú takarmányok szárazanyagának és keményítőjének bendőbeli lebonthatósága között nagyon szoros korreláció áll fenn (*Matthé és mtsai, 1999*).

A gabonamagvak közül a kukorica és a cirok keményítőjének bendőbeli lebonthatósága a legkisebb, míg az árpa és a búza jól lebontható keményítőt tartalmaznak. Ennek következtében kukorica etetésekor a bendőfolyadék pH-ja kisebb mértékben csökken és a nagyobb keményítőtartalmú takarmányadagok korábban említett negatív hatásai, mint pl. az acidózis, illetve a nyersrost lebomlás csökkenése, csak kisebb mértékben fordulnak elő. Ez egyben azt jelenti, hogy a kukorica szerepeltetése az abrakban az előgyomrok mérsékeltebb terhelésével jár együtt, mint a bendőben gyorsabban lebomló árpáé vagy búzáé.

Herrera-Saldana és mtsai (1990) 5 különböző gabonamaggal végzett vizsgálataik során megállapították, hogy azonos feldolgozási technológia esetén a zab keményítője bomlik le a leggyorsabban a bendőben, majd ezt követi sorrendben a búza, az árpa, a kukorica és végül a cirok. Irodalmi adatok szerint (*Hale, 1973; Theurer, 1986; Herrera-Saldana és mtsai, 1990*) a cirok keményítője a kukoricához, illetve a többi gabonamaghoz képest lassabban bomlik le a bendőben, aminek az az oka, hogy a cirokban lévő keményítő-fehérje mátrix jobban ellenáll a különféle

hatásoknak (pl. enzimes bontásnak). *Axe* és *mtsai* (1987), illetve *Cone* és *mtsai* (1989) által végzett vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a búza keményítője gyorsabban bomlik le a bendőben, mint az árpa és a burgonya keményítője, aminek oka szintén a keményítőszemcséket körülvevő fehérjemátrix.

A speciális fehérjestruktúra mellett, a különböző gabonamagvak β -glükánban gazdag sejtfala is hatással van a keményítő bendőbeli degradabilitására (*Kotarski* és *mtsai*, 1992; *McAllister* és *mtsai*, 1993). A keményítő bendőbeli lebonthatóságát ezenkívül az amilóz és amilopektin hányad is befolyásolja (*Kotarski* és *mtsai*, 1992). *Huntington* (1997) szerint a magasabb amilopektin tartalmú (waxy) genotípusok gyorsabban bomlanak le, ugyanakkor *Cone* (1991) ezzel ellentétes véleményen van. *Cone* és *Vlot* (1990) felhívják a figyelmet arra, hogy az amilóz a zsírokkal stabil komplexeket képezhet és így ellenállóbb a különböző enzimekkel szemben. Az endospermiumban lévő egyéb anyagok (pl. zsírok, fehérjék, valamint a tannin és az enzimgátlók) szintén befolyásolhatják az egyes keményítőforrások eltérő bendőbeli viselkedését (*Cone*, 1991; *McAllister* és *mtsai*, 1994).

Nocek és *Tamminga* (1991) különböző szerzők által közölt adatok alapján, az árpadara keményítőjének bendőbeli lebonthatóságát az összes keményítőtartalom %-ában 83,2-97,0%-nak, a kukoricadaráét 53,1-67,0%-nak, a zabdaráét 89,6-99,0%-nak, a cirokdaráét 51,0-57,3%-nak, míg a búzadaráét 86,1-99,0%-nak találták, az *in situ* és *in vitro* vizsgálatokban. *Noziere* és *Michalet-Doreau* (1997) vizsgálataiban az árpa keményítőjének lebonthatósága átlagosan 98% volt, míg az őrölt zab keményítőjének

degradabilitását - már a 4 órás inkubációs időt követően - csaknem 100%-nak találták egyes *in situ* vizsgálatokban (Herrera-Saldana és mtsai, 1990).

Megjegyzendő azonban, hogy az azonos növényfajok különböző fajtáinak, illetve hibridjeinek magjában található keményítő bendőbeli lebonthatósága között is nagyok lehetnek az eltérések. Flachowsky és Lebzien (1997) eltérő kukoricafajták, illetve hibridek keményítőjének bendőbeli lebonthatóságát 63-86% közöttinek találták. Loose (2000) vizsgálataiban 50 és 90% között változott a különböző kukoricafajták keményítőjének bendőbeli degradabilitása. Ugyanakkor a különböző árpafajták keményítőjének bendőbeli lebomlása között Boss és Bowman (1996) nem állapított meg szignifikáns különbséget.

Befolyásolja a keményítő bendőbeli lebonthatóságát a vegetációs stádium, illetve ezzel összefüggésben a növény szárazanyag-tartalma (Flachowsky és Lebzien, 1997). A silókukorica szilázs keményítőjének bendőbeli degradabilitása a növény fejlődésével párhuzamosan – miközben a magvak a tejeséréstől a teljesérés állapotáig eljutnak – folyamatosan csökken (Brandt és mtsai, 1986).

Különböző silókukorica hibridekkel végzett vizsgálataik során Honer és mtsai (2002) megfigyelték, hogy a nagyobb *in sacco* degradabilitást mutató hibridek keményítőjének *in vivo* lebonthatósága nagyobb. Ezen túlmenően azt találták, hogy a szerves anyag bendőbeli lebonthatóságát a sejtfal összetétele jobban befolyásolja, mint a táplálóanyag összetétel. Bal és mtsai (2000) hagyományos (Pioneer 3563) és ún. leafy-típusba tartozó (Mycogen TMF 106) silókukorica hibridet hasonlítottak össze. A két hibrid között nem volt különbség a tejhozamot

illetően, de a Mycogen TMF 106-os keményítőjének emészthetősége nagyobb volt, mint a Pioneer 3563 hibridé.

Fontos megemlíteni, hogy a keményítő bendőbeli lebonthatóságát – megegyezően más táplálóanyagok (pl. nyersfehérje, nyersrost) degradabilitásával – jelentős mértékben befolyásolja a takarmány bendőben tartózkodásának ideje is. Ismert, hogy ez utóbbit elsősorban a takarmányozás intenzitása határozza meg. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a bendőbeli degradabilitásra vonatkozó adatokat reálisan értékelni csak a takarmányozás intenzitásának ismeretében lehet, illetve összehasonlítani is csak az azonos takarmányozási szinten megállapított lebontási értékeket szabad. Ezt igazolja az a tény is, hogy a kukorica különböző fajtái és hibridjei között a legnagyobb degradabilitásbeli különbséget a nagy tejtermelésű tehének takarmányozására jellemző 3-szoros intenzitási szinten (a napi takarmányadag metabolizálható energiatartalma háromszorosa az életfenntartás céljára szükséges metabolizálható energia mennyiségének) mérték (*Flachowsky és Lebzien, 1997*).

A keményítő bendőbeli lebonthatóságát – az intenzitási szint mellett – befolyásolhatja a takarmányozás gyakorisága is. *Dhiman és mtsai (2002)* feltételezik, hogy a takarmányozás gyakoriságának a növelése, továbbá a kukorica emészthetőségének javítása fizikai módszerekkel (darálással) kedvezően befolyásolja a keményítő hasznosítását és az állatok teljesítményét.

A felsoroltakon kívül, egyes irodalmi adatok szerint, befolyásolják a bendőbeli keményítőlebontást a protozoák is, amelyek a keményítőbontó

baktériumok, továbbá a bendőben könnyen lebomló szénhidrátok (keményítő, cukor) bekebelezésével csökkentik a keményítő bendőbeli lebonthatóságát (*Mendoza és mtsai, 1993*).

2.4.3. A keményítő bendőbeli lebomlásának csökkentése

Az előzőekben említett tényezők mellett a keményítő bendőbeli lebomlását befolyásolják a takarmány előkészítése során alkalmazott kezelések is (*Lebzien és mtsai, 2002*). A takarmányok keményítőjének bendőbeli degradabilitása fizikai módszerekkel és különböző kemikáliákkal történő kezeléssel eredményesen megváltoztatható. Ezek az eljárások egyben jelentősen módosíthatják a keményítő emésztés helyét (ruminális, illetve posztruminális) és annak mértékét.

2.4.3.1. Fizikai eljárások

A fizikai eljárások közé tartozik – többek között – a gabonamagvak *darálása, őrlése, pelyhesítése, hengerezése* (lapkázás), *granulálása* (pelletálás), illetve a *toaszterezés*. A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint a takarmány előbb említett előkészítési módozatai jelentősen befolyásolják a bendőbeli lebonthatóságot és az állatok teljesítményét. A szemes gabona szárítása során fennálló körülmények (pl. hőmérsékleti viszonyok, a szárítás ideje) vagy a gőzölés is számottevő hatással vannak a keményítő bendőbeli degradabilitására (*Lebzien és mtsai, 2002*). A termikus eljárások a hőhatás okozta kémiai reakciók következtében fokozzák a

táplálóanyagok ruminális fermentációjának mértékét. Így pl. a keményítő zselatinizációja és a mechanikai felületnövelő hatás eredményeképpen a mikroorganizmusok tevékenysége intenzívebbé válik és az amiláz hatékonyabban tudja bontani a keményítőt (*Campling*, 1991). Más szerzők is megállapították, hogy a gabonamagvak fizikai kezelése során a nedvesség, a nyomás és a hő által előidézett folyamatok elősegítik a bendőmikrobák lebontó tevékenységét, azzal, hogy azok könnyebben férnek hozzá a keményítőszemcsékhez (*Kotarski*, 1992; *Huntington*, 1997; *Knowlton*, 2003). Javítja a mikrobás, illetve az enzimes bontás hatékonyságát az is, hogy a keményítő hidrogén kötése a fizikai és kémiai változások hatására szétesnek (*Offner és mtsai*, 2003).

Az előzőekben említett fizikai eljárások többsége növeli a keményítőnek mind a bendőbeli lebonthatóságát, mind pedig vékonybélbeli emészthetőségét (*Owens és mtsai*, 1986; *McAllister és mtsai*, 1993). A darálás az enzimek számára hozzáférhető felület növelésével fokozza a keményítő bendőbeli degradabilitását (*Yu és mtsai*, 1998a; *Calliston és mtsai*, 2001; *Reis és mtsai*, 2001; *Lebzien és mtsai*, 2002; *Offner és mtsai*, 2003). Valószínű, hogy a túl nagy szemcsedarabok nem emésződnek meg a vékonybélben sem, hanem fermentálódnak a vastagbélben, vagy emésztetlenül távoznak a bélcsőből, aminek következtében az emésztés hatékonysága nagymértékben csökken (*Dixon és Nolan*, 1982). Ezt támasztja alá *Nocek és Tamminga* (1991) véleménye is, akik szerint az egész szemű és a roppantott kukorica keményítőjének bendőbeli lebomlása ugyan kisebb a finomra őrölt kukoricáéhoz képest, de a túl nagy szemcsedarabok enzimikus emésztése a vékonybélben nem megfelelő. Az

in situ vizsgálatokban a roppantott kukorica keményítőtartalmának megközelítőleg 44%-a lebomlott a bendőben, míg a finomra darált kukorica esetében ez az érték 60-65% körül alakult (Lykos és mtsai, 1997). Az etetési kísérletekben arra a következtetésre jutottak, hogy a szemcseméret csökkentésének (egész szemű, durvára és finomra darált kukorica) hatására javult a tehenek tejtermelése, a tej zsírtartalma azonban egyidejűleg csökkent (Moe és Tyrrell, 1977). Hasonló hatást figyeltek meg a cirokra vonatkozóan is (Bush és mtsai, 1972).

Pauly és mtsai (1992) megállapították, hogy a hántolás mértékének növelésével az árpa bendőbeli degradabilitása 45%-ról 83%-ra nő a 24 órás bendőbeli inkubálás során.

A pelyhesítésnek a kukorica és cirok keményítőjének hasznosítására gyakorolt kedvező hatása számos vizsgálatban igazolást nyert (Theurer, 1986; Moore és mtsai, 1992; Chen és mtsai, 1995; Oliveira és mtsai, 1995; Huntington, 1997; Barajas és Zinn, 1998; Simas és mtsai, 1998; Theurer, 1999a és b; NRC, 2001; Dhiman és mtsai, 2002; Lebzien és mtsai, 2002).

Lebzien és mtsai (2002) által közölt adatok szerint, szemes kukorica etetésekor a vékonybélbe jutó keményítő aránya 44%, teljes emészthetősége pedig 77%, míg a pelyhesítés során 22%-ra csökken a vékonybélbe jutó keményítő aránya, ugyanakkor azonban emészthetősége lényegesen jobb lesz (96%). Chen és mtsai (1995), valamint Oliveira és mtsai (1995) cirok pelyhesítésekor ugyancsak a keményítő emészthetőségének javulását figyelték meg. A cirokpehely keményítőjének átlagos emészthetőségét 98%-nak lehet tekinteni (NRC, 2001). Ezenkívül, több kísérletben igazolták, hogy a pelyhesített cirok kedvező hatású a tehenek tejtermelésére és a tejfehérje

mennyiségére (Moore és mtsai, 1992; Oliveira és mtsai, 1993; Chen és mtsai, 1994; Simas és mtsai, 1998). Ez valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a pelyhesített cirok etetésekor – az őrléshez képest – nőtt a keményítő bendőbeli és a teljes emésztőrendszerben mért emészthetősége (Poore és mtsai, 1993; Chen és mtsai, 1994; Oliveira és mtsai, 1995). Hasonló hatást tapasztaltak a kukoricára vonatkozóan Dhiman és mtsai (2002) is, mivel a pelyhesített kukorica keményítőjének emészthetősége 3-6%-kal javult a durvára és a finomra darált kukoricához képest. Barajas és Zinn (1998) vizsgálataiban a pelyhesítés hatására jelentősen nőtt a kukorica keményítőjének bendőbeli és teljes emésztőrendszerben mért emészthetősége.

Theurer és mtsai (1999a) 19 olyan publikációt értékelték, melyek pelyhesített, illetve őrölt kukoricával és cirokkal, tejelő teheneken végzett kísérletek eredményeiről számoltak be. A pelyhesített cirok és kukorica közel azonos hatásúak voltak az állatok teljesítményre, továbbá növelték a tejtermelést és a tej fehérje tartalmát az őrléshez képest. Ezt azzal magyarázzák, hogy bár a keményítő nagyobb mértékben fermentálódik a bendőben, de a pelyhesítés hatására növekszik a vékonybélbe jutó keményítő frakció emészthetősége, így végeredményben több keményítő szívódik fel a vékonybélből.

Tóthi és mtsai (2003a) adatai szerint, a kukoricának 95 °C-on, az árpának pedig 105 °C-on történő expandálásakor a hőkezeletlen magvakhoz képest mindkét gabonamagban megnő a bendőben gyorsan és csökken az ott lassan lebomló keményítő frakció aránya. Tóthi (2003b) *in situ* vizsgálataiban azt is megállapította, hogy a nem hőkezelt (csak darált)

gabonamagvakhoz képest az általa alkalmazott hidrotermikus kezelések (pelletálás, expandálás, tósztolás) mindegyike megnöveli a kukoricakeményítő, illetve csökkenti az árpakeményítő ruminális lebomlását. *Goelema* és *mtsai* (1996) szerint bár az expandálás növeli a kérődző takarmányok értékét, de az eljárásnak a fehérje és keményítő degradabilitására kifejtett hatása nem konzekvens. Utóbbi szerzők azt is megállapították, hogy a pelletálás növeli a keményítő *in situ* lebomlását, ami a granulálás során fellépő fizikai hatásoknak (pl. nyomás) köszönhető. Tekintettel erre, Hollandiában a pelletált takarmányok esetében a keményítő emészthetőségét +12,5%-kal korrigálják (*CVB*, 1998 cit. *Goelema* és *mtsai*, 1999).

Thomas és *mtsai* (1988) a kukorica és a cirok 120 °C-on történő autoklávozásának hatására a keményítő nagyobb mértékű bendőbeli lebomlását figyelték meg. A 135 °C-on, 15 percig toaszterezett és a pelletált kukorica, valamint árpa keményítőtartalmának bendőbeli lebomlása nem különbözött egymástól. *Ljokjel* és *mtsai* (2003) vizsgálatai során az árpa 100, illetve 125 °C-on történő hőkezelése csökkentette a keményítő bendőbeli lebomthatóságát. Vizsgálataik folyamán azt is megállapították, hogy a keményítő bendőbeli lebomlását a hőkezelés mértéke és annak időtartama jelentősen befolyásolhatja. Így pl. az említett kísérletben a 125 °C-on 30 percig történő kezelés csökkentette a legnagyobb mértékben a keményítő bendőbeli degradabilitását.

A lóbab keményítőtartalmának nagy része (76-78%-a) lebomlik a bendőben (*Tamminga* és *mtsai*, 1990). Ugyanakkor a toaszterezés *Yu* és *mtsai* (1999) kísérletében csökkentette a lóbab keményítőjének bendőbeli

lebonthatóságát. A legkedvezőbb eredményt a 136 °C-on 15 percig tartó hőkezeléssel érték el. Csökkentette a lóbab keményítőjének bendőbeli lebonthatóságát a 130 és 150 °C-on végzett száraz hőkezelés is (Yu és *mtsai*, 1998b). *Goelema* és *mtsai* (1999) megállapították, hogy a 132 °C-on 3 percig végzett toaszterezés és az expanderrel (115 °C-on 8 másodpercig) történő kezelés a lóbab esetében nincs hatással a keményítő vékonybélben, illetve teljes emésztőrendszerben mért emészthetőségére.

Célszerű megemlíteni, hogy a túl intenzív hőkezelés hatására (pl. pörkölés) a bendőbeli lebonthatóság jelentősen csökkenhet, de az ilyenkor képződő emészthetetlen keményítő-fehérje komplexek nem emésztdnek az emésztőrendszer posztruminális szakaszban sem és nagy részük a bélsárral kiürül (*Nocek* és *Tammaing*, 1991; *Stern* és *mtsai*, 1997; *Matthé* és *mtsai*, 1999).

2.4.3.2. Kémiai eljárások

A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint, a kémiai anyagok közül a NaOH-dal, az aldehidekkel (pl. formaldehid, glutáraldehid) és az ammóniával végezték a legtöbb vizsgálatot. A kémiai kezelés az alkalmazott kémiai szertől és annak koncentrációjától függően jó megoldásnak tűnik a degradabilitás csökkentésére.

Az egész szemű gabonamagvak NaOH-dal történő kezelése során a hemicellulóz és a lignin részleges hidrolízise révén károsodik a mag perikarpiuma, illetve a nátronlúg a gabonaszemcse külső részeit is lazítja, így a bendőbaktériumok könnyebben bontják az endospermiumot. A

keményítő bendőbeli lebonthatósága azonban még így is alatta marad a kezeletlen gabonamagdara lebonthatóságának (*Lebzien és mtsai*, 1996).

Lebzien és mtsai (1996) búzának 3% NaOH-dal történő kezelésével 88,8%-ról 55,1%-ra tudták csökkenteni a keményítő bendőbeli lebonthatóságát. A búza NaOH-dal végzett kezelésének kedvező hatásról számolnak be *Homolka és mtsai* (2001) is, szárazonálló tehennel, illetve ürükkel végzett kísérletek eredményei alapján. *Phipps és mtsai* (2001) is arra a megállapításra jutottak, hogy a NaOH-dal végzett kezelés növeli a duodenumba jutó keményítő mennyiségét.

Ørskov és Greenhalgh (1977) véleménye szerint az árpa 3-4% nátronlúggal történő kezelése helyettesítheti a mechanikai kezelést. *McNiven és mtsai* (1995) megállapították, hogy a nátronlúggal kezelt árpa szárazanyagának emészthetősége – a teljes emésztőrendszerre kiterjedően mérve – az őrölt árpáéval azonos volt, ugyanakkor a keményítő emészthetősége a NaOH hatására csökkent.

Pauly és mtsai (1992) eredményei szerint, a zab 3 és 5% NaOH-dal történő kezelésének hatására, a 24 órás bendőbeli inkubálás során, az egész szemű zab szárazanyagának lebonthatósága 61, illetve 68% volt. A héj nélküli, illetve az őrölt zab szárazanyagának lebonthatósága nagyobb volt (85%), mint amikor az egész szemű zabot kezelték NaOH-dal (61-68%), illetve ammóniával (30%). Az őrlés utáni NaOH-os kezelés szintén csökkentette a bendőbeli degradabilitást.

Robinson és Kennelly (1988, 1989) nagy nedvességtartalmú árpának ammóniával történő kezelésekor (0,63; 1,3 és 1,95 g ammónia/100g árpa) azt figyelték meg, hogy a kezelés csökkentette a bendőbeli lebonthatóságot

anélkül, hogy az árpa táplálóanyagainak a teljes emésztőrendszerben mért emészthetősége romlott volna. A kezelés csökkentette a keményítő bendőbeli degradabilitását is. *Mandell és mtsai* (1988) azt találták, hogy az egész szemű árpának ammóniával történő kezelése a lapkázáshoz képest nagyobb mértékben csökkenti a szárazanyag bendőbeli lebonthatóságát és kedvezően befolyásolja a vékonybélbeli emészthetőséget is. *McCarthy és mtsai* (1989), valamint *Okine és Kennelly* (1994) szerint kukoricára, valamint ammóniával kezelt nedves árpára alapozott takarmányozás esetén naponta akár 3-5 kg keményítő is eljuthat a vékonybélbe. *Kaiser* (1999) véleménye szerint a gabonamagvak ammóniával történő kezelése egyszerűbben elvégezhető a NaOH-os kezelésnél. Ugyanakkor *Mandell és mtsai* (1988) a hizóbikák takarmányfogyasztásának csökkenését figyelték meg ammóniával kezelt árpa etetésekor.

Formaldehiddel végzett kezeléssel az irodalmi adatok szerint csökkenteni lehet a különböző takarmányok fehérjéjének bendőbeli lebonthatóságát, ezért *Fluharty és Loerch* (1989) feltételezték, hogy a gabonamagvak keményítőjének degradabilitását szintén mérsékelni lehet formaldehid használatával. A feltételezés helyesnek bizonyult, ugyanis *Fluharty és Loerch* (1989), valamint *McAllister és mtsai* (1990) formaldehiddel végzett kezeléssel sikeresen csökkentették a keményítő bendőbeli degradabilitását. A kísérletben a kukorica keményítő bendőbeli degradabilitása a juhoknál az 1%-os, továbbá a 2%-os formaldehid dózis hatására 30%-kal, illetve 41,5%-kal csökkent és a kezelés nem befolyásolta a teljes emésztőrendszerben mért emészthetőséget (*Fluharty és Loerch*, 1989). Egy másik vizsgálatban (*Oke és Loerch*, 1991) a kukorica

formaldehiddel végzett kezelése 38%-kal mérsékelte a keményítő bendőbeli lebomlását és növekedett a keményítő vékonybélbeli emészthetősége. A teljes emésztőrendszerre vonatkozó emészthetőség ebben az esetben sem változott. *McAllister és mtsai* (1990) szerint a formaldehid kedvező hatása az endospermiumot körülvevő fehérjemátrix emészthetőségének csökkenésére vezethető vissza, ami megakadályozza, hogy a bendőmikrobák hozzáférjenek a keményítőszemcsékhez. *Kent* (1975) szerint az aldehidek (pl. formaldehid, glutáraldehid) kovalens kötést alakíthatnak ki a szabad amino-csoportokkal, így a kezelés hatására csökken a fehérje és ennek eredményeként a keményítő bendőbeli lebomlása. *Morgan és mtsai* (1989) szerint az árpa formaldehides kezelésekor az oltógyomorba jutó keményítő mennyisége nem változik, de a kezelt takarmányadag etetésekor nő a posztruminálisan emészthető fehérje mennyisége. A formaldehiddel végzett kezelésnek a kukorica és az árpa keményítőjének bendőbeli lebonthatóságára gyakorolt eltérő hatása azzal lehet kapcsolatban, hogy a kukorica keményítőszemcséi jobban beágyazódnak a mátrixban, mint az árpáé (*McAllister és mtsai*, 1990).

Oke és Loerch (1989), illetve *Oke és mtsai* (1991) kísérletében a kukorica formaldehiddel végzett kezelése megnövelte a vékonybélbe jutó keményítő mennyiségét. Ezzel ellentétben *Ortega-Cerilla és mtsainak* (1999a és b) kísérletében a formaldehiddel (10, 20 és 30 g/kg) végzett kezelés az árpa esetében eredménytelen volt, a kezelés ugyanis nem növelte meg jelentősen a vékonybélbe jutó keményítő mennyiségét, bár a 30 g/kg-os dózissal sikerült csökkenteni a keményítő bendőbeli lebonthatóságát. A két kísérlet eredményeiben fennálló eltérés valószínű oka – mint azt a

korábbiakban már említettük – a keményítőszemcsék eltérő beágyazódása lehet (*McAllister és mtsai*, 1990), de feltételezhető az is, hogy a formaldehides kezelés eltérő hatást fejt ki a különböző mikrobafajokra, illetve a keményítőbontó enzimek aktivitására, amelyek a kukorica és az árpa emésztésében szerepet játszanak (*Theurer*, 1986; *McAllister és mtsai*, 1993).

Az árpa glutáraldehiddel történő kezelésekor szintén csökkent a szárazanyag és a keményítő bendőbeli lebonthatósága, de a 30 g/kg-os dózis alatt a szóban forgó kémiai szernek csak nagyon mérsékelt hatását tudták megfigyelni (*Ortega-Cerilla és mtsai*, 1999b). Az említett szerzők azt is megállapították, hogy a glutáraldehiddel végzett kezelés a formaldehidhez képest kisebb hatékonyságú.

Eredménytelenek voltak azok a kísérletek, amelyekben glioxállal, propán-aldehiddel, illetve tannal történő kezeléssel kívánták a keményítő bendőbeli lebonthatóságát mérsékelni (*Okine és Kennelly*, 1994).

2.4.3.2.1. A nátronlúg és a formaldehid hatása a bendőfermentációra

Azon kísérletek közül, amelyekben a takarmányok keményítőjének bendőbeli lebonthatóságát nátronlúggal, vagy valamilyen aldehiddel végzett kezeléssel kívánták csökkenteni, csak kevésben vizsgálták az említett kezeléseknél a bendőfermentációra gyakorolt hatását.

Demeterova és Vajda (1998) leírták, hogy a búza NaOH-os kezelése nem befolyásolja negatívan a bendőfermentációt. *McNiven és mtsai* (1995) szerint az árpa NaOH-dal történő kezelésének csekély hatása van a bendő összes illózsírsav termelésére. A nátronlúg hatására a bendőfolyadék

csak az izovaleriánsav-koncentráció csökkent szignifikáns mértékben. A kísérletben az NH_3 -koncentráció nem változott, ugyanakkor a NaOH-os kezelés hatására bendőfolyadék kémhatása – nem szignifikáns mértékben – a kezeletlen kontrollhoz képest kismértékben növekedett. Az említett hatásokon túlmenően azt is megfigyelték, hogy a nátronlúggal végzett kezelés javította a nyersrost bendőbeli emészthetőségét. *Ørskov* és *Greenhalgh* (1977) megállapították, hogy az egész szemű árpa nátronlúggal történő kezelésének hatására mérséklődik a bendőfolyadék kémhatásának ingadozása. *Ortega-Cerilla* és *mtsai* (1999a) juhokkal és szarvasmarhákkal végzett kísérletében az árpa formaldehiddel történő kezelése nem befolyásolta szignifikáns mértékben a bendőfolyadék pH-ját és ammónia-tartalmát, továbbá a legfontosabb rövid szénláncú zsírsavak (ecetsav, propionsav, vajsav) moláris arányát sem.

Azoknak a kísérleteknek az eredményeiből, amelyekben az aldehidekkel történő kezelésnek a célja a fehérje bendőbeli lebonthatóságának a csökkentése volt, tudjuk, hogy az aldehidek bendőfermentációra, továbbá a fehérje posztruminális emészthetőségére gyakorolt hatása dóziszfüggő. Az aldehidekkel végzett kezelés nem rontja érdemben a bendőfermentációt, valamint a fehérje posztruminális emészthetőségét, ha dózisa nem haladja meg a nyersfehérje-tartalom 3%-át (*González* és *mtsai*, 2000; *Manterola* és *mtsai*, 2000; *Yalçın* és *mtsai*, 2001; *Wacyk* és *mtsai*, 2001).

2.5. A keményítő lebomlása a vékonybélben

2.5.1. A keményítő vékonybélbeli emészthetőségét befolyásoló tényezők

A keményítő a vékonybélben, a hasnyálmirigyben termelődő α -amiláz tevékenysége folytán dextrinen keresztül maltózig bomlik. A lebontást a vékonybél nyálkahártyájának mirigyeiben termelődő maltáz fejezi be azzal, hogy a maltózt két glükóz molekulára hasítja. Az amilopektin rész hidrolízise az izomaltáz hatására következik be, mivel a hasnyálmirigy eredetű amiláznak nincs α -1-6 glükozidos aktivitása (Siddons, 1968). Az α -amiláz pH optimuma 6,9 (Wheeler és Noller, 1977), amely érték alatt már akár 0,5 egységgel is, kb. 20%-kal csökkenhet az α -amiláz aktivitása (Owens és mtsai, 1986). A maltáznak 5,8 pH-án, míg az izomaltáznak 6,0-6,2 pH-értéken van az optimuma és legnagyobb aktivitásuk a duodénumban figyelhető meg. Összességében azonban, utóbbi enzimek aktivitása a kérődzők esetében meglehetősen alacsony (Nocek és Tamminga, 1991).

Általános vélemény (Leng, 1981; Owens és mtsai, 1986; Mcdonald és mtsai, 1995; Boss és Bowman, 1996; Huntington, 1997; Lebzien és mtsai, 2002), hogy a keményítő vékonybélbeli lebontása energetikailag kedvezőbb, mint a bendőben, valamint a vastagbélben zajló mikrobás fermentáció. A keményítő vékonybélben történő lebontásakor 33-42%-kal több nettó energia áll az állat rendelkezésre, mint amikor a keményítő a bendőben zajló fermentáció útján bomlik le (Owens és mtsai, 1986; Merchen és mtsai, 1997). Leng (1981) számításai alapján a szénhidrátok posztruminális hasznosulása esetén 11-30 %-kal több energia áll az állatok

rendelkezésre a bendőbeli fermentációhoz képest. *Huntington* (1997) szerint a keményítő vékonybélbeli lebontásakor az energetikai hatékonyság 85%, míg mikrobás lebontás során mindössze 45%. A keményítő vékonybélbeli lebomlása azért is kedvezőbb, mert amíg az közvetlenül glükózt biztosít a tehén számára, addig a mikrobás fermentáció termékei közül csak a propionsav szolgáltat a glükoneogenezisen keresztül glükózt a gazdaállatnak (*Ørskov és mtsai*, 1969; *Tyrell és Moe*, 1974).

Egyes vizsgálatok adatai szerint (*Herrera-Saldana és Huber*, 1989; *McCarthy és mtsai*, 1989; *Aldrich és mtsai*, 1993) nagy keményítőtartalmú takarmányadagok etetésekor akár 1-5 kg keményítő is továbbjuthat az emésztőrendszer posztruminális szakaszába. *Owens és mtsai* (1986) megállapították, hogy az elfogyasztott keményítő 18-42 %-a jut a vékonybélbe és ottani emészthetősége 47-88% között van (a lineáris regresszió alapján átlagosan 55 %-os emészthetőséggel lehet számolni). *Nocek és Tamminga* (1991) búzával végzett in sacco vizsgálatai szerint az elfogyasztott keményítőnek kb. 7-14%-a jut a vékonybélbe. *Flachowsky és Lebzien* (1997) modellszámítása szerint napi 4800 g búzakeményítő etetésekor a keményítő 90%-a lebomlik a bendőben és a felvett mennyiségnek 9%-a a vékonybélben emészthető meg. Ugyanakkor *Theurer* (1986) arra a megállapításra jutott, hogy az elfogyasztott gabonamagvak keményítőjének a gabonamagvak típusától és a különféle feldolgozási eljárástól, stb. függően akár 60%-a juthat a vékonybélbe. Az újabb irodalmi adatok szerint (*Streeter és mtsai*, 1989; *Hill és mtsai*, 1991; *Knowlton és mtsai*, 1998) a felvett keményítőnek átlagosan 5-20%-a posztruminálisan emészthető meg és ennek legnagyobb része a vékonybélben történik.

Vearasilp (1986) és *Schuldt* (1989) (cit. *Matthé*, 2003) adatai azt mutatják, hogy a vékonybélbe jutó búza-, zab-, árpa- és rozskeményítő 71,8-85,4%-a ott emésztődik meg, míg a kukoricakeményítő esetében ez a hányad mindösszesen 52%.

Mindezek alapján megállapítható, hogy az irodalmi adatok a vékonybélben emészthető keményítő mennyiségére vonatkozóan meglehetősen ellentmondásosak és hiányosak. Ugyanakkor, a források többsége azon a véleményen van, hogy a bypass keményítő mennyiségének növekedésével arányosan csökken a vékonybélbeli emészthetőség (*Matthé*, 2003). *Weiss* (2000) 1,0-1,5 kg keményítőt tart a vékonybélben lebonthatónak. Ugyanakkor *Reynolds* és *mtsai* (1997) szerint a tejelő tehének naponta akár 2,4 kg keményítőt is képesek megemészteni. *Brandt* és *mtsai* (1986) kísérletében 3,9 kg kukoricakeményítő etetésekor 1050 g keményítő emésztődött meg a vékonybélben, 500 g pedig továbbhaladt a vastagbélbe. *Lebzien* és *mtsai* (2002) szerint a vékonybélben történő keményítő lebontás csak addig hasznosul energetikailag kedvezőbben, amíg a vékonybélbe jutó keményítő mennyisége nem több napi 1,8 kg-nál. Ennél nagyobb mennyiségű bypass keményítő esetében romlik a keményítő posztruminális emészthetősége. Amikor a vékonybélbe naponta 1,2 kg bypass keményítő jut, annak posztruminális emészthetősége 68%. Amennyiben a bypass keményítő mennyisége napi 2,0 kg-ra nő, emészthetősége 40%-ra csökken. A vékonybélben nem emésztődő keményítő a vastagbélben mikrobás úton mintegy 50%-os energiavesztéssel bomlik le. Tekintettel arra, hogy a posztruminális keményítő lebontás két különböző módja (vékonybélbeli és a vastagbélbeli

mikrobás fermentáció) során előálló veszteségeket nehéz pontosan megállapítani, a bypass keményítő optimális adagját 1,5 kg-ban adják meg. *Matthé és mtsai* (2001) az általuk végzett modell számítások eredményei alapján a naponta javasolt bypass keményítő mennyiségét szintén 1,3-1,8 kg közé teszik. Kísérleti eredményeik arra is felhívják a figyelmet, hogy a kukorica keményítője – a teljes emésztőrendszerben mérve – kismértékben rosszabbul emésztődik, mint a búza keményítője. Egy másik kísérletükben *Matthé és mtsai* (2003) hosszabb ideig tartó (35-42 napos) adaptációs szakaszt követően végezték el vizsgálataikat és megállapították, hogy a keményítőben gazdag takarmányadag hatására csökkent a keményítő vékonybélbeli emészthetősége, amit a vastagbélben folyó mikrobás tevékenység sem tudott teljesen kompenzálni. A kukoricában és a búzában gazdag adag keményítője 16,4%-kal (kukoricakeményítő), illetve 18,1%-kal (búzakeményítő) rosszabbul emésztődött, mint a kevesebb keményítőt tartalmazó takarmányadagé. A hosszabb adaptációs periódusnak kismértékű, de szignifikáns hatása volt a keményítő teljes emésztőrendszerben mért emészthetőségére.

Összefoglalóan megállapítható, hogy igen eltérő a megítélés abban a tekintetben, hogy mennyi keményítőt érdemes a vékonybélbe juttatni, ugyanis egyes irodalmi adatok szerint, a vékonybélben lebontható keményítő mennyisége korlátozott (*Ørskov*, 1986; *Owens és mtsai*, 1986; *Streeter és mtsai*, 1990; *Huntington*, 1997; *Matthé és mtsai*, 2001). Ez abban jut kifejezésre, hogy növekvő keményítő felvétel esetén a vékonybélben megemésztett keményítő mennyisége egy maximum eléréséig nő, majd ezt követően akár jelentősen is visszaeshet (*Karr és mtsai*, 1966). Ennek oka

lehet a keményítőbontó enzimek (amiláz, maltáz, izomaltáz) alacsony aktivitása (Karr és mtsai, 1966; Owens és mtsai, 1986, Combe és Smith, 1973, ill. 1974), továbbá a korlátozott glükózfelszívódás (Ørskov, 1986; Owens és mtsai, 1986; Kreikemeier és mtsai, 1991). Problémát okozhat az is, hogy nem áll rendelkezésre elegendő idő a keményítő megfelelő hidrolíziséhez, illetve, hogy kicsi az enzimek számára hozzáférhető keményítőfelület (Owens és mtsai, 1986). Ugyanakkor Okine és Kennelly (2003) szerint a korai vizsgálatok azért feltételeztek kis emészthetőséget a vékonybélben (mindössze 100-200 g keményítő/nap), mivel a portális vér glükóztartalma alacsony volt.

Schwartz és mtsai (1996) jávorszarvasok és hízóbikák α -amiláz termelését összehasonlítva, a bikákét kisebbnek találták, ezért véleményük szerint a keményítő nem kielégítő vékonybélbeli lebomlásának szarvasmarhák esetében oka lehet a kisebb amiláz termelés. Ezzel ellentétben Kreikemeier és mtsai (1990) szerint a hasnyálmirigy amiláz termelése nem limitálja a keményítő vékonybélbeli lebomlását, az amiláz termelést ugyanis a takarmányozás (ezen belül is az energiafelvétel) jelentősen befolyásolhatja. Borjakkal végzett kísérletükben igazolták, hogy a takarmányfelvétel növelése fokozta az α -amiláz termelést. Janes és mtsainak (1985a), illetve Remillard és mtsainak (1990) is az a véleménye, hogy a keményítő vékonybélben történő lebomlása során nem az α -amiláz mennyisége az első limitáló tényező, mivel utóbbi szerzők szerint, a szarvasmarha amiláz termelése, illetve a vékonybél maltáz és izomaltáz termelése adaptálódik a keményítő felvételhez. Janes és mtsai (1985a) juhokkal végzett kísérletükben megállapították, hogy a hasnyálmirigy

eredetű α -amiláz aktivitás 34%-kal növekszik a kukorica alapú takarmányadagot fogyasztó állatokban, a fű alapú takarmányozáshoz képest. Hasonló megállapításra jutottak *Clary* és *mtsai* (1969) is ökrökkel végzett vizsgálataikban.

Katoh és *Yajma* (1989) *in vitro* vizsgálati eredményei szerint, a rövid szénláncú zsírsavak (főleg a vajsav és az izovaleriánsav) stimulálják a hasnyálmirigy amiláz termelését. *Fushiki* és *Iwai* (1989) hipotézise arra hívja fel a figyelmet, hogy a kolecisztokinin-pankreoizimin peptidnek (CCK-realisering peptid) amiláz termelést stimuláló hatása van, amelynek segítségével a szervezet befolyásolhatja az amiláz termelést.

Érdemes megemlíteni, hogy a hasnyálmirigy amiláz kiválasztását fokozni lehet a vékonybélbe jutó fehérje mennyiségének növelésével is (*Johnson* és *mtsai*, 1977). *Huntington* (1997) elképzelhetőnek tartja, hogy a takarmányadag növekvő fehérjetartalma fokozza a keményítő posztruminális emészthetőségét. Az amiláz aktivitás fokozódását (a CCK hatásán keresztül) magas (17,4% nyersfehérje, tömegtakarmány alapú) és alacsony (14,9% nyersfehérje, gabonamag alapú) fehérje-tartalmú adagoknál *Okine* és *Kennelly* (2003) vizsgálatai is igazolták.

Kreikemeier és *mtsai* (1991) szerint nem a keményítő vékonybélbeli lebomlása, hanem a glükóz felszívódás nem kielégítő mértékű. Erre abból következtetnek, hogy a kísérletek egy részében a vékonybélbe jutó nagyobb mennyiségű, elméletileg emészthető keményítő ellenére sem tudtak a *vena portae-ból* vett vérben több glükózt kimutatni. Ennek feltehetőleg az lehet az oka, hogy a glükóz a bélcső szöveteit alkotó sejtek anyagcseréjében hasznosul. Ezt támasztják alá *Okine* és *Kennelly* (2003) vizsgálati

eredményei, amelyek szerint a felszívódó glükóz 45-88%-ban a vékonybél szöveteit alkotó sejtek energiaellátását biztosította és csak csekély mennyiségben került a portális vérkeringésbe. Felmerül a kérdés, hogyan elégítik ki az energiaszükségletüket a sejtek akkor, ha alacsony keményítőtartalmú takarmányadagokat etetnek? A szerzők szerint ilyenkor az intesztinális energiaszükséglet is kisebb, illetve abban az esetben, ha a glükózfelszívódás korlátozott a vékonybélben, úgy a bélső szöveteit alkotó sejtek energiaigényét a vérből származó glükóz biztosítja.

Utalni kell arra a lehetőségre is, hogy a glükóz felszívódás mértékét a bélhámsejtek membránjának két oldalán kialakuló glükóz grádiens is befolyásolja. Így elképzelhető, hogy a glükóz foszforiláció (az egyik oldalon) és a defoszforiláció (a másik oldalon) korlátozott mértéke limitálhatja a grádiens kialakulását és ezzel további glükóz molekulák átjutását a membránon. Minthogy az említett folyamatok ugyancsak energiaigényesek, a felszívódó glükóz egy része ilyen célokra is hasznosulhat.

2.5.2. Az infúziós kísérletek eredményei

2.5.2.1. Keményítővel végzett infúziós tanulmányok

Azok a kísérletek, amelyekben keményítőt, vagy glükózt jutattak az oltógyomorba, továbbá a vékonybélbe és ezt követően vizsgálták a kérődzők szénhidrát emésztését és anyagcseréjét, vagy termelését, egymásnak több tekintetben ellentmondó eredménnyel zárultak. Ez *Nocek* és *Tammaing* (1991) véleménye szerint egyrészt azzal magyarázható, hogy

a rövid ideig tartó infúziós vizsgálatokban nincs elegendő idő arra, hogy a szervezet a többlet keményítő bevitelhez alkalmazkodjon. Másrészt azzal a ténnyel függ össze, hogy a kísérletekben résztvevő állatok takarmányadagjának keményítőtartalma, valamint a keményítő bendőbeli lebonthatósága eltérő volt.

Walker és *Harmon* (1995) keményítőt infundáltak ökrök oltógyomrába, aminek hatására nőtt az állatok amidáz termelése és növekedett a *vena portae*-ban mért glükózkoncentráció. *Reynolds* és *mtsai* (2001) a laktáció korai szakaszában lévő tehenekkel végzett kísérleteik során 700, 1400, illetve 2100 g kukoricakeményítőt jutattak közvetlenül a tehenek duodenumába, aminek eredményeként javult a tehenek tejtermelése. A kedvező hatás csak akkor jelentkezett, ha a keményítő mennyisége meghaladta a napi 1,5 kg-ot. Ugyanakkor a keményítő nem emésztődött meg teljesen a vékonybélben, hanem részben a vastagbél mikrobás folyamataiban hasznosult. Ez utóbbit igazolja a látszólagos fehérje emészthetőség romlása. Csökkent viszont a kísérletben a tej zsírtartalma, aminek oka a glükóz felszívódás növekedése és az inzulin szekréció javulása lehetett.

2.5.2.2. Glükózzal és propionsavval végzett infúziós tanulmányok

A glükóz infúzióknak a vizsgálatok egy részében (*Clark* és *mtsai*, 1977; *Lemosquet* és *mtsai*, 1997; *Hurtaud* és *mtsai*, 1998a) nem volt hatása a tejhozamra, míg más esetekben a tejtermelés növekedését (*Vik-Mo* és *mtsai*, 1974; *Frobish* és *Davis*, 1977), vagy csökkenését (*Whitelaw* és *mtsai*,

1986; *Lemosquet és mtsai*; 1997; *Oldick és mtsai*, 1997) írták le. A posztruminális glükózinfúzió a legtöbb esetben szignifikánsan csökkentette a tej zsírtartalmát (*Vik-Mo és mtsai*, 1974; *Frobish és Davis*, 1977; *Ørskov és mtsai*, 1977; *Dhiman és mtsai*, 1993; *Hurtaud és mtsai*, 1998b). A propionsavval végzett infúziós kísérletekben szintén ellentmondó eredményeket kaptak (*Holter és mtsai*, 1972; *Chalmers és mtsai*, 1980; *Hurtaud és mtsai*, 1993).

Lemosquet és mtsai (1997) naponta 1,5 kg glükózt jutattak a tehenek duodenumába. A tejtermelés nem javult, bár a vérplazma glükóztartalma növekedett. A tej zsírtartalma ebben a kísérletben is csökkent. *Hurtaud és mtsai* (1998a) silókukorica szilázsra alapozott takarmányadag etetésekor, a tehenek duodenumába naponta 500, 750 és 1500 g glükózt adagoltak, amelynek hatására a tejtermelés nem növekedett.

A propionsav önmagában történő adagolásakor a tejtermelés és a tej zsírtartalma csökkent, a tej fehérjetartalma ugyanakkor nem változott (*Hurtaud és mtsai*, 1993). Egy másik kísérletben *Hurtaud és mtsai* (1998b) propionsavat és glükózt adagoltak a tehenek duodenumába. A kontroll csoporthoz képest csökkent a tejtermelés és a tej zsírtartalma, ugyanakkor növekedett a tej fehérjetartalma. Amikor a propionát és a glükóz mellett részlegesen hidrolizált keményítőt is jutattak a duodenumba az eredmény annyiban módosult, hogy a tej fehérjetartalmának növekedése kifejezettebbé vált (*Hurtaud és Rulquin*, 1999).

A tárgyalt kísérletek csaknem mindegyikében növekedett a tej fehérjetartalma, ami arra utal, hogy a kiegészítések glükóztartalma, de legalábbis annak egy része hasznosult az anyagcserében, aminek

eredményeképpen a szervezet kevesebb aminosavat kényszerült a glükoneogenezis útján a szervezet glükózigényének kielégítése céljára felhasználni. Ezt a feltevést számos szerző (*Judson és Leng, 1973; Clark és mtsai, 1977; Janes és mtsai, 1985b*) kísérletei is alátámasztják, melyek során a növekvő glükózfelszívódás esetén a glükoneogenezis csökkenését figyelték meg.

Lényegesen kedvezőbb eredményeket értek el azokban a kísérletekben, amelyekben a tehenek fűszilázs alapú takarmányadagot fogyasztottak. *Hurtaud és mtsai (2000)* arról számolnak be, hogy fűszilázs etetésekor a duodenumba adagolt napi 0-2250 g glükóz egyértelműen (+1,6-2,4 kg/nap) növelte a tehenek tejtermelését. Ugyancsak kedvező hatású volt, amikor *Rigout és mtsai (2002)* naponta 443, 963 és 2398 g glükózt adagoltak a tehenek duodenumába. A kiegészítés hatására lineárisan növekedett a vérplazma glükóztartalma, nőtt a tejtermelés, valamint a napi tejjel ürülő lakóz mennyisége is. Az utóbbi két kísérlet kedvező eredményei minden valószínűség szerint azzal állnak összefüggésben, hogy fűszilázs etetésekor a silókukoricához képest lényegesen kevesebb keményítő jut a duodenumba. Érdemes megemlíteni azt is, hogy az említett vérplazma glükóztartalom növekedés eredményeként javul a szervezet glükózellátottsága, aminek következtében a laktáció korai szakaszában mutakozó anyagcserezavarok (ketózis, zsírmájzindróma) kialakulásának esélye jelentősen csökkenhet.

A különböző infúziós tanulmányok eredményeinek értékelésekor az is fontos szempont, hogy a kiegészítés hatására milyen mértékben javul a tejelő tehenek energiaellátása. Nevezetesen azokban a kísérletekben,

amelyekben lényegesen javult az energiaellátás, nőtt a tehenek tejtermelése is (*Vik-Mo és mtsai*, 1974; *Frobish és mtsai*, 1977), míg megfelelő energiaellátás esetén a kiegészítések nem befolyásolták az állatok teljesítményét (*Lemosquet és mtsai*, 1997; *Hurtaud és mtsai*, 1998a).

2.6. A keményítő fermentációja a vastagbélben

Az irodalmi adatok szerint (*Theurer*, 1986; *Mills és mtsai*, 1999) a teljes keményítőemésztés kb. 2-11%-a a vastagbélben történik. A vastagbélbe jutó keményítő hasonló mikrobás fermentáción megy keresztül, mint az előgyomrokban. A vastagbélben folyó fermentáció legfőbb helye a vakbél, amelynek eredményeként rövid szénláncú zsírsavak (SCFA) képződnek, amelyek a bélfalon keresztül felszívódva energiaforrást jelentenek a kérődző állatok számára. A rövid szénláncú zsírsavak mellett az itt termelődő mikrobafehérje azonban már nem képes hasznosulni, mivel a vastagbélben nem folyik enzimes emésztés. *Karr és mtsai* (1966), továbbá *Ørskov és mtsai* (1969) szerint, amennyiben a takarmányadag döntően kukoricát tartalmaz és intenzív takarmányozást folytatnak, úgy jelentős lehet a keményítővesztés mértéke, mivel a kukoricakeményítő nem fermentálódik tökéletesen a vastagbélben.

Ørskov és mtsai (1970) fűszéna alapú takarmányozás mellett 300 g keményítőt juttattak a juhok vakbélbe, amelyből 138 g hasznosult, ami igazolja, hogy bár a vastagbélben folyó fermentáció korlátozott, de fontos szerepet játszik az emésztés folyamatában.

A nagy tejtermelésű tehenek esetében kevés adat áll arra vonatkozóan rendelkezésre, hogy a vastagbélbe jutó keményítőnek milyen mértékű a hasznosulása. *Owens és mtsai* (1986) adatai szerint a vastagbélbe jutó keményítő emészthetősége 33-62% közötti, amit a takarmány szemcsemérete, valamint a feldolgozás típusa és foka befolyásol a legnagyobb mértékben. *Knowlton és mtsai* (1998) a kis nedvességtartalmú örölt kukoricát fogyasztó tehenekben nagyobb duodenális és ileális keményítő áthaladási sebességet állapítottak meg, mint nagy nedvességtartalmú kukorica etetésekor. A kísérletben az elfogyasztott szárított kukorica keményítőtartalmának 23%-a hasznosult a vastagbélben, míg a bélsárral ürülő nitrogén mennyisége 11%-kal volt nagyobb, mint amikor nagy nedvességtartalmú kukoricát etettek.

A vastagbélben folyó rostemésztésre ugyancsak lehet hatása a keményítőnek. *Meijer és mtsai* (1999) kísérletében ugyanis az ileumba adagolt 500 g keményítő negatív hatású volt az NDF emészthetőségére.

2.7. A keményítőhasznosításra vonatkozó takarmányozási kísérletek kérdőjelekben

2.7.1. Különböző keményítőforrásokkal végzett vizsgálatok

Az irodalomban viszonylag kevés olyan kísérleti beszámoló található, amelyben az eltérő bendőbeli lebonthatóságú keményítőt tartalmazó takarmányoknak a tejtermelésre gyakorolt hatását vizsgálták. *Nocek és Tamminga* (1991) véleménye szerint, a rendelkezésre álló kísérleti eredmények alapján nem dönthető el egyértelműen, hogy a vékonybélbe

jutó keményítő mennyiségének növelése javítja-e a tehenek tejtermelését, illetve a tej összetételét.

Tyrrell és Moe (1974) megállapították, hogy a 49% kukoricadarát, illetve árpadarát tartalmazó takarmányadaggal etetett tejelő tehenek közül a metabolizálható energia transzformációs hatásfoka (k_1) nagyobb volt a kukoricával takarmányozott tehenek esetében. *Daenicke és mtsai (1997)* kísérletében a kukorica alapú abrakkeveréket fogyasztó tehenek mindössze 0,7 kg FCM tejjel termeltek többet, mint amelyek abrakkeveréke árpát tartalmazott, holott az elméleti számítások alapján 1,6 kg FCM többlettermelés volt várható. Egyes takarmányozási kísérletekben (*Owens és mtsai, 1986; Theurer és mtsai, 1999a*) kedvezőbb termelési eredményeket értek el olyan keményítőforrások etetésekor, amelyeknél valamilyen eljárással (pl. fizikai kezelés) a bendőbeli emészthetőség növelésére törekedtek. Ennek oka lehet, hogy a kezelések hatására javult a keményítő emészthetősége, növekedett a mikrobiális fehérjeszintézis. Más eredmények szerint, a keményítő bendőbeli lebonthatóságának növelése nem volt hatással a tehenek tejtermelésére (*Mitzner és mtsai, 1994; Oliveira és mtsai, 1995*), vagy csökkentette az állatok termelését (*McCarthy és mtsai, 1989; Aldrich és mtsai, 1993*). Azokban a kísérletekben, amelyekben a tehenek abrakkeverékében a kisebb bendőbeli lebonthatóságú keményítőt tartalmazó kukorica, vagy a bendőben jól lebomló árpa, illetve búza szerepelt nagyobb hányadban, legtöbbször (8 kísérletből 6-ban) azon csoportoknak volt nagyobb a tejtermelése, amelyek abrakkeveréke kukoricát tartalmazott. Így *Sutton és mtsai (1980), De Peters és Taylor (1985), Caspers és Schingoethe (1989), Weiss és mtsai (1989), Abel és mtsai (1992), Daenicke és mtsai*

(1997) kísérletében a kukoricát fogyasztó tehenek napi FCM tejtermelése átlagosan 1,2 kg-mal volt nagyobb az árpát, vagy búzát fogyasztókénál. *Tommervik és Walden* (1969), valamint *De Visser és mtsai* (1990) vizsgálataiban ezzel szemben a kukoricát, illetve az ugyancsak kis bendőbeli degradabilitású cirkot fogyasztó tehenek tejtermelése volt kisebb, bár a különbség mindössze 0,6 kg/nap/állat volt az árpát fogyasztó tehenek javára. *Khorasani és mtsai* (2001) viszont arra a következtetésre jutottak, hogy a termelési paraméterek akkor optimálisak, ha a tejelő tehenek takarmányadagjában a laktáció korai szakaszában az árpa és a kukorica aránya 50:50 százalék.

2.7.2. Nátronlúggal végzett vizsgálatok

A hozzáférhető irodalmi forrásokban ugyancsak kevés adat áll rendelkezésre arra vonatkozóan, hogy a különböző kémiai kezelésben részesített gabonamagvak hogyan befolyásolják a tejelő tehenek teljesítményét. Így pl. nem növekedett a kísérleti csoport tejtermelése abban a vizsgálatban, amelyben *Daenicke és Lebzien* (1995) a kísérleti csoporttal abrak gyanánt NaOH-dal kezelt búzát, a kontroll csoporttal pedig kezeletlen búzát etetett. A NaOH-dal kezelt búza még nagy adagban (7,74 kg/nap/tehen) etetve sem befolyásolta károsan az állatok egészségét. *Demeterova és Vajda* (2000) a 3% NaOH-dal kezelt búzának a vérplazma néhány jellemzőjére, a sav-bázis egyensúlyra és a tej összetételére gyakorolt hatását vizsgálták. A napi 2 kg, NaOH-dal kezelt búza etetésekor a vérplazma karbamid-, glükóz-, NEFA- és ecetsav koncentrációja csökkent,

ugyanakkor az összes fehérje, és zsír-, továbbá a trigliceridek, a tejsav, a béta-hidroxi-vajsav, valamint a vajsavmennyisége a kontroll csoporthoz képest növekedett a vérplazmában. Az utóbb említett szerzők azt is megállapították, hogy a kezeletlen őrölt búzához képest a nátronlúgos kezelés kedvezően befolyásolta a sav-bázis egyensúlyt, aminek eredményeként a metabolikus eredetű acidózis tünetei kisebb mértékben fordultak elő. A NaOH-dal kezelt gabonamagnak nem volt szignifikáns hatása a tej fehérje- és zsírtartalmára. *Mayne és Doherty* (1996) kísérletében a NaOH-dal kezelt búzát tartalmazó abrakkeverék etetésekor – *Demeterova és Vajda* (2000) eredményeivel ellentétben – csökkent a vérplazma β -hidroxi-vajsav tartalma, ami feltehetően az állatok kedvezőbb glükózellátásának volt a következménye.

Bettenay (1980) kísérletében a NaOH-dal kezelt és az őrölt árpa etetésekor azonos volt a csoportok tejtermelése. *McNiven és mtsai* (1995) ezzel szemben arról számolnak be, hogy a NaOH-dal kezelt árpa rontotta a tehének takarmányfogyasztását, aminek következtében csökkent a tejtermelés, továbbá a tej fehérje- és zsírtartalma. Utóbbi szerzők szerint a tej fehérjetartalmának mérséklődése a kazein-frakció csökkenésére volt visszavezethető, ugyanakkor nem egyértelmű, hogy ennek a NaOH-os kezelés, vagy az alacsonyabb takarmányfelvétel volt az oka.

Moran (1986) viszont azt találta kísérletében, hogy a 4,5% NaOH-dal kezelt zab etetésének hatására növekedett a tejelő tehének szárazanyag-felvétele, továbbá a tej zsír- és fehérjetartalma az egész szemű, illetve az őrölt zabot fogyasztó állatokhoz képest.

3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1. A kísérletek célkitűzése

Az irodalmi áttekintésből megállapítható, hogy a nagy tejtermelésű tehének szénhidrát anyagcseréjéről még számos területen hiányosak az ismereteink. Ugyanakkor, magas színvonalú teljesítmény csak olyan egyedektől várható el, amelyek táplálóanyag-igényét minden tekintetben kielégítjük. Abban az esetben, ha a legfontosabb táplálóanyagok (energia, fehérje, aminosavak) megfelelő mennyiségben és arányban szerepelnek a napi takarmányadagban, úgy egyre inkább a glükózellátás limitálja a további tejtermelés növekedést. Meg kell jegyezni, hogy a tehének anyagcseréjében az energia-, a fehérje- és a szénhidrátellátás szorosan összefüggnek egymással, így amennyiben pl. nem megfelelő az energiaellátás, úgy önállóan a szénhidrát-anyagcsere javításával nem lehet többlet tejtermelést realizálni.

Felhasználva a *Takarmányozástani Tanszéken* több évtizede folyó védett fehérje- és -zsírkészítmények fejlesztésének tapasztalatait, kísérleteink során olyan eljárás(ok) kialakítását tűztük ki célul, amelyeknek segítségével az általunk vizsgált takarmányok keményítőjének bendőbeli lebomlása csökkenthető és ezáltal a tehének glükóz ellátása javítható.

Az irodalomban tárgyalt lehetőségek (fizikai, kémiai, esetleges kombinált fizikai+kémiai-eljárások) közül a kémiai kezeléseket választottuk a keményítő bendőbeli lebomlásának csökkentésére.

A kísérleti munka során a következőket kívántuk megállapítani:

- Milyen mértékben bomlik le a hazánkban termesztett gabonamagvak keményítője a bendőben?
- Van-e érdemi különbség a különböző kukoricafajták és hibridek keményítőjének bendőbeli lebomlásában?
- Csökkenthető-e a hazai takarmányozás gyakorlatában legfontosabbnak tekintett gabonamagvak (kukorica, búza, árpa, zab, rozs, cirok, tritikálé) keményítőtartalmának bendőbeli lebomlása NaOH-dal, NH₄OH-dal, formaldehiddel, glutáraldehiddel és glioxállal végzett kezelésekkel?
- Milyen hatást gyakorolnak a legjobbnak ítélt kezelések a bendőfermentáció fontosabb paramétereire?
- Az említett kémiai kezelések során melyik dózis alkalmazásakor jut a legtöbb posztruminálisan is emészthető keményítő a vékonybélbe?
- Növelhető-e a tejelő tehenek tejtermelése nátronlúggal kezelt egész szemű búza etetésével?
- Hogyan befolyásolja a védett szénhidrátkészítmény (nátronlúggal kezelt búza) a tej összetételét és a tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségét?

3.2. Anyag és módszer

3.2.1. Bendő-, duodenum- és ileocekális kanüllel ellátott állatokkal végzett modellkísérletek

3.2.1.1. A keményítő bendőbeli lebonthatóságának vizsgálata *in situ* eljárással

A különböző kémiai kezelések (NaOH, NH₄OH, glioxál, glutáraldehid, formaldehid) gabonamagvak keményítőjének bendőbeli lebonthatóságára gyakorolt hatását az *in situ* (in sacco) módszerrel vizsgáltuk. A bendő-, duodenum- és ileocekális kanüllel ellátott növendék állatokkal végzett modellvizsgálatokban minden esetben a gabonamagvak daráit használtuk. A kísérletek során használt NaOH koncentráció 2, 4, 6 és 8%, míg az NH₄OH koncentráció 1,5, 3 és 4,5% volt. A glioxál, a glutáraldehid és a formaldehid esetében az alkalmazott koncentrációt a vizsgált gabonamagvak nyersfehérje-tartalmától függően, a nyersfehérje 0,5, 1 és 2%-ában állapítottuk meg. A kísérletek során azért választottuk az említett koncentrációkat, mert a korábbi, a fehérjelebontás csökkentésére irányuló tanszéki vizsgálatokban az ennél nagyobb aldehid adagok már jelentősen csökkentették a különböző takarmányok fehérjéjének posztruminális emészthetőségét. Az *in situ* kísérletek során a vizsgált kémiai anyagokat mindig azonos mennyiségű vízzel (25 ml víz/100 g takarmány) jutattuk rá a darált takarmányokra. Ezt követően a mintákat 60°C-os szárítószekrényben a légszáraz állapot eléréséig szárítottuk.

Tekintettel arra, hogy egyes irodalmi adatok szerint (*Flachowsky és Lebzien, 1997*) a különböző kukoricafajták, illetve hibridek

keményítőtartalmának bendőbeli lebonthatósága számottevően eltérő lehet, a kukoricából 8 hibridet vontunk be a vizsgálatokba. Ezek a következők voltak:

Igen korai érésű: *Dekalb 355*

Korai érésű: *PR37M81, Asgrow 043, Dekalb 440*

Középérésű: *Colomba, PR36R10*

Késői érésű: *Florenzia, Dekalb 557*

A vizsgált fajtákat kisparcellás kísérletekben Mosonmagyaróvár körzetében termesztették. A mintavételre (5 minta/kukoricahibrid) a teljes érés állapotában került sor. A kukoricamintákat ugyancsak 60°C-os szárítószekrényben, a légszáraz állapot eléréséig szárítottuk.

Az *in situ* modellvizsgálatokat 3, míg a nagyüzemi kísérletben etetett egész szemű búzával kapcsolatos kísérletet 4, bendőkanüllel ellátott holstein-fríz tinóval végeztük. A zsákocskák 40 mikron porozitású Scrynel (*Zürcher Beuteltuchfabrik AG. Schweiz*) műanyag szövetből készültek, méretük 120 mm×60 mm volt. A zsákocskákba 2 g vizsgálandó anyagot mértünk be, így 1 cm² zsákocska felületre 13,89 mg anyag jutott. A különböző kukoricahibridek vizsgálatakor, valamint amikor a nátrium-hidroxidnak, az ammónium-hidroxidnak, illetve az aldehideknek (formaldehid, glutáraldehid, glioxál) a keményítő bendőbeli lebonthatóságára gyakorolt hatását kívántuk megállapítani, a vizsgálatokat 3 ismétlésben végeztük el. Egy-egy ismétlés alkalmával a vizsgált gabonafajtól, illetve annak várható bendőbeli lebonthatóságától függően – amit előzetes kísérletben határoztunk meg – 5-12 zsákocskát helyeztünk a

fisztulán keresztül a bendőbe. A NaOH-dal és a formaldehiddal végzett kezelésnek a búzafehérje bendőbeli lebomlására gyakorolt hatását 3 bendőkanüllel ellátott tinóval, 3 ismétlésben végeztük (5 zsák/kezelés/állat). Az inkubációs idő ezekben az *in situ* vizsgálatokban egységesen 24 óra volt.

Az aktuális (tényleges) keményítő lebonthatóság megállapításakor az inkubációs idő 0, 2, 4, 8, 16, 24 és 48 óra volt. A különböző gabonamagvakat (kukorica, cirok, búza, árpa, zab, rozs, tritikálé) ugyancsak 3 bendőkanüllel ellátott *holstein-fríz* tinóval, de inkubációs időnként ötszörös ismétlésben vizsgáltuk.

A gabonamagvak keményítő tartalmának aktuális (tényleges) bendőbeli lebonthatóságát *Kristensen* és *mtsai* (1982) által a fehérje bendőbeli lebonthatóságának megállapítására kidolgozott alábbi összefüggésével számítottuk ki:

$$EDP = \sum_{i=0}^n [PD_{(ti+1)} - PD_{(ti)}] \times f_{(ti, ti+1)} + PD_o$$

ahol: PD = fehérjelebontás

$t_i, t_i + 1$ = egymást követő inkubációs időpontok

$f_{(t_i, t_i + 1)}$ = fehérje mennyisége a bendőben a különböző inkubációs időpontokban

$$f_{(t_i)} = e^{-kp \times t_i}$$

$$f_{(t_i, t_i + 1)} = 0,5 \times (e^{-kp \times t_i} + e^{-kp \times t_i + 1})$$

$i = 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48$ óra

Az aktuális lebonthatóság kiszámításakor a fehérje értékek helyére természetesen a keményítőtartalomra vonatkozó adatokat helyettesítettük

be. A számítás során azt feltételeztük, hogy a bendőtartalomnak óránként a 8%-a hagyja el a bendőt ($kr = 8\%$).

A zsákocskákat az inkubációt követően háromszor gondosan átmostuk, hogy belőlük a már lebontott táplálóanyagokat és a bendőfolyadék maradványokat eltávolítsuk. A zsákok szárítása 60°C hőmérsékletű termosztátban történt. A zsákocskákban visszamaradó takarmány, illetve keményítő mennyiségének megállapítása után kiszámítottuk az adott gabonamag szárazanyagának változását és keményítőjének bendőbeli lebomlását.

3.2.1.2. Bendőfermentációra gyakorolt hatás és a bendőben szintetizálódó mikrobafehérje mennyiségének megállapítása

A NaOH-dal és a formaldehiddel kezelt búza etetésének bendőfermentációra gyakorolt hatását két 650-660 kg testtömegű, bendőkanüllel ellátott *holstein-fríz* tinóval, két ismétlésben, szakaszos kísérleti módszerrel vizsgáltuk. A kontroll és a kísérleti szakaszok egyaránt 4 naposak voltak, melyek elé 10 napos előetetési szakaszokat iktattunk be, amelyben fokozatosan szoktattuk hozzá az állatokat az új összetételű takarmányadaghoz, illetve a kezelt takarmányokhoz. A kísérlet során naponta 12 kg silókukorica szilázst, 2 kg fűszalmát és 4 kg abrakkeveréket kaptak az állatok. A modellvizsgálatokban szereplő takarmányok kémiai összetételét a 3. táblázatban, míg az etetett abrakkeverékek összetételét és a napi adag táplálóanyag-tartalmát a 4. táblázatban foglaltuk össze. A kontroll szakaszt követő két kísérleti szakaszban 2 kg/állat/nap mennyiségben

etettünk 2% NaOH-dal, illetve a nyersfehérje-tartalom 2%-ának megfelelő dózisú formaldehiddel kezelt búzát, így a naponta 4 kg mennyiségben etetett abrakkeverék 37%-ban kezeletlen és 50%-ban nátronlúggal, vagy formaldehiddel kezelt búzadarát tartalmazott.

3. táblázat

A kísérlet során etetett takarmányok kémiai összetétele

(1000 g szárazanyagban)

Megnevezés	Silókukorica- szilázs	Fűszalma	Abrakkeverék
Eredeti szárazanyag (g/kg)	486,30	913,50	882,90
Nyersfehérje (g)	71,00	76,80	174,40
Nyerszsír (g)	26,00	21,30	19,00
Nyersrost (g)	211,50	375,50	48,70
Nyershamu (g)	42,60	49,50	63,50
N-mentes kiv. a. (g)	580,20	390,40	577,30
ebből keményítő (g)	343,7	26,30	502,30

A kontroll és a két kísérleti szakaszban naponta két alkalommal, azaz a reggeli etetés előtt, illetve 3 órával az etetést követően, a bendőfisztulán át bendőfolyadék mintát vettünk. A laboratóriumi vizsgálat során megállapítottuk a bendőfolyadék pH-ját, NH₃, illetve rövid szénláncú zsírsav tartalmát (ecetsav, propionsav, i- és n-vajsav, i- és n-valeriánsav), továbbá a bendőfolyadék mikrobiális aktivitását.

A 4 napos kísérleti szakaszt követő napon, 3 órával a reggeli etetést követően, a fisztulán át mintát vettünk a bendőfolyadékból, amelyből

centrifugálással nyertük ki azt a mikroba masszát, amelyből megállapítottuk a mikrobák nyersfehérje-tartalmát, illetve a mikrobafehérje DAPA (diamino-pimelinsav) tartalmát.

4. táblázat

Az abrakkeverék összetétele és a napi adag táplálóanyag-tartalma

	Kontroll	2% NaOH	2% Formaldehid*
Abrakkeverék összetétele (%)			
Búza	87,00	37,00	37,00
NaOH-dal kezelt búza	-	50,00	-
Formaldehiddel kezelt búza	-	-	50,00
Extrahált napraforgódara	10,00	10,00	10,00
Takarmánymész	1,00	1,00	1,00
Takarmánysó	1,50	1,50	1,50
Egységes premix	0,50	0,50	0,50
Összesen (%)	100,00	100,00	100,00
A napi adag táplálóanyag-tartalma			
Szárazanyag (kg)	11,29		
NE _m (MJ)	78,90		
NE _g (MJ)	49,87		
MFE (g)	888		
MFN (g)	705		
Nyersfehérje (g)	1158		
Nyersrost (g)	2077		
Nyersrost a szárazanyagban (%)	18,39		
Kalcium (g)	47		
Foszfor (g)	32		

*a nyersfehérje-tartalom (120 g/kg takarmány) 2%-ának megfelelő dózis

3.2.1.3. A vékonybélbe és a vastagbélbe jutó keményítő vizsgálata

A vékonybélbe, illetve a vastagbélbe jutó keményítő mennyiségét két 500-520 kg testtömegű, bendő-, duodenum- és ileocekális kanüllel ellátott *holstein-fríz* tinóval, 4 ismétlésben vizsgáltuk. Az etetett takarmányadag mennyisége és összetétele, továbbá az abrakkeverék %-os összetétele megegyezett a bendőfermentációra gyakorolt hatás vizsgálata kapcsán már említett takarmányadagéval (4. táblázat). A kísérlet ugyancsak 10 napos előtetetési és 4 napos vizsgálati szakaszokból állt. A vizsgálati szakaszok 1. és 4. napján 6 és 16 óra között kétóránként chymus mintát vettünk a duodenális kanülon át, míg az ileumból kilépő chymusból az ileocekális kanülon keresztül naponta két alkalommal (délelőtt, illetve délután) nyertünk chymus mintát. A kísérleti állatok nem átfolyó (re-entrant), hanem T-kanüllel rendelkeztek, ezért a duodenumon, illetve az ileumon áthaladó chymus mennyiségének a megállapításához TiO_2 jelölőanyagot használtunk. A TiO_2 azért jó jelölőanyag, mert egyenletesen halad át az emésztőcsövön, illetve nem szívódik fel az emésztőcső egyik szakaszában sem, továbbá kimutatása a chymusból viszonylag egyszerű eljárás. A chymus mintáknak meghatároztuk a pH-értékét, az NH_3 , a szárazanyag, a keményítő, a nyersfehérje, a nyersrost, továbbá a DAPA- és a TiO_2 -tartalmát.

3.2.2. A kísérletek során alkalmazott kémiai vizsgálati eljárások

Az etetett takarmányok kémiai összetételét (szárazanyag, nyersfehérje, nyersrost, nyerszsír, nyershamu, Ca, P) a *Magyar*

Takarmánykódex (1990) 2. kötetében javasolt vizsgálati eljárásokkal (5.1., 6.1., 7.1., 8.1., 10.1., 10.3., 11.6. fejezetek) határoztuk meg (nyersfehérje: *Kjeltec System 1026 Distilling Unit, Tecator Ltd.*; nyersrost: *Fibertec System M, Tecator Ltd.*; nyerszsír: *Soxtec System, Tecator Ltd.*; kalcium és foszfor: *Zeiss AAS 3, Carl Zeiss Jena*).

A vizsgálatban szereplő valamennyi takarmány, illetve chymus minta keményítőtartalmát körfokskalás polariméterrel (*Carl Zeiss Jena*) a *Magyar Takarmánykódex* (1990) 9.3. fejezetében leírtak alapján vizsgáltuk.

A bendőfolyadék pH-értékét OP-211/1 típusú (*Radelkis*) elektromos pH-mérővel, NH_3 -tartalmát pedig OP-264/2 típusú (*Radelkis*) ammóniaérzékeny elektróddal állapítottuk meg. A bendőfolyadék mikrobiális aktivitását nitritredukciós próbával vizsgáltuk, 3 különböző nitritkoncentráció mellett (0,025%-os KNO_2 oldatból 0,2; 0,5 és 0,7 ml/10 ml bendőfolyadék). Reagensként alfa-naftil-amint használtunk (*Horváth, 1979*). Az aktivitásra abból az időtartamból következtettünk, amelyre a bendőbaktériumoknak a nitrit redukciójához szükségük van. A bendőfolyadék rövid szénláncú zsírsav tartalmát Chrom-5 (*Laboratorni Přístroje Praha*) gázkromatográffal állapítottuk meg. A bendőfolyadékot a vizsgálat előtt 15000/perc fordulatszámom végzett centrifugálással és szűréssel tisztítottuk, majd az injektálást megelőzően 25%-os metafoszforsavval kezeltük. Az oszloptöltet Supelco Carbo-pack™ B-DA (*Supelco Park*) gyanta volt.

A duodenális és ileális chymus minták TiO_2 -tartalmát *Brandt és Allam* (1987) módszere szerint, kénsavas roncsolást követően, Spekol (*Carl Zeiss Jena*) típusú spektrofotométerrel határoztuk meg. A TiO_2 -ból képződő

vegyület kénsavas-foszforsavas közegben, H₂O₂-dal sárga színreakciót ad. A minták fényelnyelését 405 nm hullámhosszon mértük.

Az állatok etetésenként 30 g TiO₂-t kaptak, amelyet az abrak egy részéhez kevertünk hozzá és a fisztulán keresztül közvetlenül a bendőbe jutattuk, így az állatok az etetendő TiO₂ mennyiséghez hiánytalanul hozzájutottak. A duodénumon áthaladó chymus mennyiségét a napi titán-dioxid adag (60 g/állat/nap), továbbá a chymus titán-dioxid tartalmának ismeretében, a következő egyenlet segítségével határoztuk meg:

$$\text{duodénumon áthaladó chymus (g/nap)} = \frac{\text{takarmány TiO}_2\text{-tartalma (mg/nap)}}{\text{chymus TiO}_2\text{-tartalma (mg/nap)}}$$

A bendőfolyadékából a mikrobafehérjét *Krawielitzki és Piatkowski* (1977) differenciál centrifugáláson alapuló módszerével nyertük. Ennek során a bendőfolyadék mintát – amelyben a baktériumok mintavételt követő szaporodását formalinnal (20 ml/l bendőfolyadék) gátoltuk – először a takarmányrészecskék és protozoák eltávolítása céljából 3000/perc fordulattal centrifugáltuk. Ezt követően a felülúszó részből a baktériummasszát 16000 fordulat/perc sebességgel végzett centrifugálással különítettük el. Az így nyert bendőbaktérium masszát liofilezéssel szárítottuk.

A bendőben szintetizálódó mikrobafehérje mennyiségének megállapításához marker anyagként a bendőbaktériumok sejtfalában található DAPA-t (diamino-pimelinsav) használtuk fel. A vizsgálatot *Aminochrom-II (OE-914)* típusú (*Laboratóriumi Műszergyár Rt.*) aminosav analízátorral végeztük el. Az oszloptöltet *Kemochrom-9 (Kemona Kft.)* gyanta volt. A vizsgálathoz *Csapó és mtsai* (1991) módszerét választottuk.

Azért, hogy a DAPA jó elválasztását biztosítsuk, a mintában lévő metionint perhangyasavval metionin-szulfonná oxidáltuk. A perhangyasavas oxidációt a Degussa metodikai javaslata (Degussa Analitik/Analysis, 1986) alapján hajtottuk végre, aminek eredményeként a DAPA a metionin helyén a valin és az izoleucin között jól mérhetően jelenik meg.

3.2.3. Üzemi tejtermelési kísérlet

A búza nátronlúgos kezelésének a tehenek tejtermelésére, továbbá a tej összetételére és a tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségére gyakorolt hatását üzemi tejtermelési kísérletben vizsgáltuk. A kísérleteket a *Solum Rt.* komáromi tehenészeti telepén (370 db tehén, 9100 l-es átlagos tejtermelés) végeztük. A kísérletben szereplő tehénpárokat *magyar tarka* × *holstein-fríz* vérségű (R₃), a laktáció első harmadának végén lévő állományból a következő szempontok alapján állítottuk össze:

- tejtermelés az előző laktációban,
- befejezett laktációk száma,
- laktációs stádium (elléstől eltelt napok száma az aktuális laktációban),
- tejtermelés a kísérlet indulásakor.

Az 5. táblázat adataiból megállapítható, hogy a kísérletbe 23-23 db, többször ellett tehenet vontunk be, amelyek döntően a 2-3. laktációjukat teljesítették. Mint látható, a vizsgált paraméterek tekintetében nem volt jelentős mértékű eltérés a kontroll és a kísérleti csoport egyedei között.

5. táblázat

**A főbb termelési paraméterek alakulása
az üzemi tejtermelési kísérletben**

Megnevezés	Kontroll	Kísérleti
	<i>csoport</i>	
Csoportlétszám (db)	23	23
Átlagos tejtermelés az előző laktációban (l)	9141,2	9144,0
Eddigi laktációk száma (db)	2,4	2,4
Az elléstől eltelt napok száma	100	101
Napi átlagos tejtermelés a kísérlet kezdetén (l/tehen)*	34,3	34,3

**A kísérlet kezdete előtti 2 hét átlagos tejtermelése alapján*

A kísérlet 2 hét előtetési és 4 hét vizsgálati szakaszból állt. Az etetett takarmányadag összetételét és a napi adag táplálóanyag tartalmát a 6. táblázatban foglaltuk össze. A kontroll és a kísérleti csoport egyedei napi 2 kg-os adagban fogyasztották a kezeletlen búzadarát, illetve a 3% NaOH-dal kezelt, egész szemű búzát. Az üzemi kísérletben a búza nátrium-hidroxidos kezelését nem folyékony, hanem gyöngy (prill) formájú nátronlúggal és víz hozzáadásával, *Keenan*-típusú (*Keenan Ltd.*) keverőmotollás takarmánykeverő-kiosztó kocsival végeztük.

A kezelt takarmányt megközelítőleg 50 cm magas rétegben terítettük el, etetését 4 nappal a kezelést követően kezdtük meg. A szemes búza a kezelés hatására felpuhul, kenődő konzisztenciájú lesz. A lúggal kezelt búzát fogyasztó tehenek takarmányadagjában a felére csökkentettük a bendőpuffer mennyiségét, mivel a NaOH-os kezelés lúgos irányba tolja el a bendőfolyadék pH-ját. Ez utóbbi változtatás hatására azonban csak

jelentéktelen mértékben módosult a kétféle takarmányadag táplálóanyag-tartalma.

6. táblázat

**Az üzemi tejtermelési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele
és a napi adag táplálóanyag-tartalma**

Alapanyag, illetve táplálóanyag	Kontroll	Kísérleti
	<i>kg/tehén/nap</i>	
Kukoricaszilázs	15,8	15,8
Burgonya	10,3	10,3
Lucernaszenázs	5,0	5,0
Kukorica	3,2	3,2
Búza	2,0	-
Lúgkezelt egész szemű búza	-	2,0
Extrahált napraforgódara (38% ny.f.)	2,3	2,3
Lucernaszéna	1,6	1,6
Réti széna	2,0	2,0
Protavit Minor (tejelő tehén koncentrátum)*	1,3	1,3
Megalac (védett zsír, Ca-szappan)	0,3	0,3
KSZP-961 (tejelő tehén komplett premix)*	0,3	0,3
Bio-Boost (élesztő+mikroelemek)**	0,2	0,2
Bendőpuffer (szódabikarbóna alapú)*	0,1	0,05
Összesen (kg)	44,4	44,3
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Szárazanyag (kg)	20,88	20,84
NE _i (MJ)	141,54	141,54
NE _i (MJ/kg sz.a.)	6,78	6,79
MFE (g)	2177	2177
MFN (g)	2234	2334
Nyersfehérje (g)	3443	3444
nyersfehérje a sz.a.-ban (%)	16,5	16,5
UDP (a nyersfehérje %-ában)	35,8	35,8
Nyersrost (g)	3480	3480
nyersrost a sz.a.-ban (%)	16,6	16,7
Nyerszsír (g)	686,6	686,6
Kalcium (g)	203	198
Foszfor (g)	95	95

*gyártja: Bábolna Takarmányipari Kft. **gyártja: Alltech Hungaria Kft.

A *Solum Rt.* telepén a teheneket naponta kétszer fejték. A tehenészetben számítógéppel összekapcsolt fejési rendszer (2×12-es halszálkás fejőház, *S.A. Christensen & Co.*) működött, így az állatok egyedi tejtermelését a kísérlet minden napján fejésenként rögzíteni tudtuk. A tej összetételét, a reggeli és esti fejés tejéből a kifejt tej literek arányában összeállított mintákból, hetente egy alkalommal egyedileg állapítottuk meg.

A tej összetételét (zsír-, fehérje-, laktóz-, szárazanyag- és zsírmentes szárazanyag-tartalom) a *Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft.* (Mosonmagyaróvár) vizsgálta, Milkoscan FT 120 (*Foss Electric*) típusú berendezéssel.

3.2.4. Statisztikai analízis

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését a *Statistica 6.0* és a *MsOffice Excel* programok segítségével végeztük el. A számítások során a *t-próba* alkalmazásával a kontroll, valamint a kísérleti szakaszok, illetve csoportok eredményei közötti összefüggések szignifikanciáját vizsgáltuk. Az alapadatok szórásnégyzeteinek homogenitás vizsgálatát (*F-érték*, *Barlett-próba*), továbbá a kiugró értékek ellenőrzését (*Dixon-próba*) *Sváb* (1981) alapján végeztük. A korrelációs koefficienseket (*r-érték*) ugyancsak az *MsOffice Excel* program segítségével állapítottuk meg. A korrelációs koefficiensek statisztikai értékelése az *F-próbával* történt (*Sváb*, 1981).

3.3. Kísérleti eredmények és azok értékelése

3.3.1. A kukorica hibridek keményítőjének bendőbeli lebonthatósága

A különböző kukorica hibridek keményítőtartalmára vonatkozó adatokat a 7. táblázatban foglaltuk össze. Ezek alapján megállapítható, hogy a különböző hibridek keményítőtartalma 57,85% és 62,30% között változott, átlagosan 59,88% volt. A vizsgált kukorica hibridek keményítő tartalma több esetben szignifikánsan különbözött egymástól.

7. táblázat

A különböző kukorica hibridek keményítőtartalma
(a légszáranyag %-ában)

Kukorica hibrid	Keményítőtartalom (%)
DEKALB 355	58,83±1,07 ^a
PR37M81	61,59±1,00 ^b
ASGROW 043	57,85±2,15 ^a
DEKALB 440	60,46±1,23 ^b
COLOMBA	58,61±0,35 ^a
PR36R10	62,30±1,99 ^b
FLORENCIA	61,21±0,25 ^b
DEKALB 557	58,18±0,46 ^a

(Megjegyzés: Kukorica hibrideként 5 db minta átlagadata alapján)

a, b: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. $P < 0,05$)

Az egyes kukorica hibridek inkubáció alatti szárazanyag lebomlására, valamint a bendőben le nem bomló (bypass) keményítő hányadára

vonatkozó adatok a 8. táblázatban, a statisztikai értékelés eredményei pedig a 9. táblázatban találhatók.

A 8. és 9. táblázat eredményei alapján megállapítható, hogy az egyes kukoricahibridek között szárazanyag lebomlására tekintetében szignifikáns eltérések állnak fenn. Annak ellenére, hogy a különböző éréscsoportokhoz tartozó hibridek bendőbeli lebonthatósága között tendenciózus, egyes esetekben pedig szignifikáns különbségek figyelhetők meg, az éréscsoportok közötti eltérések azonban egy-egy korrelációtörő kukoricahibrid (*Colomba*, *Dekalb 557*) eredménye miatt nem szignifikánsak. Annyi viszont megállapítható, hogy az igen korai *Dekalb 335* hibridnek a *Colomba* kivételével valamennyi közép- és késői érésű hibridnél szignifikánsan kisebb a bendőbeli lebonthatósága. Az is megfigyelhető, hogy a későn érő *Florenzia* bendőbeli szárazanyag lebomlása csaknem mindegyik igen korai, korai és középerésű hibridnél szignifikánsan kisebb.

A 8. és 9. táblázat adatai azt is igazolják, hogy a különböző kukoricahibridek keményítőjének bendőbeli lebonthatósága szignifikánsan különbözik egymástól. Eredményeink megegyeznek *Flachowsky* és *Lebzien* (1997) adataival, akik ugyancsak szignifikáns különbséget találtak egyes kukoricafajták, illetve hibridek keményítőjének bendőbeli degradabilitása között.

8. táblázat

**A különböző kukoricahibridek inkubáció alatti
szárazanyag lebomlása és bypass keményítőtartalma**

Inkubációs idő: 24 óra

Kukoricahibrid	Szárazanyag lebomlás (%) a légszárazanyag %-ában	Bypass keményítő (%) a keményítő tartalom %-ában
DEKALB 355	53,61±2,58	36,37±2,47
PR37M81	54,14±4,64	35,51±3,75
ASGROW 043	53,75±3,11	36,05±2,90
DEKALB 440	56,66±4,26	32,53±4,54
COLOMBA	52,20±3,03	38,72±2,88
PR36R10	58,13±4,16	30,96±3,18
FLORENCIA	60,15±5,07	31,34±3,85
DEKALB 557	56,30±3,13	34,59±2,61

(Megjegyzés: a statisztikai értékelés a 9. táblázatban található)

A különböző éréscsoportba tartozó hibridek bypass keményítő hányada között – hasonlóan a szárazanyag lebomláshoz – éréscsoport szintjén nem áll fenn szignifikáns különbség, tendencia azonban ezúttal is fellelhető az adatokban, nevezetesen a korábbi érésű hibridek keményítőtőjének bendőbeli degradabilitása kisebb, ennél fogva a bypass keményítő hányaduk nagyobb, mint a későn érő hibrideknek. A korrelációtörő hibrid ebben az esetben is a *Colomba*, valamint a *Dekalb 557*.

**A különböző kukorica hibridek szárazanyag lebomlásának és
bypass keményítőtartalmának statisztikai elemzése**

KUKORICAHIBRIDEK		SZÁR AZANYAG L E B O M L Á S							
		IGEN KORAI ÉRÉSŰ	KORAI ÉRÉSŰ			KÖZÉPÉRÉSŰ		KÉSŐI ÉRÉSŰ	
		Dekalb 355	PR37M81	Asgrow 043	Dekalb 440	Colomba	PR36R10	Florencia	Dekalb 557
IGEN KORAI ÉRÉSŰ	Dekalb 355		NS	NS	NS	NS	*	**	*
KORAI ÉRÉSŰ	PR37M81	NS		NS	NS	NS	NS	*	NS
	Asgrow 043	NS	NS		NS	NS	*	*	NS
	Dekalb 440	NS	NS	NS		*	NS	NS	NS
KÖZÉPÉRÉSŰ	Colomba	NS	NS	NS	*		**	**	**
	PR36R10	*	*	NS	NS	**		NS	NS
KÉSŐI ÉRÉSŰ	Florencia	*	*	NS	NS	**	NS		**
	Dekalb 557	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	
		BYPASS KEMÉNYÍTŐ							

NS= nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01
(Megjegyzés: az alapadatok a 8. táblázatban találhatóak meg)

A 8. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a vizsgált kukorica hibridek szárazanyagának bendőbeli lebonthatósága, továbbá a bendőn lebontás nélkül áthaladó keményítő mennyisége között szoros az összefüggés. Valamennyi vizsgált hibrid szárazanyag lebomlása, valamint a bypass keményítő tartalma közötti összefüggés szoros, $r=0,954$ ($P<0,001$). Ez azt jelenti, hogy valamely kukoricafajta, illetve -hibrid bendőbeli szárazanyag lebomlásának ismeretében nagy biztonsággal következtethetünk az illető kukorica keményítőtartalmának bendőbeli lebonthatóságára, illetve a bypass keményítő hányadra. Ugyanerre a megállapításra jutottak vizsgálataik során *Matthé* és *mtsai* (1999) is.

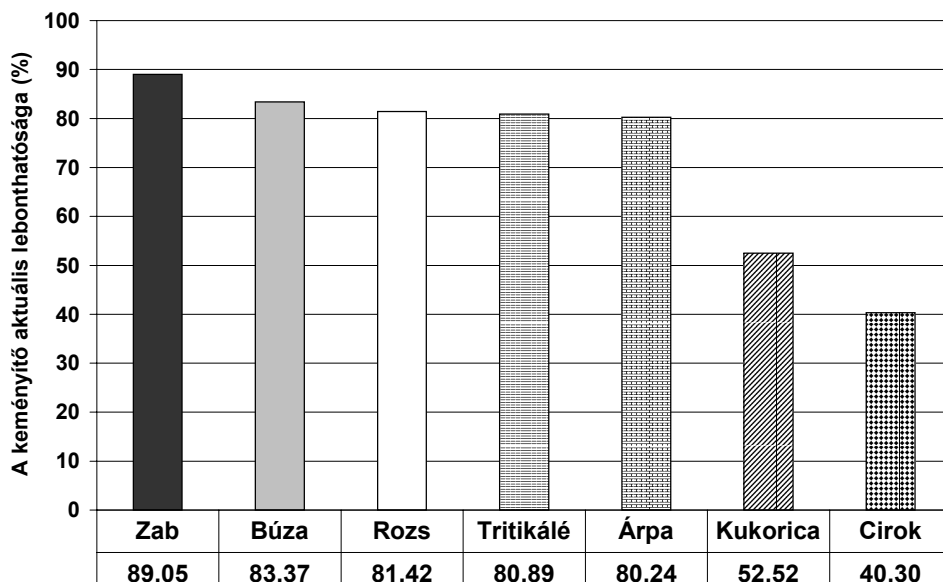
Az eredmények összességénként megállapítható, hogy 8, a hazai kukoricatermesztésben jelentős szerepet játszó, eltérő éréscsoportba tartozó kukorica hibrid közül egyes hibridek szárazanyagának és keményítőjének bendőbeli lebonthatósága szignifikánsan különbözik egymástól. A kis mintaszám miatt egy-egy éréscsoportra vonatkozóan messzemenő következtetéseket nem lehet levonni, de úgy tűnik, hogy a korábbi érésű hibridek keményítőjének bendőbeli degradabilitása kisebb. Ez egyben azt is jelenti, hogy a bypass keményítőhányad a korai éréscsoportba tartozó kukorica hibridek esetében nagyobb. Utóbbi megállapítás megerősítésére további – nagyobb mintaszámmal elvégzett – kísérleteket szükséges beállítani.

3.3.2. A vizsgált gabonamagvak keményítőtartalmának aktuális lebonthatósága

Az általunk vizsgált gabonafélék között keményítőjük aktuális degradabilitása alapján a következő sorrendet állapítottuk meg: zab, búza, rozs, tritikálé, árpa, kukorica és cirok (2. ábra). Az ábrán jól látható az is, hogy a búza, a rozs, a tritikálé és az árpa keményítőtartalmának aktuális lebonthatóságában ($kr=8$) nem találtunk jelentős mértékű különbséget.

2. ábra

A vizsgált gabonamag minták keményítőtartalmának aktuális lebonthatósága ($kr=8$, $n=105$)



Megjegyzés: Kristensen és mtsai (1982) összefüggése alapján számolt értékek

A kapott értékek az irodalmi adatokkal (*Hale, 1973; Theurer, 1986; Axe és mtsai, 1987; Herrera-Saldana és mtsai, 1990*) egybehangzóan igazolják, hogy a zab, az árpa és a búza keményítőtartalma a kukoricához, illetve a cirokhoz képest lényegesen gyorsabban bomlik le a bendőben. Adataink egyben jó egyezést mutatnak *Nocek és Tamminga (1991)* irodalmi áttekintésében a különböző szerzők által az árpa-, a zab-, a búza-, a kukorica- és a cirokdara keményítőjének *in situ* lebonthatóságával kapcsolatos adatokkal is. *Herrera-Saldana és mtsaihoz (1990)* hasonlóan mi is jelentős mértékűnek találtuk a zabdara keményítőjének bendőbeli degradabilitását.

3.3.3. NaOH-dal végzett kezelés hatása a gabonamagvak bendőbeli lebonthatóságára és bypass keményítőtartalmára

A vizsgált gabonamagvak keményítő tartalmára vonatkozó adatokat a 10., míg a különböző gabonamagvak nátrium-hidroxiddal végzett kezelésének a bendőbeli lebonthatóságra, valamint a bypass keményítő tartalomra gyakorolt hatását bemutató eredményeket a 11. és 12. táblázatban foglaltuk össze.

10. táblázat

A vizsgált gabonamagvak keményítőtartalma (a légszáranyag %-ában)

Gabonamagvak	Keményítőtartalom (%)
Kukorica	60,98±3,51
Cirok	55,52±0,87
Búza	55,63±0,66
Árpa	42,60±4,52
Rosz	45,00±1,20
Zab	30,90±1,67
Tritikálé	43,55±1,54

(Megjegyzés: növényfajonként 20 db takarmányminta átlagadata alapján)

A 11. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a kukorica és cirok esetében a NaOH-dal végzett kezelés egyértelműen növeli a táplálóanyagok bendőbeli lebomlását. A NaOH koncentrációjának növelése 4% lúgkoncentrációtól kezdődően szignifikánsan növeli a bendőbeli

szárazanyag lebontást mindkét takarmány esetében. A bendőbeli degradabilitást fokozó hatás már 2% lúgkoncentráció esetében is megfigyelhető, a kialakult különbség azonban még sem a kukorica, sem a cirok esetében nem szignifikáns.

A vizsgált gabonamagvak közül csak a búza és a tritikálé esetében mérsékelte érdemben a NaOH-dal végzett kezelés a szárazanyag bendőbeli degradabilitását. A búza esetében a 2 és 4%-os lúggal történő kezelés, míg a tritikálénál a 2% lúggal végzett kezelés csökkentette szignifikánsan a bendőbeli szárazanyag lebontást. Az árpa, a rozs és a zab esetében a 2%-os lúggal történő kezelés, illetve a rozsnál a 4%-os lúgkoncentráció ugyan mérsékelte valamelyest a bendőbeli szárazanyag lebomlást, de a kialakult különbség egyik esetben sem volt szignifikáns. A zab esetében nem találtuk a nátronlúggal végzett kezelést olyan hatékonynak, mint *Pauly* és *mtsai* (1992). A búzát illetően viszont egyeznek eredményeink *Lebzien* és *mtsai* (1996) tapasztalataival, akik a nátronlúggal végzett kezeléssel ugyancsak csökkenteni tudták a búza keményítőjének bendőbeli lebonthatóságát.

A NaOH-dal végzett kezelésnek a bypass keményítő mennyiségére gyakorolt hatása összefüggésben van azzal a hatással, amit a lúgos kezelés a szárazanyag lebomlás alakulására kifejt, azaz a bypass keményítő mennyisége azokban az esetekben a legnagyobb, amikor a szárazanyag lebomlás kevés. Az összefüggés a két adatsor között $r=0,907$ ($P<0,001$).

NaOH-dal végzett kezelés hatása a gabonamagvak bendőbeli lebonthatóságára

(szárazanyag lebomlás¹, %)

Inkubációs idő: 24 óra

Kezelés	Kukorica	Cirok	Búza	Árpa	Rozs	Zab	Tritikálé
Kontroll	61,22± 8,53	42,34± 5,87	89,80± 3,67	81,13± 5,82	90,85± 3,55	68,84± 5,11	87,87± 3,66
2 % NaOH	62,65± 8,26	43,33± 6,26	83,07± 7,70*	78,83± 5,42	88,24± 4,83	68,79± 5,63	82,35± 5,18*
4 % NaOH	67,19± 6,47*	48,16± 5,64*	83,11± 6,59*	80,45± 6,07	87,45± 4,27	72,22± 4,80	84,05± 4,67
6 % NaOH	70,98± 7,53**	52,74± 5,87***	86,01± 4,68	81,62± 6,05	88,22± 4,48	73,69± 5,40	83,64± 5,42
8 % NaOH	75,50± 8,04***	58,51± 4,75***	87,06± 4,57	83,12± 6,69	89,71± 4,19	76,58± 4,35**	87,55± 3,42

A kontrollhoz viszonyítva: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

¹a légszárazanyag %-ában

**NaOH-dal végzett kezelés hatása a gabonamagvak keményítőjének
bypass keményítő tartalmára¹ (%)**

Inkubációs idő: 24 óra

Kezelés	Kukorica	Cirok	Búza	Árpa	Rozs	Zab	Tritikálé
Kontroll	31,62± 7,35	55,06± 6,79	2,02± 0,87	4,06± 2,19	2,19± 1,08	1,44± 0,35	2,36± 1,13
2 % NaOH	31,20± 7,06	55,52± 6,13	5,34± 2,96*	6,50± 1,92*	3,93± 1,74*	1,91± 0,33**	5,32± 1,55***
4 % NaOH	26,71± 5,57	48,96± 5,42*	4,89± 2,33**	6,10± 2,04	4,28± 1,44**	1,54± 0,48	3,05± 0,86
6 % NaOH	22,42± 5,97***	45,58± 5,80***	3,63± 1,41*	5,56± 1,83	4,61± 1,78*	1,64± 0,40	3,72± 1,53*
8 % NaOH	18,91± 6,73***	39,78± 4,50***	3,40± 1,19**	5,67± 3,30	3,94± 2,47	0,88± 0,15***	3,11± 0,85

A kontrollhoz viszonyítva: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

¹a keményítőtartalom %-ában

A 12. táblázat adatai azt igazolják, hogy a 2% NaOH-dal végzett kezelés a kukorica és a cirok kivételével valamennyi vizsgált gabonamag esetében szignifikánsan növelte a bypass keményítő mennyiségét. A legkifejezettebb hatás a búza, a tritikálé, valamint a rozs esetében volt mérhető. A növekmény a kontrollhoz képest az előző sorrendben 2,64-, 2,25-, illetve 1,95-szörös. A legkifejezettebb növekedés a búza, a zab és a tritikálé esetében a 2%, míg a rozsnál a 4% lúgkoncentrációnál figyelhető meg. A rozs esetében még a 6%-os, a búzánál pedig még a 8%-os lúgkoncentráció is hatékony, a legjobb hatása azonban 2% (búza), illetve 4% (rozs) NaOH koncentráció esetében van a kezelésnek.

Arra vonatkozóan, hogy a NaOH milyen mechanizmussal fejt ki hatását a keményítő bendőbeli lebonthatóságára, sem a hazai, sem a külföldi irodalomban nem található adatok. A hatást azért nehéz magyarázni, mert a NaOH-dal végzett kezelés egyes magvak keményítőjének bendőbeli degradabilitását csökkenti (pl. búza, rozs, tritikálé), míg másokét (pl. kukorica, cirok) megnöveli. A szelektív hatás feltehetően a keményítőszemcsék eltérő szerkezetével, valamint a keményítő növényfajtánként különböző amilóz és amilopektin arányával áll összefüggésben. Ismert, hogy a különböző magvak keményítőjének szerkezete jelentős mértékben különbözik egymástól, aminek következtében a NaOH-dal végzett kezelés eltérő hatással lehet a keményítő tulajdonságaira, köztük a bendőbeli lebonthatóságra. Ismert az a tény is, hogy az amilózt lassabban, az amilopektint pedig gyorsabban tudja lebontani az amiláz. Nem zárható ki az sem, hogy a NaOH eltérő módon és mértékben befolyásolja a két frakció bendőbeli lebonthatóságát. A NaOH hatásmechanizmusának tisztázására, a feltételezések igazolására további kutatómunkára van szükség.

3.3.4. Az ammónia és a különböző aldehidek hatása a kukorica és a búza keményítőjének bendőbeli lebomlására

Az NH_4OH , illetve a glioxál, a glutáraldehid és a formaldehid szárazanyag-lebonthatóságára és bypass keményítő-tartalomra gyakorolt hatását a 13. táblázatban foglaltuk össze.

Az ammóniával végzett kezelés a búza és a kukorica tömegveszteségét nem befolyásolta lényegesen, a mért különbségek annak ellenére elhanyagolhatók, hogy a búza esetében a 3,0 és a 4,5% NH_4OH -dal végzett kezelés szignifikáns hatású volt.

A kísérletben szereplő 3 aldehid közül, a glioxál bizonyult a legkevésbé hatékonynak, bár a nagyobb koncentrációk (a nyersfehérje 1 és 2%-a) mind a kukorica, mind pedig a búza esetében szignifikáns mértékben csökkentették a szárazanyag bendőbeli degradabilitását. Ugyanakkor, az említett két gabonamag glutáraldehiddel és formaldehiddel végzett kezelése a koncentráció növelésével arányosan csökkentette a bendőbeli szárazanyag lebomlást. Ennek megfelelően – bár a kezelés mindegyik koncentráció esetében szignifikáns hatású volt – mind a két gabonafélénél a legmagasabb dózis (2%) csökkentette a legnagyobb mértékben a szárazanyag lebontást. A kukorica esetében a 2% glutáraldehid hatására a kontrollhoz képest relatíve 17,21%-kal, míg a 2% formaldehid hatására 23,23%-kal csökkent a szárazanyag bendőbeli lebomlása.

13. táblázat

**Az eltérő koncentrációjú kémiai kezelések hatása a kukorica és a búza
szárazanyagtartalmának bendőbeli lebonthatóságára és bypass
keményítőtartalmára**

Inkubációs idő: 24 óra

Kezelés	KUKORICA		BÚZA	
	Sz.a. lebomlás (%)	Bypass keményítő ² (%)	Sz.a. lebomlás (%)	Bypass keményítő ² (%)
<i>Kontroll</i>	56,74±5,61	35,97±5,26	91,75±0,93	1,03±0,09
1,5% NH ₄ OH	57,53±4,69	35,17±4,24	91,54±1,45	1,21±0,17
3,0% NH ₄ OH	57,59±4,47	34,18±3,48	91,30±1,55*	1,18±0,15
4,5% NH ₄ OH	58,85±5,75	32,74±5,19**	91,37±0,99*	1,06±0,09
<i>Kontroll</i>	64,60±6,19	29,45±5,23	89,74±1,08	1,54±0,18
0,5% glioxál	62,02±5,01	33,52±5,00**	89,29±1,28	1,70±0,16
1,0% glioxál	59,14±5,00***	37,20±5,25***	88,20±1,76***	2,20±0,33**
2,0% glioxál	59,69±6,12**	36,36±6,07***	87,58±0,40***	2,20±0,20***
<i>Kontroll</i>	64,60±6,19	29,45±5,23	90,10±1,34	1,44±0,25
0,5% glutáraldehid	57,00±4,82***	37,90±3,85***	85,10±2,63***	2,96±0,87*
1,0% glutáraldehid	55,55±5,15***	40,74±5,18***	83,74±0,86***	3,08±0,16***
2,0% glutáraldehid	53,48±5,25***	42,76±5,40***	83,41±1,25***	3,11±0,39***
<i>Kontroll</i>	64,60±6,19	29,45±5,23	90,62±1,11	1,28±0,15
0,5% formaldehid	54,94±6,68***	41,09±6,64***	85,60±3,20***	2,59±0,81*
1,0% formaldehid	53,03±5,55***	43,91±5,56***	82,32±2,13***	3,88±0,90***
2,0% formaldehid	49,59±3,78***	48,47±3,93***	78,46±2,70***	5,55±1,05***

A kontroll értékekhez viszonyítva: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

Megjegyzés: a glioxálnál, a glutáraldehidnél és a formaldehidnél az alkalmazott koncentráció a
nyersfehérje-tartalom 0,5, 1,0 és 2,0 %-a volt

¹a légszárazanyag %-ában, ²a keményítőtartalom %-ában

A kukorica NH_4OH -dal végzett kezelésének hatására csökkent, míg az aldehides kezeléseknél (a 2% glioxál kivételével) a koncentráció emelésével arányosan, szignifikáns mértékben növekedett a bypass keményítő mennyisége. A kukorica esetében a növekmény a kontrollhoz képest az 1% glioxálnál 1,26-, a 2% glutáraldehidnél 1,45-, míg a 2% formaldehidnél 1,64-szeres. Eredményeink *Fluharty és Loerch* (1989), *McAllister és mtsai* (1990), továbbá *Oke és Loerch* (1989) véleményével egyezően azt igazolják, hogy az aldehidekkel végzett kezeléssel csökkenteni lehet a kukorica szárazanyagának és keményítőjének bendőbeli lebonthatóságát.

Az aldehideknek a keményítő bendőbeli lebonthatóságát csökkentő hatása azzal magyarázható, hogy az aldehidek mérséklék az endospermiumot körülvevő fehérjemátrix bendőbeli degradabilitását (*McAllister és mtsai*, 1990). *Barry* (1976) szerint az aldehidekkel történő kezelés hatására először metilol csoportok képződnek az aminosavak speciális csoportjának (lizin ϵ -amino csoportja, arginin guanidil csoportja, treonin és szerin hidroxil csoportja, a cisztin szulfhidril csoportja) helyén, majd metilénkötések létesülnek a fehérjeláncok között. Az ilyen fehérjét a bendő mikrobái nem tudják lebontani. Nem túlzott aldehid dózis esetén az említett reakció reverzibilis, savas körülmények között (az oltógyomorban) a metilénkötések felszakadnak, az aminosavak visszaalakulnak és a fehérje emészthetővé válik.

A búza NH_4OH -os kezelése a szárazanyag lebomlási adatokkal egyezően, nem befolyásolta lényeges mértékben a bypass keményítő mennyiségét. Eredményeink a kukorica és a búza tekintetében nem erősítik

meg azokat a kedvező tapasztalatokat, amelyeket *Robinson* és *Kennelly* (1988) árpának ammóniával történő kezelésekor elérték. A búza glioxállal végzett kezelése csak kismértékben növelte meg a bypass keményítő mennyiségét és a dózis emelése sem bizonyult hatékonynak. Annak ellenére, hogy a nyersfehérje 1 és a 2%-ában alkalmazott glioxál szignifikáns mértékben megnövelte a bypass keményítő mennyiségét, a növekmény mértéke nem jelentős, így egyetértünk *Okine* és *Kennelly* (1994) korábban már említett megállapításával. Egyértelműen kedvező hatású volt viszont a búza glutáraldehiddel és a formaldehiddel végzett kezelése. A növekvő glutáraldehid koncentráció (a nyersfehérje 0,5; 1 és 2%-a) hatására a kontrollhoz viszonyítva a bypass keményítő mennyiségének növekedése (a fenti sorrendben) 2,05-, 2,13- és 2,15-szörös volt. Ugyanakkor, a formaldehid koncentráció növelésekor (a fehérje 0,5, 1 és 2%-a), ugyancsak a kontrollhoz képest az előbbi sorrendben 2,02-, 3,03- és 4,33-szoros növekményt mértünk. Mindezek következtében *Ortega-Cerilla* és *mtsaihoz* (1999b) hasonlóan, saját adataink alapján is az állapítható meg, hogy a glutáraldehiddel végzett kezelés a formaldehidhez viszonyítva kisebb hatékonyságú.

3.3.5. A NaOH-dal és a formaldehiddel kezelt búza etetésének hatása a bendőfermentációra

A kezeletlen és a kezelt (NaOH, formaldehid) búzát tartalmazó takarmányadagok bendőfermentációra gyakorolt hatására utaló adatokat a 14a. és 14b. táblázatokban foglaltuk össze. Adatainkból megállapítható, hogy a bendőfolyadék pH-ja az alkalmazott kémiai kezelések hatására sem az etetés előtti, sem az etetés utáni mintákban nem változott lényeges mértékben. Az etetés előtt vett mintákban mind a NaOH-dal, illetve mind a formaldehiddel kezelt búza esetében szignifikánsan ($P < 0,05$) nagyobb ammóniakoncentrációt állapítottunk meg.

Ezzel ellentétben az ammóniakoncentráció az etetést követően a 2% NaOH-dal kezelt búza hatására szignifikáns ($P < 0,05$) mértékben csökkent, amely tényt kedvező hatásúnak lehet tekinteni a nagy tejtermelő teheneknél, mivel ennek következtében mérséklődhet a máj NH_3 -terhelése. A bendőfolyadék ammóniakoncentrációjának csökkenése mérsékli a vér karbamid-tartalmát is, ami viszont pozitív hatású egyes szaporodásbiológiai paraméterekre (*Bruckental és mtsai, 1996; Kridli és mtsai, 2001; Yang és mtsai, 2001*). A formaldehides kezelés esetében az etetést követően, a kontroll szakaszhoz viszonyítva, nem változott a bendőfolyadék ammónia-tartalma.

14.a. táblázat

A NaOH-dal és a formaldehiddel kezelt búza etetésének hatása a bendőfolyadék néhány paraméterére (etetés előtt vett minta)

Megnevezés	Kontroll	NaOH-os kezelés	Formaldehides kezelés
pH	6,54±0,25 ^a	6,67±0,19 ^a	6,48±0,18 ^a
NH ₃ , mmol/l	4,18±0,71 ^a	6,77±1,15 ^b	7,58±1,56 ^b
KNO ₂ red. 0,2 ml, perc	3,50±0,93 ^a	3,00±0,00 ^a	3,25±0,71 ^a
KNO ₂ red. 0,5 ml, perc	5,50±1,41 ^a	6,13±1,81 ^a	7,00±2,07 ^a
KNO ₂ red. 0,7 ml, perc	6,75±0,71 ^a	8,13±1,55 ^{ab}	9,25±1,39 ^b
Összes SCFA, mmol/l	87,94±10,21 ^a	90,30±15,99 ^{ab}	101,91±11,40 ^b
Ecetsav, mmol/l	54,75±5,87 ^a	57,66±9,29 ^a	66,82±6,63 ^b
Propionsav, mmol/l	18,39±1,76 ^a	18,22±3,61 ^a	19,40±2,03 ^a
Ecetsav/Propionsav	2,98	3,16	3,44
i-vajsav, mmol/l	1,07±0,13 ^a	1,02±0,08 ^a	1,09±0,13 ^a
n-vajsav, mmol/l	11,63±1,79 ^a	11,35±2,01 ^a	12,62±2,30 ^a
i-valeriánsav, mmol/l	0,60±0,09 ^a	0,60±0,11 ^a	0,68±0,12 ^a
n-valeriánsav, mmol/l	1,48±0,55 ^a	1,44±0,88 ^a	1,28±0,16 ^a

14.b. táblázat

A NaOH-dal és a formaldehiddel kezelt búza etetésének hatása a bendőfolyadék néhány paraméterére (etetés után 3 órával vett minta)

Megnevezés	Kontroll	NaOH-os kezelés	Formaldehides kezelés
pH	5,89±0,10 ^a	5,86±0,15 ^a	5,92±0,17 ^a
NH ₃ , mmol/l	12,12±2,95 ^a	7,90±2,08 ^b	12,74±2,86 ^a
KNO ₂ red. 0,2 ml, perc	3,00±0,00 ^a	3,00±0,00 ^a	3,00±0,00 ^a
KNO ₂ red. 0,5 ml, perc	5,63±2,33 ^a	5,25±1,67 ^a	5,00±0,00 ^a
KNO ₂ red. 0,7 ml, perc	6,75±2,43 ^a	7,25±1,91 ^a	6,63±1,69 ^a
Összes SCFA, mmol/l	104,26±10,62 ^a	113,44±17,82 ^{ab}	120,53±15,78 ^b
Ecetsav, mmol/l	62,86±5,54 ^a	69,32±11,87 ^{ab}	75,18±8,13 ^b
Propionsav, mmol/l	23,79±2,79 ^a	24,47±3,18 ^a	26,32±4,45 ^a
Ecetsav/Propionsav	2,64	2,83	2,86
i-vajsav, mmol/l	1,19±0,16 ^a	1,05±0,11 ^a	1,06±0,13 ^a
n-vajsav, mmol/l	13,19±1,20 ^a	15,04±1,57 ^b	14,75±2,10 ^{ab}
i-valeriánsav, mmol/l	0,86±0,17 ^a	0,72±0,09 ^a	0,75±0,24 ^a
n-valeriánsav, mmol/l	2,35±0,75 ^a	2,84±0,98 ^a	2,46±0,72 ^a

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. P<0,05)

A vizsgált kémiai kezelések nem befolyásolták negatívan a bendőmikrobák aktivitását, sem az etetést megelőzően, sem azt követően. Bár az etetés előtti minták közül a formaldehides kezelés a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan ($P < 0,05$) csökkentette a bendőmikrobák aktivitását, a különbség azonban nem tekinthető tendenciózusnak. Ezt igazolja, hogy az etetést követően vett bendőfolyadék-minták közül a formaldehides kezelés még jobb hatású is volt a kontroll szakaszhoz képest.

A bendőfolyadék ecetsavtartalma formaldehiddel kezelt búza etetésekor mind az etetés előtt, mind az azt követően vett mintákban szignifikánsan növekedett a kontroll szakaszhoz viszonyítva. A NaOH-dal végzett kezelés ugyancsak növelte a bendőfolyadék ecetsavtartalmát mind az etetés előtt, mind az etetés után vett mintákban, a növekedés mértéke azonban nem volt szignifikáns. A bendőfolyadék propionsav koncentrációja a kezelt búza etetésekor csak az etetést követően vett mintákban növekedett kismértékben, de nem szignifikánsan. Az ecetsav-propionsav arány a kezelésnek alávetett búza etetésekor mind az etetés előtt, mind az utána vett mintákban tágult, ami a tejelő tehenek esetében a tej zsírtartalma szempontjából kedvező hatásként értékelhető.

A NaOH-dal és a formaldehiddel kezelt búza etetése nem volt lényeges hatással a bendőfolyadék i-vajsav-, illetve az i- és n-valeriánsav-tartalmára, ugyanakkor a nátronlúgos kezelés az etetést követően vett mintákban szignifikáns ($P < 0,05$) mértékben megnövelte n-vajsav koncentrációt.

A bendőfolyadék összes rövid szénláncú zsírsav-tartalma mind a NaOH-dal, mind a formaldehiddel kezelt búza etetésekor egyértelműen

növekedett, a növekedés mértéke azonban csak a formaldehid esetében bizonyult szignifikánsnak. Az adatok alapján az is megállapítható, hogy a rövid szénláncú zsírsav növekmény elsősorban a megnövekedett ecetsav termelésre vezethető vissza. A bendőfolyadék propionsav tartalma csak kismértékben növekedett. Ebből arra lehet következtetni, hogy a takarmány NaOH-dal és formaldehiddel történő kezelése növeli a bendőben lebomló nyersrost mennyiségét. Ezt a tényt az is alátámasztja, hogy a bendő- és duodenum kanüllel ellátott állatokkal végzett *in vivo* kísérleteinkben a kezelt takarmányok etetésekor kevesebb nyersrost jutott a duodenumba, mint a kontroll szakaszban (3.3.6. fejezet). A megnövekedett nyersrost lebontás részben azzal áll összefüggésben, hogy a kezelt takarmányok etetésekor kismértékben nőtt a bendőfolyadék mikrobiális aktivitása. Továbbá szerepe lehet az ecetsav termelés növekedésében annak is, hogy a kezelés következtében lecsökkent fermentálható keményítő mennyiséget igyekszik ily módon pótolni a mikrobapopuláció. A bendőfolyadék vizsgált paramétereinek alakulásából arra lehet következtetni, hogy a kezelt takarmányok etetése nem befolyásolta károsan a bendőben zajló mikrobás fermentációt.

Kísérleti eredményeink egyeznek *Demeterova és Vajda (1998)* azon megállapításával, miszerint a búza nátronlúgos kezelése nem befolyásolja negatívan a bendőfermentációt. A búza formaldehiddel végzett kezelése – ellentétben *Ortega-Cerilla és mtsai (1999a)* árpára vonatkozó adataival – kísérletünkben szignifikáns mértékben megnövelte a bendőfolyadékban az ecetsav, a propionsav- és a n-vajsav moláris arányát.

3.3.6. A NaOH-dal és a formaldehiddel végzett kezelés hatása a keményítő és egyes táplálóanyagok posztruminális lebomlására

A duodenum, továbbá az ileocekális kanülön keresztül vett chymus minták pH-jának és ammóniatartalmának alakulását a 15. táblázatban foglaltuk össze.

Az adatokból látható, hogy a NaOH-dal, illetve a formaldehiddel kezelt búza etetésének nincs szignifikáns hatása a duodenális chymus minták pH-jának alakulására, az alkalmazott kezelések viszont kismértékben ugyan, de szignifikánsan ($P < 0,05$) növelték (2% NaOH), illetve csökkentették (2% formaldehid) a chymus ammóniatartalmát.

15. táblázat

A duodenális és az ileális chymus minták pH-jának és NH₃-tartalmának alakulása (napi átlag adatok)

Megnevezés	Kontroll szakasz	2% NaOH	2% Formaldehid*
A duodenális chymus pH-ja	2,51±0,26 ^a	2,42±0,44 ^a	2,46±0,26 ^a
A duodenális chymus NH ₃ -tartalma (mmol/l)	5,25±2,13 ^a	5,73±2,45 ^b	4,15±1,78 ^b
Az ileális chymus pH-ja	7,68±0,35 ^a	7,65±0,39 ^a	7,39±0,32 ^b
Az ileális chymus NH ₃ -tartalma (mmol/l)	8,53±4,04 ^a	9,90±3,81 ^a	9,72±4,24 ^a

*a nyersfehérje-tartalom (120 g/kg takarmány) 2%-ának megfelelő dózis

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. $P < 0,05$)

Az ileocekális kanülön keresztül vett chymus minták pH-ja a formaldehiddel végzett kezelés következtében kismértékben, szignifikánsan ($P < 0,05$) csökkent, míg a nátronlúgos kezelés nem befolyásolta a pH alakulását. A vizsgált ileális chymus minták NH_3 -koncentrációja minimális mértékben és nem is szignifikánsan növekedett a kémiai kezelések hatására. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az alkalmazott kémiai anyagok sem a duodenális, sem az ileális chymus minták pH-ját, illetve ammónia-tartalmát nem befolyásolták érdemben.

A bendő-, duodenum-, valamint ileocekális kanüllel ellátott tinókkal etetett takarmányadag szárazanyagának, illetve egyes táplálóanyagainak (nyersfehérje, nyersrost, keményítő) a bendőben, valamint a vékonybélben történő lebomlásával kapcsolatos adatokat a 16. táblázatban foglaltuk össze. A kísérleti adatokból megállapítható, hogy a napi takarmányadaggal elfogyasztott szárazanyag megközelítőleg 42-44%-a lebomlott a bendőben. Az alkalmazott kezelések tendenciózusan megnövelték a duodénumba jutó szárazanyag mennyiségét, a kontroll szakaszban mért 56,80%-ról, a NaOH-dal kezelt búza etetésekor 58,51%-ra, míg a formaldehid esetében 58,12%-ra nőtt ugyanis a vékonybélbe jutó szárazanyag. Az ileumból kilépő szárazanyag mennyisége alapján megállapítható, hogy a kezelések nem befolyásolták kedvezőtlenül a vékonybélben lebomló és onnan felszívódó szárazanyag mennyiségét. A vékonybélből felszívódó szárazanyag az elfogyasztott szárazanyagának ugyanis 22,1 (kontroll), 21,3 (NaOH), illetve 23,5%-át (formaldehid) teszi ki.

16. táblázat

**Az etetett takarmányadag szárazanyag-, keményítő-, nyersfehérje,
nyersrost-tartalmának lebomlása a bendőben és a vékonybélben**

(1000 g szárazanyagra számított adatok)

Megnevezés	Kontroll szakasz	2% NaOH	2% Formaldehid ¹
Szárazanyag			
Napi átlagos szárazanyag-felvétel (g/nap)	9022	9782	10515
A duodénumba jutó chymus szárazanyag (g/nap)	5125	5724	6112
A duodénumba jutó szárazanyag a felvétel %-ában	56,80±8,52 ^a	58,51±8,09 ^a	58,12±5,32 ^a
Az ileumból kilépő chymus szárazanyag (g/nap)	3134	3638	3641
A vékonybélből felszívódott szárazanyag (g/nap)	1991	2086	2471
Keményítő			
Napi átlagos keményítő felvétel (g/nap)	3164	3275	3541
Bendőben lebomló keményítő (g/nap)	2825	2741	2946
A bendőben lebomló keményítő a felvétel %-ában	89,28	83,70	83,20
A duodénumba jutó keményítő (g/nap)	339,2	533,2	593,8
A duodénumba jutó keményítő a felvétel %-ában	10,72±3,89 ^a	16,28±4,47 ^b	16,77±3,48 ^b
Az ileumból kilépő keményítő (g/nap)	110,7	119,7	159,6
A vékonybélben emésztett és felszívódott keményítő (g/nap)	228,5	413,5	434,2
Elméleti glükózfelszívódás a vékonybélből (g/nap) ²	251,3	454,8	477,6
Nyersfehérje			
Napi átlagos fehérje felvétel (g/nap)	959	1019	1085
A duodénumba jutó fehérje (g/nap)	1169	1296	1371
Mikrobafehérje (g/nap)	952	1039	989
A duodénumba jutó fehérje a felvétel %-ában	121,89±10,56 ^a	127,18±11,89 ^a	126,36±7,99 ^a
Az ileumból kilépő fehérje (g/nap)	386,1	440,3	485,1
A vékonybélből felszívódott fehérje (g/nap)	782,9	855,7	885,9
A vékonybélből felszívódott fehérje (%)	66,97	66,03	64,62
A felvett nyersfehérjéből felszívódott (%)	81,64	83,97	81,65
Nyersrost			
Napi átlagos rost felvétel (g/nap)	1958	2184	2067
A duodénumba jutó rost (g/nap)	618,7	592,7	626,3
A duodénumba jutó rost a felvétel %-ában	31,60±3,69 ^a	27,14±4,42 ^b	30,30±5,72 ^{ab}
A bendőben lebomló rost a felvétel %-ában	68,40	72,86	69,70

¹a nyersfehérje-tartalom (120 g/kg takarmány) 2%-ának megfelelő dózis

²1 g keményítő 1,1 g glükózt szolgáltat az enzimes hidrolízist követően (Flachowsky és Lebzién, 1997 alapján)

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. P<0,05)

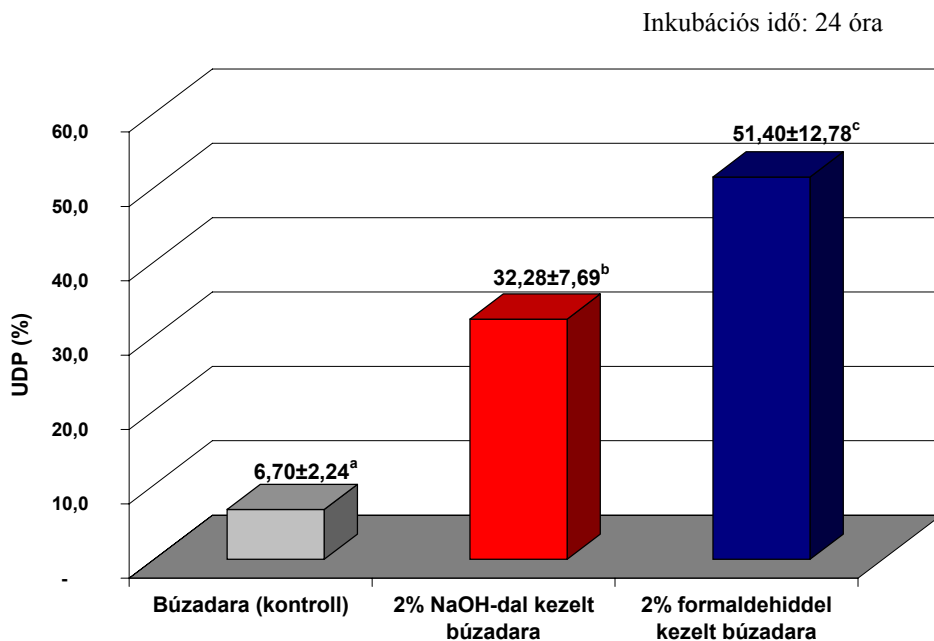
A 16. táblázat adatai azt is igazolják, hogy a nátronlúg kedvező hatású a rost bendőbeli lebomlására, a 2%-os NaOH-dal végzett kezelés ugyanis szignifikánsan ($P < 0,05$) megnövelte a nyersrost bendőbeli degradabilitását. Ez a tény szinkronban van a nátronlúg bendőfermentációra gyakorolt hatásával, amellyel kapcsolatban igazoltuk, hogy a kezelés szignifikánsan növeli a bendőbeli acetát koncentrációt. A kedvező hatás oka *Lebzien* és *mtsai* (1996) szerint az lehet, hogy a nátronlúg a rostfrakciók részleges hidrolízisével javítja a gabonamagvak maghéjának bendőbeli lebomlását. A búza NaOH-dal végzett kezelésekor kapott eredményeink szinkronban vannak *McNiven* és *mtsai* (1995) adataival is, akik a NaOH-dal kezelt árpa etetését követően szintén a bendőbeli rost emészthetőség javulását tapasztalták. A formaldehides kezelés viszont nem volt szignifikáns hatással a nyersrost bendőbeli degradabilitására.

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy valamennyi vizsgálati szakaszban több nyersfehérje jut a bendőből a duodenumba, mint amit a takarmányadag tartalmazott. A többlet a rumino-hepatikus körforgás útján a bendőbe kerülő karbamiddal magyarázható. A mért többlet jó egyezőséget mutat azzal a nyersfehérje mennyiséggel, amely az *NRC* (1985) által a bendőbe recirkuláló N, illetve fehérje megállapítására javasolt regressziós összefüggéssel kiszámítható. A vizsgált kémiai kezelések a kontroll szakaszhoz viszonyítva bár egyértelműen, de nem szignifikáns mértékben növelték a duodenumba jutó nyersfehérje mennyiségét. Ennek több oka is lehet. Származhat a többlet a nagyobb recirkulációból, vagy a mikrobafehérje szintézis növekedéséből, de oka lehet a duodenumba jutó többlet fehérjének az is, hogy a kezelések mérsékeltek a fehérje bendőbeli

lebonthatóságát. Ez utóbbi feltevés igazolására egy *in situ* vizsgálatot végeztünk, amelynek eredményeit a 3. ábra szemlélteti.

3. ábra

A NaOH-dal és a formaldehiddel végzett kezelés hatása a búza bypass fehérjetartalmának alakulására



a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,001$)

A 3. ábra adatai azt igazolják, hogy mind a NaOH-dal, mind a formaldehiddel végzett kezelés szignifikánsan ($P < 0,001$) csökkenti a fehérje bendőbeli lebonthatóságát, ami egyik oka, hogy a két kísérleti szakaszban több fehérje jut a duodenumba, mint a kontroll szakaszban.

A 16. táblázat adatai azt is igazolják, hogy a kezelések nem befolyásolták károsan a bendőben zajló mikrobafehérje szintézist. Az

ileumból kilépő nyersfehérje mennyisége alapján az is megállapítható, hogy a NaOH-dal végzett kezelés csak kismértékben csökkentette a fehérje vékonybélbeli emészthetőségét. A formaldehid posztruminális fehérjeemészthetőséget mérséklő hatása már nagyobb a nátronlúgnál, a napi nyersfehérje felvételtől felszívódó aminosav hányad azonban nem csökken a kontroll szakaszhoz képest.

A kontroll szakaszban elfogyasztott takarmányadag keményítőtartalmának döntő hányada (89,28%-a) lebomlott a bendőben és a felvett keményítőnek csak 10,72%-a jutott a duodénumba. Ugyanakkor a 2% NaOH-dal végzett kezelés hatására a takarmányadag keményítője csak kisebb mértékben (83,70%) fermentálódott az előgyomrokban, aminek következtében a kontrollhoz képest szignifikánsan ($P < 0,05$) növekedett az emésztőcső posztruminális szakaszába jutó keményítő mennyisége. Eredményeink más szerzők adataival egybehangzóan azt igazolják, hogy a NaOH-dal végzett kezeléssel csökkenteni lehet a keményítő bendőbeli degradabilitását (*Lebzien és mtsai*, 1996) és ennek hatására több keményítő jut az emésztőcső posztruminális szakaszába (*Homolka és mtsai*, 2001; *Phipps és mtsai*, 2001).

A formaldehiddel végzett kezelés ugyancsak csökkentette a keményítő bendőbeli lebomlását, aminek eredményeként szignifikánsan ($P < 0,05$) növekedett a duodenumba jutó keményítő mennyisége. Ezek az eredmények megegyeznek *Fluharty és Loerch* (1989), *Oke és Loerch* (1989), *McAllister és mtsai* (1990) tapasztalataival, akik a kukorica és az árpa keményítőjének bendőbeli degradációját tudták formaldehiddel végzett kezeléssel mérsékelni.

A kezelések feltehetően oly módon fejtik ki hatásukat, hogy mind a NaOH, mind a formaldehid csökkenti a keményítőszemcséket körbevevő fehérjemátrix bendőbeli lebonthatóságát, akadályozva ezzel a keményítő bakteriális fermentációját.

Eredményeink azt is igazolták, hogy a tehén amiláz termelése képes adaptálódni a duodenumba jutó keményítő mennyiségének növekedéséhez. Ezt támasztja alá az a tény, hogy a keményítő vékonybélbeli emészthetősége annak ellenére sem romlott – hanem még növekedett is – a kontroll szakaszban mért 67,36%-os emészthetőséghez képest, hogy a nátronlúggal végzett kezelés eredményeként 57%-kal, a formaldehides kezelés hatására pedig 75%-kal több keményítő jutott a duodenumba, mint a kontroll szakaszban. A nátrium-hidroxidos, illetve a formaldehides kísérleti szakaszokban ugyanis 77,55%-nak, illetve 73,12%-nak találtuk a keményítő vékonybélbeli emészthetőségét. A keményítő vékonybélbeli emészthetőségére vonatkozó eredményeink megfelelnek az irodalomban ezzel kapcsolatban fellelhető adatoknak (*Owens és mtsai*, 1986; *Verasilp*, 1986, illetve *Shuldt*, 1989 cit. *Matthé*, 2003).

Összefoglalóan tehát megállapítható, hogy a búza NaOH-dal, valamint formaldehiddel történő kezelése szignifikánsan csökkenti a keményítő bendőbeli lebomlását, aminek eredményeként ugyancsak szignifikáns mértékben növekszik a duodenumba jutó keményítő mennyisége. A többlet keményítő nagy része megemésztődik és az emésztés termékei fel is szívódnak. Kísérletünkben a NaOH-dos szakaszban 203, a formaldehides szakaszban pedig 226 g-mal több glükóz szívódott fel, mint a kontroll szakaszban, ami abban az esetben is előny, ha ezt a többlet glükózt

nem közvetlenül a laktóz szintézishez, hanem más célokra (pl. a bélcső szöveteinek anyagcseréjéhez) használják fel a tehenek, hiszen az ilyen irányú glükóz felhasználás is csökkenti a glükoneogenezis mértékét és ezáltal mérsékli a máj terhelését.

3.3.7. A NaOH-dal kezelt búza etetése a nagy tejtermelésű tehenekkel (üzemi kísérlet)

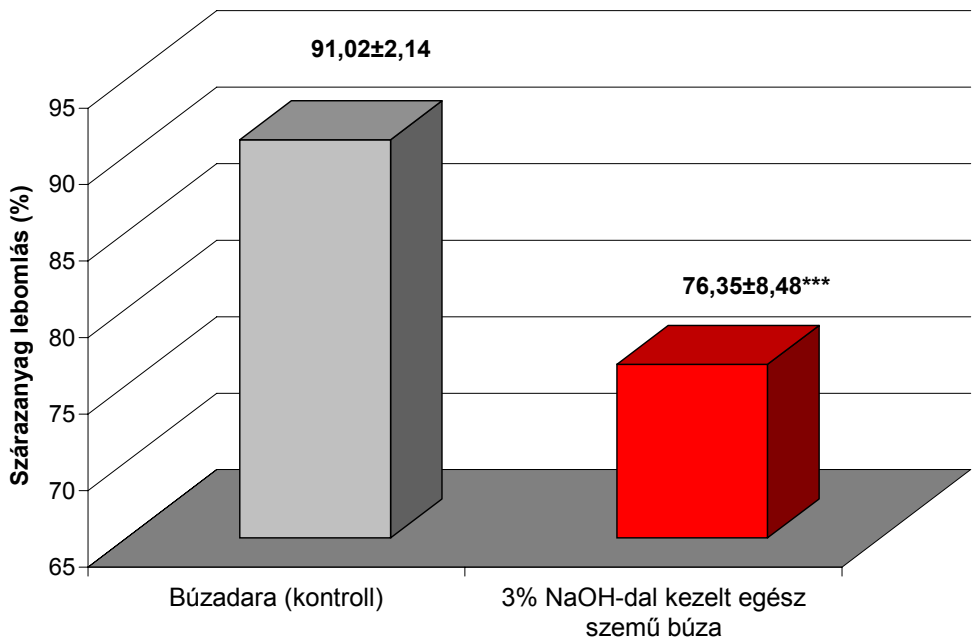
Az üzemi kísérletben felhasznált NaOH-dal kezelt búza szárazanyagának és keményítőtartalmának bendőbeli lebonthatóságára vonatkozó eredményeket a 4. és az 5. ábrán szemléltettük.

Az adatokból megállapítható, hogy az egész szemű búza 3% nátronlúggal történő kezelése szignifikáns ($P < 0,001$) mértékben csökkentette a kezeletlen búzadarához képest a szárazanyag bendőbeli degradabilitását. A szárazanyag lebontási adatok tendenciájával egyezően a nátronlúgos kezelés a kezeletlen búzadarához viszonyítva 2,07%-ról 20,57%-ra, szignifikáns mértékben ($P < 0,001$) növelte a bypass keményítő mennyiségét.

4. ábra

Az üzemi kísérletben etetett búzadara és a NaOH-dal kezelt egész szemű búza szárazanyag lebomlásának¹ alakulása

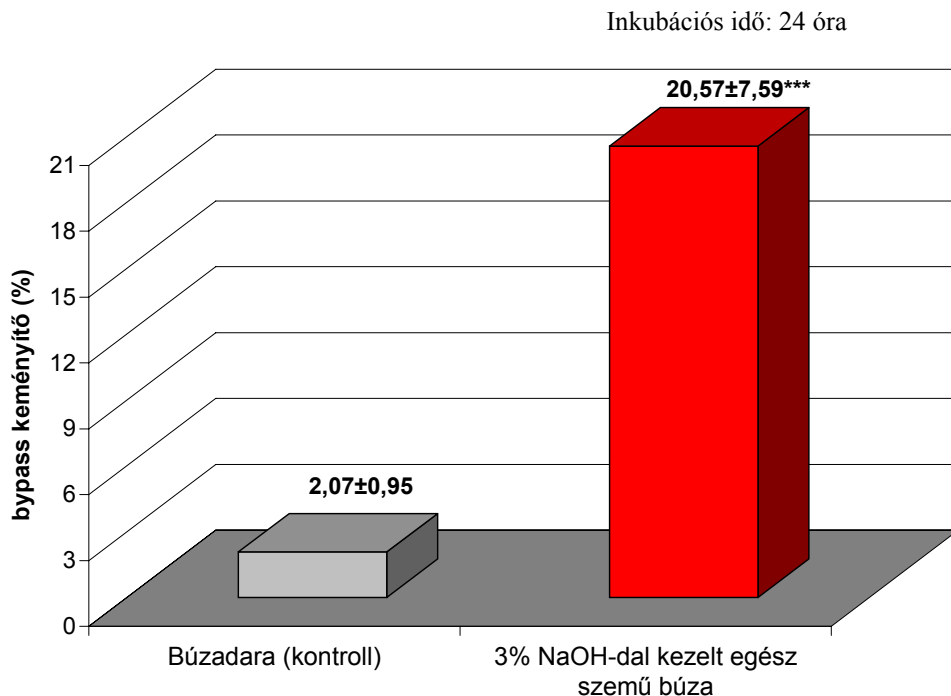
Inkubációs idő: 24 óra



A kontroll értékhez viszonyítva: ***P<0,001
¹a légszáranyag %-ában

5. ábra

Az üzemi kísérletben etetett búzadara és a nátronlúggal kezelt egész szemű búza bypass keményítőtartalmának¹ alakulása



A kontroll értékhez viszonyítva: *** $P < 0,001$
¹a keményítőtartalom %-ában

Üzemi kísérletünkben a NaOH-dal kezelt egész szemű búza etetése, a kontroll búzadarát fogyasztó csoporthoz képest, szignifikáns mértékben növelte a kísérleti állatok tejtermelését és a tejfehérje-tartalmát (17. táblázat), bár utóbbi növekedésének mértékét (+0,07%) nem célszerű túlértékelni. A tejtermelésben állatonként és naponta bekövetkezett megközelítőleg 1,1 kg-os növekedés ugyanakkor már értékelhető különbségnek tekinthető. Elsősorban a tejfehérje koncentrációjának

növekedése következtében szignifikáns mértékben ($P < 0,05$) nőtt a kísérleti csoport tejének zsírintes szárazanyag tartalma is. A tejsír- és laktóztartalom gyakorlatilag nem változott a nátronlúgos kezelés hatására.

17. táblázat

**A napi tejtermelés és a tej összetételének alakulása
a kísérleti szakaszban**

Megnevezés	Kontroll	Kísérleti
	<i>csoport</i>	
Tejtermelés (kg/nap)	31,94±4,77	33,03±4,03***
<i>A tej összetétele, % (m/m)</i>		
Tejsír (%)	3,78±0,42	3,78±0,54
Tejfehérje (%)	3,38±0,27	3,45±0,25*
Tejcukor (%)	4,74±0,17	4,75±0,18
Szárazanyag (%)	12,72±0,73	12,71±0,78
Zsírintes szárazanyag (%)	8,80±0,37	8,91±0,33*

A kontroll értékekhez viszonyítva: * $P < 0,05$; *** $P < 0,001$

Ugyanakkor a kezelés nem befolyásolta statisztikailag igazolható mértékben a tejjel naponta termelt táplálóanyagok mennyiségét, az ebben a tekintetben megállapított különbségek elhanyagolhatóak (18. táblázat). Ebben az esetben is csak a napi tejjel termelt fehérje és a zsírintes szárazanyag növekedett csekély mértékben a NaOH-dal végzett kezelés hatására.

18. táblázat

**A tejjel naponta termelt táplálóanyagok
mennyisége a kísérleti szakaszban**

Megnevezés	Kontroll	Kísérleti
	<i>csoport</i>	
Tejsír (g/nap)	1261±185,6	1265±204,4 NS
Tejfehérje (g/nap)	1097±130,9	1126±116,4 NS
Tejcukor (g/nap)	1547±248,9	1538±219,6 NS
Száranyag (g/nap)	4210±570,5	4131±505,3 NS
Zsírintes száranyag (g/nap)	2868±389,1	2892±345,9 NS

A kontroll értékekhez viszonyítva: NS (nem szignifikáns)

In situ eredményeink jó egyezést mutatnak *Lebzien* és *mtsai* (1996) vizsgálati adataival, akik a nátronlúg használatával ugyancsak jelentős mértékben csökkentették a keményítő bendőbeli degradabilitását. A 3.3.3. fejezetben tárgyalt *in situ* vizsgálati eredményeket is figyelembe véve megállapítható, hogy az egész szemű búza NaOH-dal történő kezelése a búzadara nátronlúgos kezeléshez képest lényegesen nagyobb mértékben mérsékli a szárazanyag lebomlást. Ennek legfőbb oka az eltérő fizikai forma (egész szem, illetve dara) lehet. A gyakorlat számára mindenképpen az egész szemű búza nátronlúgos kezelése javasolható, mert ezáltal a darálás költsége megtakarítható. Ugyanakkor felvetődhet, hogy az egész szemű búza táplálóanyagainak emészthetősége kisebb mértékben csökken a búzadarához képest. Ennek vizsgálatára célszerű további kísérleteket végezni.

Az egész gabonamagvak nátronlúggal történő kezelése „*Sodagrain*” néven vonult be a takarmányozás gyakorlatába, és főleg ott terjedt el, ahol a búzát nagyobb részarányban használják a tejelő tehének takarmányozásában (pl. Írország, Németország). A viszonylag jelentős gyakorlati elterjedtség ellenére kevés tudományos igényű kísérletben vizsgálták az eljárást. Irodalmi adatok szerint a NaOH-dal kezelt búza etetése még nagy adagban sem hátrányos hatású az állatok egészségére (*Daenicke és Lebzien, 1995*), sőt lúgosító hatásának köszönhetően hatékonyan használható az acidózis megelőzésére (*Demeterova és Vajda, 2000*). Ugyanakkor az említett szerzők által végzett etetési kísérletekben – adatainkkal ellentétben – a lúggal kezelt búzát fogyasztó állatoknak nem növekedett a tejtermelése, illetve nem változott a tej összetétele sem.

Az etetési kísérletünkben elért tejtermelés növekedése véleményünk szerint azzal áll összefüggésben, hogy a NaOH-dal kezelt búza keményítőjének kisebb bendőbeli lebomlása következtében több glükóz szívódik fel és áll a laktóz szintézis rendelkezésére. A tej fehérjetartalmának növekedése ugyancsak a jobb glükózellátás következménye lehetett. Feltételezésünk szerint ebben az esetben ugyanis kevesebb aminosavat, illetve egyéb glükózprekurzort kényszerültek a tehének a glükoneogenezishez felhasználni.

A nátronlúggal kezelt búza etetésének az állatok teljesítményére gyakorolt hatására vonatkozó kísérleti eredményeink megerősítésére célszerű lenne hosszabb ideig tartó vizsgálatokat végezni, amelyek egyúttal arra is választ adhatnának, hogy a máj hosszabb távon történő „tehermentesítése” milyen további előnyökkel jár.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett *in situ* vizsgálatok során 8, a hazai kukoricatermesztésben fontos szerepet betöltő, eltérő éréscsoportba tartozó kukoricahibrid esetében igazoltuk, hogy az egyes hibridek szárazanyagának és keményítőjének bendőbeli lebonthatósága szignifikánsan különbözik egymástól. A vizsgált kukoricafajták és -hibridek esetében megállapítottuk, hogy a bendőbeli szárazanyag lebomlás és a bypass keményítőtartalom között nagyon szoros ($r=0,954$; $P<0,001$) összefüggés áll fenn.

A keményítő bendőbeli lebomlását különböző kémiai kezelésekkel (nátrium-hidroxid, ammónium-hidroxid, glioxál, glutáraldehid, formaldehid) igyekeztünk csökkenteni. A kezelések hatását ugyancsak *in situ* vizsgálatokkal értékeltünk. Megállapítottuk, hogy a kukorica és cirok esetében a NaOH-dal végzett kezelés egyértelműen növelte a szárazanyag és a keményítő bendőbeli lebomlását. A többi gabonamag (búza, rozs, tritikálé, árpa, zab) esetében a 2% NaOH-dal történő kezelés szignifikánsan mérsékelte a szárazanyag és a keményítő bendőbeli degradabilitását. A vizsgált gabonamagvak közül a NaOH-os kezelésre a búza, a rozs és a tritikálé reagált a leghatékonyabban. A NaOH-dal végzett kezelés esetében azt is megállapítottuk, hogy a bypass keményítő mennyisége azokban az esetekben a legnagyobb, amikor a szárazanyag lebomlás mérsékelte. A két adatsor között – a kukoricahibridekhez hasonlóan – igen szoros ($r=0,907$; $P<0,001$) korrelációt állapítottunk meg.

A NaOH-dal szerzett tapasztalatokkal ellentétben, a búza és a kukorica ammónium-hidroxiddal (1,5; 3 és 4%) történő kezelése nem

befolyásolta lényegesen a szárazanyag és a keményítő bendőbeli lebomlását.

A 3 vizsgált aldehid (a nyersfehérje-tartalom 0,5; 1 és 2%-ának megfelelő koncentrációban alkalmazott glioxál, glutáraldehid, formaldehid) közül, a glioxál bizonyult a legkevésbé hatékonynak, bár a nagyobb koncentrációk (1 és 2%) a kukorica és a búza esetében szignifikáns mértékben csökkentették a szárazanyag bendőbeli degradabilitását, illetve növelték a bypass keményítő mennyiségét. A kukorica és a búza glutáraldehiddel és formaldehiddel végzett kezelése a koncentráció növelésével arányosan csökkentette a bendőbeli szárazanyag lebontást. Ennek megfelelően – bár a kezelés mindegyik koncentrációnál szignifikáns hatású volt – mind a két gabonafélénél a legmagasabb dózis (2%) csökkentette a legnagyobb mértékben a szárazanyag lebomlást és növelte leghatékonyabban a bypass keményítő mennyiségét.

Igazoltuk azt is, hogy a 2% NaOH-dal, illetve a nyersfehérje-tartalom 2%-ának megfelelő dózisban alkalmazott formaldehiddel kezelt búza napi 2 kg-os mennyiségben etetve nem rontotta a bendőfermentáció fontosabb paramétereit (pH, NH_3 , illózsírsav-termelés, mikrobiális aktivitás).

A bendőfermentációs vizsgálatokat követően, a NaOH-dal, továbbá a formaldehiddel kezelt búzadarát tartalmazó takarmányadag egyes táplálóanyagainak (nyersfehérje, nyersrost, keményítő) ruminális és posztruminális lebomlását is vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a nátronlúggal végzett kezelés növeli a nyersrost bendőbeli lebomlását. A formaldehid esetében is megfigyelhető volt a bendőben lebomló nyersrost

mennyiségének növekedése. Az általunk vizsgált kémiai anyagok egyértelműen, bár nem szignifikánsan megnövelték a vékonybélbe jutó fehérje mennyiségét. Ugyanakkor a NaOH-dal, illetve a formaldehiddel végzett kezelés hatására szignifikáns mértékben csökkent a keményítő bendőbeli lebomlása, illetve ezzel párhuzamosan nőtt a duodenumba jutó keményítő mennyisége. Az erre vonatkozó irodalmi adatokon túlmenően azt is igazoltuk, hogy a kezelések hatására a bendőből továbbjutó keményítő képes a vékonybélben emésztődni majd felszívódni, aminek következtében javul az állatok glükózellátottsága, függetlenül attól, hogy ez a többlet glükóz milyen célra hasznosul.

Az elvégzett üzemi kísérletben a tehenenként napi 2 kg-os adagban etetett 3% NaOH-dal kezelt egész szemű búza a kezeletlen búzadarához képest szignifikánsan növelte a tehenek tejtermelését, illetve a tej fehérje, valamint zsírintes szárazanyag tartalmát, míg a kezelés a többi vizsgált paramétert (tejzsír, tejcukor, szárazanyag) nem befolyásolta szignifikáns mértékben. A kapott kedvező eredmények alapján azokban az üzemekben, ahol a búza nagyobb arányban szerepel az abrakkeverékben javasoljuk a nátronlúggal végzett kezelés bevezetését.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A bendő-, a duodénum- és ileocekális kanüllel ellátott állatokkal végzett *in situ* és egyéb anyagforgalmi vizsgálatok, illetve a nagyüzemi tejtermelési kísérlet eredményei alapján a következő új tudományos eredmények fogalmazhatók meg:

1. Kutatásaink során elsőként vizsgáltuk a hazánkban termesztett fontosabb kukoricahibridek szárazanyag- és keményítőtartalmának bendőbeli lebonthatóságát. Eredményeink értelmében az eltérő éréscsoportba tartozó egyes kukoricahibridek szárazanyag- és keményítőtartalmának degradabilitásában szignifikáns különbség áll fenn.
2. A szárazanyag és a keményítő bendőbeli degradabilitása között a NaOH-dal kezelt kukorica, cirok, búza, árpa, rozs, zab, tritikálé esetében $r=0,907$, a különböző kukoricahibrideknél pedig $r=0,954$ összefüggést állapítottunk meg. Az igen szoros összefüggés alapján a bendőbeli szárazanyag lebomlás ismeretében nagy biztonsággal lehet következtetni a gabonamagvak keményítőjének degradabilitására, illetve a bypass keményítő hányadra.
3. *In situ* vizsgálatokkal megállapítottuk, hogy a 2, 4, 6 és 8% NaOH-dal végzett kezelés a kukorica és a cirok esetében szignifikánsan növeli a szárazanyag és a keményítő bendőbeli lebonthatóságát. Ugyanakkor a búza, a rozs, a tritikálé, a zab és az árpa említett

nátronlúg mennyiségekkel történő kezelésekor a 2%-os koncentráció szignifikánsan mérsékeli mind a szárazanyag, mind a keményítő bendőbeli lebomlását.

4. Az NH_4OH 1,5; 3,0 és 4,5%-os mennyiségben alkalmazva a kukorica és a búza esetében, az *in situ* vizsgálatok eredményei alapján, nem alkalmas a keményítő bendőbeli védelmére. Ugyancsak *in situ* vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a nyersfehérje-tartalom 1 és 2%-ában alkalmazott glioxál, illetve a 0,5; 1 és 2%-ában használt glutáraldehid és formaldehid a kukorica és a búza esetében szignifikáns mértékben csökkenti a szárazanyag és a keményítő bendőbeli lebomlását.
5. A 2% NaOH-dal, illetve a nyersfehérje-tartalom 2%-ának megfelelő dózisban alkalmazott formaldehiddel kezelt búza napi 2 kg-os mennyiségben etetve nem rontja a bendőfermentáció fontosabb paramétereit (pH, NH_3 , illózsírsav-termelés, mikrobiális aktivitás). A 2% NaOH-dal végzett kezelés szignifikánsan javítja a nyersrost bendőbeli lebomlását.
6. Bendő-, duodénum és ileocekális kanüllel ellátott tinókkal végzett vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a 2% NaOH-dal és a nyersfehérje-tartalom 2%-ának megfelelő mennyiségű formaldehiddel kezelt búza etetésekor szignifikánsan több keményítő jut a vékonybélbe és ez a

többször keményítő képes hasznosulni a vékonybélben, aminek következtében javul az állatok glükózellátása.

7. Üzemi kísérletben igazoltuk, hogy a 3% NaOH-dal kezelt egész szemű búza a kezeletlen búzadarához képest növeli a tejtermelést és a tej fehérje-, valamint zsírtartalmát.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetem fejezem ki **Dr. Schmidt János** egyetemi tanárnak, aki témavezetőként biztosította a kutatómunkámhoz szükséges feltételeket és szakmai iránymutatásával segítette munkámat. Köszönettel és hálával tartozom a *Takarmányozástani Tanszék* valamennyi munkatársának (**B. Kissné Dr. Kelemen Gertrúd**, tanszékvezető, egyetemi docens; **Dr. Sipócz József**, egyetemi adjunktus; **Németh Valéria** laborvezető, **Bán Tiborné**, **Meszlényi Lászlóné**, †**Meszlényi Sándorné**, **Tölts Sándorné**, **Vedrődi Istvánné** és **Winkler Károlyné** laboránsok), azért a segítségért, amit a kísérletek lebonyolításához, a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez és az adatok értékeléséhez nyújtottak. Köszönöm a Kar *Állattenyésztési és Takarmányozási Kísérleti Telepén* dolgozó munkatársaknak a modellvizsgálatokban és a takarmányok előállításában, kezelésében kifejtett lelkiismeretes munkáját.

A nagyüzemi kísérletben nyújtott segítségükért a *Solum Rt.*, a *Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft.* és a *Keenan Hungária Kft.* munkatársainak tartozom köszönettel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Abel, H.J. (1995): Laktation. (in: *Abel, H.J. – Flachowsky, G. – Jeroch, H. – Molnar, S.*: Nutztierenahrung. Gustav-Fischer-Verlag Jena, Stuttgart, 289-301.

Abel, H.J. – Vaitiekunas, M. – Masch, E. (1992): Fette und Kohlenhydrate als Energieträger im Milchleistungsfutter. Kraftfutter, 2. 44-48.

Abel, H.J. – Luilampe, J. – Russe, S. – Ahrens, F. (1997): Zur Kinetik des Glucoseumsatzes bei Milchkühen mit abomasaler Casein- oder Wasserinfusion. Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) 10. Internationale Vortragstagung – Verdauungsphysiologie und Stoffumsatz beim Wiederkäuer (ed. Voight, J. und Hagemeyer, H.). 50-59.

Aldrich, J.M. – Muller, L.D. – Varga, G.A. – Griel, L.C. (1993): Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow and performance of dairy cows. J. Dairy Sci., 76. 4. 1091-1105.

Arieli, A. – Abramson, S. – Mabjeesh, S.J. – Zamwel, S. – Bruckental, I. (2001): Effect of site and source of energy supplementation on milk yield in dairy cows. J. Dairy Sci., 84. 462-470.

Axe, D.E. – Bolsen, K.K. – Harmon, D.L. – Lee, R.W. – Milliken, G.A. – Avery, T.B. (1987): Effect of wheat and high-moisture sorghum grain fed singly and in combination on ruminal fermentation, solid and liquid flow, site and extent of digestion and feeding performance of cattle. J. Anim. Sci., 64. 3. 897-906.

Bal, M.A. – Shaver, R.D. – Al-Jobeile, H. – Coors, J.G. – Lauer, J.G. (2000): Corn silage hybrid effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci., 83. 12. 2849-2858.

- Ballard, C.S. – Mandebvu, P. – Sniffen, C.J. – Emanuele, S.M. – Carter, M.P.* (2001): Effect of feeding an energy supplement to dairy cows pre- and postpartum on intake, milk yield and incidence of ketosis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 93. 1-2. 55-69.
- Barajas, R. – Zinn, R.A.* (1998): The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn for feedlot cattle: influence of protein supplementation. *J. Anim. Sci.*, 76. 7. 1744-1752.
- Barry, T. N.* (1976): Effectiveness of formaldehyde treatment in protecting dietary-protein from rumen microbial degradation. *Proc. Nutr.Society*, 35. 2. 221-229.
- Bergner, H. – Hoffmann, L.* (1997): Bioenergetik und Stoffproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere. Kapitel 3.: Bioenergetik des intermediären Nährstoffumsatzes. Harward Academie Publishers Deutschland, 51-58.
- Bettenay, R.A.* (1980): Comparison of caustic soda-treated barley and rolled barley in the ration of dairy cows. *Austral. J. Exp. Ag. Anim. Ilusb.* 20. 394-397.
- Bigner, D.R. – Goff, J.P. – Faust, M.A. – Tyler, H.D. – Horst, R.L.* (1997): Comparison of oral sodium compounds for the correction of acidosis. *J. Dairy Sci.*, 80. 9. 2162-2166.
- Bobe, G. – Ametaj, B.N. – Young, J.W. – Beitz, D.C.* (2003): Potential treatment of fatty liver with 14-day subcutaneous injections of glucagon. *J. Dairy Sci.* 86. 10. 3138-3147.
- Boss, D.L. – Bowman, G.P.* (1996): Barley varieties for finishing steers. II. Ruminant characteristics and rate, site and extent of digestion. *J. Anim. Sci.*, 74. 8. 1973-1981.
- Brandt, M. – Allam, S.M.* (1987): Analysis of TiO₂ in intestinal-contents and dung, using Kjeldahls method. *Arch. Anim. Nutr.* 37. 5. 453-454.

Brandt, M. – Schuldt, A. – Vearasilp, T. (1986): Körnergetreide und Lieschkolbenschrotsilage in der Milchviehfütterung. Schriftenreihe der Agrarwiss. Fak. Der Univ. Kiel, 45. 90.

Bruckental, I. – Tagari, H. – Arieli, A. – Zamwell, S. – Aharoni, Y. – Genizi, A. (1996): Effect of amount of undegradable crude protein in the diets of high-yielding dairy cows on energy balance and reproduction. *J. Animal Feed Sci.* 5. 2. 95-106.

Brydl, E. (2000): Szubklinikai anyagforgalmi zavarok tejhasznú tehenészetekben. *Takarmányozás*, 3. 2. 4-7.

Bush, L. – Steevens, B.J. – Rauch, K.E. – Alexander, R.M. (1972): Methods of processing sorghum grain for lactating cows. *Anim. Sci. Res. Rep. MP* 87:146.

Calliston, S.L. – Firkins, J.L. – Eastridge, M.L. – Hull, B.L. (2001): Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam-rolled. *J. Dairy Sci.*, 84. 6. 1458-1467.

Campling, R.C. (1991): Processing cereal grains for cattle – a review. *Livestock Prod. Sci.*, 28. 223-234.

Caspers, D.P. – Schingoethe, D.J. (1989): Lactational response of dairy cows to diets varying in ruminal solubilities of carbohydrate and crude protein. *J. Dairy Sci.*, 72. 4. 928-941.

Caspers, D.P. – Schingoethe, D.J. – Eisenbeisz, W.A. (1990): Response of early lactation dairy cows fed diets varying in source of nonstructural carbohydrate and crude protein. *J. Dairy Sci.*, 73. 4. 1039-1050.

Chaiyabutr, N. – Komolvanich, S. – Sawangkoon, S. – Preuksagorn, S. – Chanpongsang, S. (1998): Glucose metabolism *in vivo* crossbred Holstein cattle feeding on different types of roughage during late pregnancy and early lactation. *Comp. Biochem. Physiol.*, 119. 905-913.

Chalmers, J.S. – Thomas, P.C. – Chamberlain, D.G. (1980): The effect of intraruminal infusions of propionic acid on milk composition in cows given silage diets. *Proceedings of Nutrition Society*, 39. 2. A27-A27.

Chen, K.H. – Huber, J.T. – Simas, J. – Theurer, C.B. – Yu, P. – Chan, S.C. – Santos, F. – Wu, Z., – Swingle, R.S. (1995): Effect of enzyme treatment or steam-flaking of sorghum grain on lactation and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 78. 8. 1721-1727.

Chen, K.H. – Huber, J.T. – Theurer, C.B. – Swingle, R.S. – Simas, J. – Chan, S.C. – Wu, Z. – Sullivan, S.L. (1994): Effect of steam flaking of corn and sorghum grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 77. 4. 1038-1043.

Clark, J.H. (1975): Lactational responses to postruminal administration of proteins and amino acids. *J. Dairy Sci.*, 58. 8. 1178-1197.

Clark, J.H. – Spires, H.R. – Derrig, R.G. – Bennink, M.R. (1977): Milk production, nitrogen utilization and glucose synthesis in lactating cows infused postruminally with sodium caseinate and glucose. *J. Nutr.*, 107. 4. 631-644.

Clary, J.J. – Mitchell, G.E. – Little, C.O. – Bradley, N.W. (1969): Pancreatic amylase activity from ruminants fed different rations. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 47. 161.

Combe, N.B. – Smith, R.H. (1973): Carbohydrases of the bovine small intestine. *Br. J. Nutr.*, 30. 269-276.

Combe, N.B. – Smith, R.H. (1974): Digestion and absorption of starch, maltose and lactose by the preruminant calf. *Br. J. Nutr.*, 31. 227-235.

Cone, J.W. (1991): Degradation of starch in feed concentrates by enzymes, rumen fluid and rumen enzymes. *J. Sci. Food Agri.*, 54. 23-34.

Cone, J.W. – Clinetheil, W. – Malstein, A. – Vantklooster, A.T. (1989): Degradation of starch by incubation with rumen fluid. A comparison of different starch sources. *J. Sci. Food Agri.*, 49. 2. 171-183.

Cone, J.W. – Vlot, M. (1990): Comparison of degradability of starch in concentrates by enzymes and rumen fluid. *J. Anim. Physiol. and Anim. Nutr.* 63. 142-148.

Cozzi, G. – Berzaghi, P. – Gottardo, F. – Gabai, G. – Andrighetto, I. (1996): Effects of feeding propylene glycol to mid-lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 64. 1. 43-51.

Csapó J. – Gombos S. – Csapó J-né – Tossenberger J. (1991): A bakteriális eredetű fehérje mennyiségi meghatározása a bendőfolyadék diaminopimelinsav és D-alanin tartalma alapján. *Állatteny. és Tak.* 40. 5. 431-440.

Daenicke, R. – Gädeken, D. – Lebzien, P. (1997): Einsatz von Körnermais in der Milcvieh- und Mastbullenfütterung. *Kurzf.* 11. Maiskolloquium, 41.

Daenicke, R. – Lebzien, P. (1995): Zum einsatz von mit Natronlauge behandeltem weizen (Sodagrain) bei milchkühen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 40, Kongreßband, 705.

Danfaer, A. (1994): Nutrient metabolism and utilization in the liver. *Livest. Prod. Sci.*, 39. 1. 115-127.

Danfaer, A. (1999): Nutrient flow across the liver in dairy cows. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 8. 13-25.

Danfaer, A. – Tetens, V. – Agergaard, N. (1995): Review and an experimental study on the physiological and quantitative aspects of gluconeogenesis in lactating ruminants. *Comp. Biochem. Physiol.*, 111. 2. 201-210.

De Peters, E.J. – Taylor, S.J. (1985): Effects of feeding corn or barley on composition of milk and diet digestibility. *J. Dairy Sci.*, 68. 8. 2027-2032.

De Visser, H. – Klop, A. – van der Koelen, C.J., van Vuuren, A.M. (1998): Starch supplementation of grass harvested at two stages of maturity prior to ensiling: Intake, digestion and degradability by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81. 2221-2227.

De Visser, H. – Van der Togt, P.L. – Tamminga, S. (1990): Structural and nonstructural carbohydrates in concentrate supplements to silage based diets. 1. Feed intake and milk production. *Neth. J. Agric. Sci.*, 38. 3. 487-498.

Demeterova, M. – Vajda, V. (1998): The effect of chemically treated grains on ruminal fermentation. *Czech J. Anim. Sci.*, 43. 11. 503-509.

Demeterova, M. – Vajda, V. (2000): Effect of NaOH treated grain supplement on some variables of intermediary metabolism, acid-base balance, and milk composition in dairy cows. *Czech J. Anim. Sci.*, 45. 1. 25-31.

Dhiman, T.R. – Cadorniga, R.C. – Satter, L.D. (1993): Protein and energy supplementation of high alfalfa silage diets during early lactation. *J. Dairy Sci.*, 76. 7. 1945-1959.

Dhiman, T.R. – Zaman, M.S. – MacQueen, I.S. – Boman, R.L. (2002): Influence of corn processing and frequency of feeding on cow performance. *J. Dairy Sci.*, 85. 1. 217-226.

Dixon, R.M. – Nolan, J.V. (1982): Studies of the large intestine of sheep. 1. Fermentation and absorption in sections of the large intestine. *Br. J. Nutr.*, 47. 2. 289-300.

Duffield, T. (2000): Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Food Anim. Pract.*, 16. 2. 231.

Elliot, J.M. (1976): The glucose economy of the lactating dairy cow (in: *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Mfg, Cornell Univ., Ithaca, NY*, 59.

Flachowsky, G. – Koch, H. – Tiroke, K. – Matthey, M. (1993): Influence of the ratio between wheat straw and ground barley, ground corn or dried sugar beet pulp on in sacco dry matter degradation of ryegrass and wheat straw, rumen fermentation and apparent digestibility in sheep. *Arch. Anim. Nutr.* 43. 157-167.

Flachowsky, G. – Lebzien, P. (1997): Improvement of glucose supply for high performing cows. Proc., 6th Int. Symp. Anim. Nutr., Kaposvár, Hungary, 64-87.

Fluharty, F.L. – Loerch, S.C. (1989): Chemical treatment of ground corn to limit ruminal starch digestion. Can. J. Anim. Sci., 69. 1. 173-180.

Formigoni, A. – Cornil, M.C. – Prandi, A. – Mordenti, A. – Rossi, A. – Portetelle, D. – Renaville, R. (1996): Effect of propylene glycol supplementation around parturition on milk yield, reproduction performance and some hormonal and metabolic characteristics in dairy cows. J. Dairy Res., 63. 1. 11-24.

Frobish, R.A. – Davis, C.L. (1977): Effects of abomasal infusions of glucose and propionate on milk yield and composition. J. Dairy Sci., 60. 2. 204-209.

Fushiki, T. – Iwai, K. (1989): Two hypotheses on the feedback regulation of pancreatic enzyme secretion. FASEB Journal, 3. 2. 121-126.

Gaál, T (1983): A bőtejelő tehenek zsírmobilizációs betegségének (zsírmájzindrómájának) oktanam kórfejlődése és megelőzésének lehetőségei. Kandidátusi értekezés tézisei.

Goelema, J.O. – Hof, G. – van der Poel, A.F.B. – Tamminga, S. (1996): Effect of particle size, cold pelleting, steam pelleting and expander treatment on the rumen degradability of a compound feed for ruminants. J. Dairy Sci., 79. 1. 142.

Goelema, J.O. – Smits, A. – Vaessen, L.M. – Wemmers, A. (1999): Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on *in vitro* and *in situ* parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. Anim. Feed Sci. Techn., 78. 1-2. 109-126.

Goff, J.P. – Horst, R.L. – Jardon, P.W. – Borelli, C. – Wedam, J. (1996): Field trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows. J. Dairy Sci., 79. 3. 378-383.

González, H. – Manterola, H. – Cerda, D. – Mira, J. – Ramirez, J. (2000): Inclusion of formaldehyde treated soybean oil meal and the effects on ruminal parameters, milk production and composition. *Avances en Producción Animal*, 25. 1/2. 113-120

Grummer, R.R. – Winkler, J.C. – Bertics, S.J. – Studel, V.A. (1994): Effects of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 77. 12. 3618-3623.

Haidekker B. (2002): Az α -amiláz keményítőbontó enzimek jellemzése és alkalmazása. *Biotechnológia*, 12. 25-41.

Hale, W.H. (1973): Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *J. Dairy Sci.*, 37. 1075.

Herrera-Saldana, R.E. – Huber, J.T. (1989): Influence of varying protein and starch degradability on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 72. 6. 1477-1483.

Herrera-Saldana, R.E. – Huber, J.T. – Poore, M.H. (1990): Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.*, 73. 9. 2386-2393.

Hill, T.M. – Schmidt, S.P. – Russel, R.W. – Thomas, E.E. – Wolfe, D.F. (1991): Comparison of urea treatment with establish methods of sorghum grain preservation and processing on site and extent of starch digestion by cattle. *J. Anim. Sci.*, 69. 4570-4576.

Holter, J.B. – Jones, L.A. – Colovos, N.F. – Urban, W.E. (1972): Caloric value of acetate and propionate for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 55. 1757-1762.

Homolka, P. – Trinácty, J. – Vymetal, A. (2001): Nutrition value of alkali-treated wheat for ruminants. *Book of Abstracts of the 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Book of abstracts No.7, Budapest, Hungary, Paper N6.10 (129 p.)*

Honer, K. – Lebzien, P. – Ettle, T. – Schwarz, F.J. – Flachowsky, G. (2002): Effects of silage prepared from different maize genotypes on metabolism in the digestive tract of dairy cows. *Landbauforschung Volkenrode*, 52. 3. 149-156.

Horváth Z. (1979): Állatorvosi klinikai laboratóriumi vizsgálatok. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.

Hunniger, F. – Staufenbiel, R. (1999): Using propylene glycol in dairy cow feeding. *Prakt. Tierarzt*, 80. 8. 694-697.

Huntington, G.B. (1997): Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.*, 75. 3. 852-867.

Hurtaud, C. – Lemosquet, S. – Rulquin, H. (2000): Effect of graded duodenal infusions of glucose on yield and composition of milk from dairy cows. 2. Diets based on grass silage. *J. Dairy Sci.*, 83. 12. 2952-2962.

Hurtaud, C. – Rulquin, H. (1999): Effect of the nature of energy source (propionic acid, glucose, or starch) on milk yield and composition in dairy cows. *6emes rencontres autour des recherches sur les ruminants*, Paris, 103-106.

Hurtaud, C. – Rulquin, H. – Verite, R. (1993): Effect of infused volatile fatty acids and caseinate on milk composition and coagulation in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76. 10. 3011-3020.

Hurtaud, C. – Rulquin, H. – Verite, R. (1998a): Effects of graded duodenal infusions of glucose on yield and composition of milk from dairy cows. 1. Diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.*, 81. 12. 3239-3247.

Hurtaud, C. – Rulquin, H. – Verite, R. (1998b): Effects of level and type of energy source (volatile fatty acids or glucose) on milk yield, composition and coagulating properties in dairy cows. *Reproduction, Nutrition, Development*, 38. 3. 315-330.

Husvéth F. (2000): A szénhidrátok felszívódása és anyagcseréje. In: Gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival, (szerk.) *Husvéth F.*, Mezőgazda Kiadó, 412-422.

Huszenicza Gy. – Kulcsár M. – Dankó G. – Balogh O. – Gaál T. (2003): A nagy tejtermelésű tehén takarmányozásának, tejtermelésének és szaporodóképességének kapcsolata. 4. A ketonanyag-képződés fokozódása és annak klinikai következményei. Magyar Állatorvosok Lapja, 125. 4. 203-208.

Janes, A.N. – Weeks, T.E.C. – Armstrong, D.G. (1985a): Carbohydrase activity in the pancreatic tissue and small intestine mucosa of sheep fed dried-grass or ground maize based diets. J. Agric. Sci., 104. 4. 435-443.

Janes, A.N. – Weeks, T.E.C. – Armstrong, D.G. (1985b): Absorption and metabolism of glucose by the mesenteric-drained viscera of sheep fed on dried-grass or ground maize-based diets. Br. J. Nutr., 54. 2. 449-458.

Jeroch, H. – Flachowsky, G. – Weißbach, F. (1993): Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag Jena. Stuttgart.

Johnson, A. – Hurwitz, R. – Kretemher, N. (1977): Adaptation of rat pancreatic amylase and chymotrypsinogen to change in diet. J. Nutr., 107. 1. 87-96.

Judson, G.J. – Leng, R.A. (1973): Studies on the control of gluconeogenesis in sheep: Effect of glucose infusion. Br. J. Nutr., 29. 159-174.

Kaiser, A.G. (1999): Increasing the utilization of grain when fed whole to ruminants. Austr. J. Agric. Res., 50. 5. 737-756.

Kakuk T. – Schmidt J. (1988): Az állati termelés takarmányozási alapjai. In: Takarmányozástan, Mezőgazdasági Könyvkiadó, 392.

Karr, M.R. – Little, C.O. – Mitchell, G.E., Jr. (1966): Starch disappearance from different segments of the digestive tract of steers. J. Anim. Sci., 25. 652-654.

Karsai F. – Gaál T. (1982): Boscoop fórum. 6. 15-18.

Karsai F. – Kutas F. (1982): A szénhidrát-anyagforgalom. A zsírsanyagforgalom. In: Állatorvosi Kórélettan, (szerk.) *Karsai F.*, Mezőgazdasági Kiadó, 401-421.

Katoh, K – Yajma, T. (1989): Effects of butyric acids and analogues on amylase release from pancreatic segments of sheep and goats. *Eur. J. Physiol.* 413. 256.

Kellner, R.J. – Kirchgessner, M., Kreuzer, M. (1985): Einfluss verschiedener Stärkeanteile und Stärkearten in halbsynthetischen Rationen auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe beim Schaf. *Landwirtschaftliche Forschung*, 38. 287-297.

Kent, N.L. (1975): *Technology of cereals.* Pergamon Press. Oxford.

Khorasani, G.R. – Okine, E.K. – Kennelly, J.J. (2001): Effects of substituting barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 84. 12. 2760-2769.

Kleine-Klausing, H. (2004): Feldolgozott gabonamagvak a malactápokban. A keményítő feltárásának többszörösen kedvező hatásai. *Takarmányozástan*, 7. 1. 26-28.

Knowlton, K.F. (2003): High grain diets for dairy cattle. Internet: www.dasc.vt.edu/knowlton/high_grain_diets.pdf

Knowlton, K.F. – Allen, M.S. – Erickson, P.S. (1996): Lasalocid and particle size of corn grain for dairy cows in early lactation. 2. Effect on ruminal measurements and feeding behavior. *J. Dairy Sci.*, 79. 4. 565-574.

Knowlton, K.F. – Glenn, B.P. – Erdman, R.A. (1998): Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *J. Dairy Sci.*, 81. 7. 1972-1984.

Kokkonen, T. – Tesfa, A. – Tuori, M. – Hissa, K. – Jukola, E. – Syrjala-Qvist, L. (2000): Effects of early lactation concentrate level and glucogenic feed on feed intake, milk production and energy metabolism in dairy cows and heifers. *J. Anim. Feed Sci.*, 9. 4. 563-583.

Kolb, E. – Seehawer, J. – Steinberg, W. (1999): Significance, utilization and application of B-vitamins in ruminants. 2. Niacin, pantothenic acid, biotin, folic acid and vitamin B-12. *Prakt. Tierartz*, 80. 3. 207.

Kotarski, S.F. – Waniska, R.D. – Thurn, K.K. (1992): Starch hydrolysis by the rumen microflora. *J. Nutr.*, 122. 1. 178-190.

Krawielitzki, R. – Piatkowski, B. (1977): *Arch. Tiernähr.* 24. 5. 309.

Kreikemeier, K.K. – Harmon, D.L. – Brandt, R.T. – Jr. Avery, T.B. – Johnson, D.E. (1991): Small intestinal starch digestion in steers: effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin infusion on small intestinal disappearance and net glucose absorption. *J. Anim. Sci.*, 69. 1. 328-338.

Kreikemeier, K.K. – Harmon, D.L. – Peters, J.P. – Gross, K.L. – Armendariz, C.K. – Krehbiel, C.R. (1990): Influence of dietary forage and feed intake on carbohydrase activities and small intestinal morphology of calves. *J. Anim. Sci.*, 68. 9. 2916-2929.

Kridli, R.T. – Haddad, S.G. – Muwalla, M.M. (2001): The effect of feeding ruminally undegradable protein on postpartum reproduction of Awassi ewes. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.*, 14. 8. 1125-1128.

Kristensen, E.S. – Möller, P.D. – Hvelpund, T. (1982): Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agric. Scand.*, 32. 1. 123-127.

Kronfeld, D.S. – Raggi, F. – Ramberg, C.F. (1968): Mammary blood flow and ketone metabolism in normal, fasted and ketotic cows. *J. Anim. Phys.* 215. 218.

Kutas F. (1987): A közti anyagcsere. In: A szarvasmarha anyagforgalmi betegségei és mérgezései, (szerk.): *Brydl Endre*, Mezőgazdasági Könyvkiadó, 64-65.

Kutas F. (1999): Az intenzív tejtermelés és a szénhidrátforgalom összefüggése tehenekben. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 121. 3. 173-175.

Lebzien, P. – Aulrich, K. (1993): Zum Einfluß von Glycerin auf die Rohnährstoffverdaulichkeit und einige Pansenparameter bei Milchkühen. Kongressband, 105. VDLUFA-Verlag Darmstadt. VDLUFA-Schrift. 37. 361.

Lebzien, P. – Daenicke, R. – Aulrich, K. (1996): Influence of NaOH-treated versus crushed wheat on the digestive processes in dairy cows. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.*, 75. 2. 96-104.

Lebzien, P. – Matthé, A. – Flachowsky, G. (2002): A keményítő jelentősége a tejelő tehenek glükózellátásában. *Takarmányozás*, 5. 1. 14-18.

Lemosquet, S. – Rideau, N. – Rulquin, H. – Faverdin, P. – Simon, J. – Verite, R. (1997): Effects of a duodenal glucose infusion on the relationship between plasma concentrations of glucose and insulin in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80. 11. 2854-2865.

Leng, R.A. (1981): Modification of rumen fermentation. In: Nutritional limits to animal production from pastures. (Ed.): *Hacker, J.B.*, Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, United Kingdom, 427-453.

Ljokjel, K. – Harstad, O.M. – Prestlokken, E. – Skrede, A. (2003): *In situ* digestibility of starch in barley grain (*Hordeum vulgare*) and peas (*Pisum sativum* L.) in dairy cows: influence of heat treatment and glucose addition. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 107. (1-4) 105-116.

Loose, K. (2000): Ruminaler Abbau verschiedener Stärkquellen und duodenale Stärkeanflutung. *Landbauforsch. Völkenrode*, 217. 14-24.

Lykos, T. – Varga G.A. – Casper, D. (1997): Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: effects on ruminal fermentation, blood

metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80. 3341-3355.

Magyar Takarmánykódex, 1990 (2. kötet): 5.1., 6.1., 7.1., 8.1., 9.3., 10.1., 10.3., 11.6. fejezetek.

Mandell, I.B. – Nicholson, H.H. – Christian, G.I. (1988): The effects of barley processing on nutrient digestion within the gastrointestinal tract of beef cattle fed mixed diets. *Can. J. Anim. Sci.*, 68. 1. 191-198.

Manterola, H. – Porte, E. – Cerda, D. – Mira, J. – Plaza, C. (2000): Effects of using soybean meal and corn grain both treated with formaldehyde, on ruminal and productive parameters of steers. *Avances en Producción Animal*, 25. 1/2. 121-129.

Matthé, A. (2003): <http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/2001/uni/d010049.pdf>

Matthé, A. – Lebzien, P. – Flachowsky, G. (1999): Influence of maize grain drying process on its *in situ* degradability in dairy cows. *J. Anim. And Feed Sci.* 8. 379-386.

Matthé, A. – Lebzien, P. – Hric, I. – Flachowsky, G. (2003): Influence of prolonged adaptation periods on starch degradation in the digestive tract of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 103. 1-4. 15-27.

Matthé, A. – Lebzien, P. – Hric, I. – Flachowsky, G. – Sommer, A. (2001): Effect of starch application into the proximal duodenum of ruminants on starch digestibility in the small and total intestine. *Arch. Anim. Nutr.*, 55. 4. 351-369.

Mayne, C.S. – Doherty, J.G. (1996): The effect of fine grinding or sodium hydroxide treatment of wheat, offered as part of a concentrate supplement, on the performance of lactating dairy cows. *Anim. Sci.*, 63. 1. 11-19.

McAllister, T.A. – Bae, H.D. – Jones, G.A. – Cheng, K.J. (1993): Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.*, 72. 3004-3018.

McAllister, T.A. – Cheng, K.J. – Rode, L.M. – Buchanan-Smith, J.G. (1990): Use of formaldehyde to regulate digestion of barley starch. *Can. J. Anim. Sci.*, 70. 2. 581-589.

McAllister, T.A. – Phillippe, R.C. – Rode, L.M. – Cheng, K.J. (1994): Effect of protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *J. Anim. Sci.*, 71. 1. 205-212.

McCarthy, Jr. R.E. – Klusmeyer, T.H. – Vicini, J.L. – Clark, J.H. – Nelson, D.R. (1989): Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 72. 8. 2002-2016.

McDonald, P. – Edwards, R.A. – Greenhalgh, F.F.D. – Morgan, C.A. (1995): *Animal Nutrition 5th Edited: Longman Scientific and Technical, Harlow, United Kingdom.*

McNiven, M.A. – Weisbjerg, M.R. – Hvelplund, T. (1995): Influence of roasting or sodium hydroxide treatment of barley on digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 78. 5. 1106-1115.

Meijer, G.A.L. – Klop, A. – De Visser, H. – van Vuuren, A.M. (1999): Effect of starch on the degradation of neutral detergent fibre in rumen and large intestine of dairy cows. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 8. 82.

Mendoza, G.D. – Britton, R.A. – Stock, R.A. (1993): Influence of ruminal protozoa on site and extent of starch digestion and ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, 71. 1572-1578.

Merchen, N.R. – Elizalde, J.C. – Drackley, J.K. (1997): Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 75. 2223-2234.

Mills, J.A.N. – France, J. – Dijkstra, J. (1999): A review of starch digestion in the lactating dairy cow and proposals for mechanistic model: 2. Post-ruminal starch digestion and small intestinal glucose absorption. *J. Anim. Feed Sci.*, 8. 451-481.

Mitzner, K.C. – Owen, F.G. – Grant, R.J. (1994): Comparison of sorghum and corn grains in early and midlactation diets for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 77. 4. 1044-1051.

Miyosi, S. – Pate, J.L. – Palmquist, D.L. (2001): Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin ovarian function and conception in dairy cows. *Anim. Repr. Sci.*, 68. 1-2. 29-43.

Moe, P.W. – Tyrrell, H.F. (1977) Effects of feed intake and physical form on energy value of corn in timothy hay diets for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 60. 5. 752-758.

Moller, P.D. – Deirnaes, L. – Sehested, J. – Hyldgaard, Jensen, J. – Skadhauge, E. – Bindslev, N. – Skadhauge, E. (1997): Absorption and fate of L- and D-lactic acid in ruminants. *Comp. Biochem. Physiol.*, 118. 2. 387-388.

Moore, J.A. – Poore, M.H. – Eck, T.P. – Swingle, R.S. – Huber, J.T. – Arana, M.J. (1992): Sorghum grain processing and buffer addition for early lactation cows. *J. Dairy Sci.*, 75. 12. 3465-3472.

Moran, J.B (1986): Cereal grains in complete diets for dairy cows: a comparison of rolled barley, wheat and oats and three methods of processing oats. *Anim. Prod.*, 43. 1. 27-36.

Morgan, D.A. – Ryan, H. – Upton, P.K. (1989): Cereal digestion in the ruminant. 1. Nutrient passage from the rumen and glucose kinetics in sheep fed unground barley in ungrounded maize diets. *Ir. J. Agric. Res.* 28. 35.

Nocek, J. – Tamminga, S. (1991): Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, 74. 10. 3598-3629.

NOVUS (1996): Raw Material Compendium (a compilation of worldwide data sources). Second Edition (Reprint). 3-20.

Noziere, P. – Michalet-Doreau, B. (1997): Effects of amount and availability of starch on amylolytic activity of ruminal solid associated microorganisms. *J. Sci. Food and Agric.*, 73. 4. 471-476.

NRC (1985): Ruminant Nitrogen Usage National Academy Press. Washington, D.C.

NRC (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, The National Academy of Sciences, 251-256.

Offner, A. – Bach, A. – Sauvant, D. (2003): Quantitative review of *in situ* starch degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 106. (1-4) 81-93.

Oke, B.O. – Loerch, S.C. (1989): The effects of dietary level and formaldehyde treatment of corn on site and extent of starch digestion in sheep. *J. Anim. Sci.*, 67. 1. 538.

Oke, B.O. – Loerch, S.C. – Redman, D.R. (1991): Effects of dietary level and formaldehyde treatment of corn on nutrient digestion and metabolism in sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, 71. 4. 1197-1205.

Okine, E.K. – Kennelly, J.J. (1994): From fiber to starch: The evolution of the cow. Internet: www.afns.ualberta.ca/courses/ansc472/dp472-5p.htm

Okine, E.K. – Kennelly, J.J. (2003): How to cow makes lactose. Internet: www.western dairyscience.com/Lactose.html

Oldick, B.S. – Staples, C.R. – Thatcher, W.W. – Gyawu, P. (1997): Abomasal infusion of glucose and fat effect on digestion, production and ovarian and uterine functions of cows. *J. Dairy Sci.*, 80. 7. 1315-1328.

Oliveira, J.S. – Huber, J.T. – Ben-Ghedalia, D. – Swingle, R.S. – Theurer, C.B. – Pessarackli, M. (1993): Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76. 2. 575-581.

Oliveira, J.S. – Huber, J.T. – Simas, J.M. – Theurer, C.B. – Swingle, R.S. (1995): Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 78. 6. 1318-1327.

Ørskov, E.R. (1986): Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 63. 5. 1624-1633.

Ørskov, E.R. – Fraser, C. – Kay, R.N.B. (1969): Dietary factors influencing the digestion of starch in the rumen and small and large intestine of early weaned lambs. *Br. J. Nutr.*, 23. 217-226.

Ørskov, E.R. – Fraser, C. – Mason, V.C. – Mann, S.O. (1970): Influence of starch digestion in the large intestine of sheep on caecal fermentation, caecal microflora and faecal nitrogen excretion. *Br. J. Nutr.* 24. 671-682.

Ørskov, E.R. – Grubb, D.A. – Kay, R.N. (1977): Effect of postruminal glucose or protein supplementation on milk yield and composition in Friesian cows in early lactation and negative energy balance. *Br. J. Nutr.*, 38. 3. 397-405.

Ørskov, E.R. – Greenhalgh, J.F.D. (1977): Alkali treatment as a method of processing whole grain for cattle. *J. Agric. Sci.*, 89. 253-255.

Ortega-Cerilla M.E. – Finlayson, H.J. – Armstrong, D.G. (1999a): The effect of chemical treatment of barley on starch digestion in ruminants. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 77. 1-2. 73-81.

Ortega-Cerilla M.E. – Finlayson, H.J. – Armstrong, D.G. (1999b): Protection of starch in barley against rumen degradation by glutaraldehyde and formaldehyde as assessed by the dacron bag technique. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 77. 1-2. 83-90

Overton, T.R. – Drackley, J.K. – Ottemann-Abbamonte, C.J. – Beaulieu, A.D. – Emmert, L.S. – Clark, J.H. (1999): Substrate utilization for hepatic gluconeogenesis is altered by increased glucose demand in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 77. 1940-1951.

Owens, F.N. – Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R. (1998): Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, 78. 275-286.

Owens, F.N. – Zinn, R.A. – Kim, Y.K. (1986): Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.*, 63. 5. 1634-1648.

Pauly, T. – Spornly, R. – Uden, P. (1992): Rumen degradability in sacco of physically and chemically treated oat and barley grain. *J. Sci. Food and Agric.*, 58. 4. 465-473.

Pehrson, B. – Forshell, K.P. – Carlsson, J. (1992): The effect of additional feeding on the fertility of high-yielding dairy cows. *J. Vet. Med.* A39, 187-192.

Philippeau, C. – Martin, C. – Michalet-Doreau, B. (1999): Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 77. 1587-1596.

Phipps, R.H. – Sutton, J.D. – Humphries, D.J. – Jones A.K. (2001): A comparison of the effects of cracked wheat and sodium hydroxide-treated wheat on food intake, milk production and rumen digestion in dairy cows given maize silage diets. *Anim. Sci.*, 72. 3. 585-594.

Pickett, M.M. – Piepenbrink, M.S. – Overton, T.R. (2003): Effects of propylene glycol or fat drench on plasma metabolites liver composition and production of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 86. 6. 2113-2121.

Poore, M.H. – Moore, J.A. – Eck, T.P. – Swingle, R.S. – Theurer, C.B. (1993): Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76. 8. 2244-2253.

Putnam, D.E. – Varga, G.A. – Green, M.H. (1999): Glucose kinetic responses to protein supplementation and exogenous somatotropin in late gestation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82. 6. 1274-1281.

Rabiee, A.R. – Lean, I.J. (2000): Uptake of glucose and cholesterol by the ovary of sheep and cattle and the influence of arterial LH concentrations. *Anim. Reprod. Sci.*, 64. 3-4. 199-209.

Reis, R.B. – San Emeterio, F. – Combs, D.K. – Satter, L.D. – Costa H.N. (2001): Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. *J. Dairy Sci.*, 84. 2. 429-441.

Remillard, R.L. – Johnson, D.E. – Lewis, L.D. – Nockels, C.F. (1990): Starch digestion and digesta kinetics in the small intestine of steers fed on a maize grain and maize silage mixture. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 30. 1-2. 79-89.

Reynolds, C.K. – Cammell, S.B. – Humphries, D.J. – Beever, D.E. – Sutton, J.D. – Newbold, J.R. (2001): Effect of postrumen starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84. 10. 2250-2259.

Reynolds, C.K. – Harmon, D.L. – Cecava, M.J. (1994): Absorption and delivery of nutrients for milk protein synthesis by portal-drained viscera. *J. Dairy Sci.*, 77. 9. 2787-2808.

Reynolds, C.K. – Huntington, G.B. – Elsasser, T.H. – Tyrell, H.F. – Reynolds, P.J. (1989): Net metabolism of hormones by portal-drained viscera and liver of lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 72. 6. 1459-1468.

Reynolds, C.K. – Huntington, G.B. – Tyrell, H.F. – Reynolds, P.J. (1988): Net portal-drained visceral and hepatic metabolism of glucose, L-lactate and nitrogenous compounds in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 71. 7. 1803-1812.

Reynolds, C.K. – Sutton, J.D. – Beever, D.E. (1997): Effect of feeding starch to dairy cattle on nutrient availability and production. 105-134 (in: *Recent Advances in Animal Nutrition*, Gransworthy, P.C.; Wiseman, J; Haresign, W.; Nottingham University Press, Loughborough, United Kingdom).

Rigout, S. – Lemosquet, S. – Van Eys, J.E. – Blum, J.W. – Rulquin, H. (2002): Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 85. 3. 595-606.

Robinson, P.H. – Kennelly, J.J. (1988): Influence of ammoniation of high moisture barley on *in situ* rumen degradation and influence on rumen fermentation in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 68. 3. 839-851.

Robinson, P.H. – Kennelly, J.J. (1989): Influence of high moisture barley on digestibility kinetics of rumen ingesta turnover and milk production in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 69. 1. 195-203.

Rukkwamsuk, T. – Wensing, T. – Geelen, M.J.H. (1999): Effect of fatty liver on hepatic gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82. 3. 500-505.

Russell, J.B. – Hino, T. (1985): Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that contributes to rumen acidosis. *J. Dairy Sci.*, 68. 7. 1712-1721.

Sauer, F.D. – Erfle, J.D. – Fisher, L.J. (1973): Propylene glycol and glycerol as a feed additive for lactating dairy cows: an evaluation of blood metabolite parameters. *Can. J. Anim. Sci.*, 53. 265-271.

Sauvant, D. – Perez, J.-M. – Tran, G. (2004): Tables of composition and nutritional value of feed materials. 2nd revised and corrected edition. INRA. Paris.

Schmidt, G.H. – van Vleck, L.D. – Hutjiens, M.F. (1988): Principles of Dairy Science. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 350-354.

Schuldt, A. (1989): Einfluss der Getreideart, der technischen Behandlung von Getreide sowie der Rationsgestaltung auf Ort und Ausmaß der Verdauung der Getreidestärke in Milchkühen. Dissertation, Agrarwissenschaftliche Fakultät, Universität Kiel.

Schwartz, C.C. – Harmon, D.L. – Hundertmark, K.J. – Robbins, C.T. – Lintzenich, B.A. (1996): Carbohydrase activity in the pancreas and small intestine of moose and cattle. *Alces*, 32. 25-29.

She, P. – Hippen, A.R. – Young, J.W. – Lindberg, G.L. – Beitz, D.C. – Richardson, L.F. – Tucker, R.W. (1999a): Metabolic responses of lactating

dairy cows to 14-day intravenous infusions of glucagon. *J. Dairy Sci.*, 82. 6. 1118-1127.

She, P. – Lindberg, G.L. – Hippen, A.R. – Beitz, D.C. – Young, J.W. (1999b): Regulation of messenger ribonucleic acid expression for gluconeogenic enzymes during glucagon infusions into lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 82. 6. 1153-1163.

Shearer, J.K. – van Horn, H.H. (1992): Metabolic diseases of dairy cattle. *Am. Dairy Sci. Ass., Champaign, IL*, 358.

Shingfield, K.J. – Jaakkola, S. – Huhtanen, P. (2002): Effects of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on diet digestibility, rumen fermentation, blood metabolite concentrations and nutrient utilisation of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 97. 1-2. 1-21.

Siddons, R.C. (1968): Carbohydrase activities in the bovine digestive tract. *Biochem. J.* 108. 839.

Simas, J. – Huber, J.T. – Theurer, C.B. – Chen, K.H. – Santos, F.A. – Wu, Z. (1998): Influence of sorghum grain processing on performance and nutrient digestibilities in dairy cows fed varying concentration of fat. *J. Dairy Sci.*, 81. 7. 1966-1971.

Stern, M.D. – Bach, A., Calsamiglia, S. (1997): Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 75. 2256-2276.

Streeter, M.N. – Wagner, D.G. – Hibberd, C.A. – Owens, F.N. (1990): Comparison of corn with four sorghum grain hybrids: Site and extent of digestion. *J. Anim. Sci.*, 68. 10. 3429-3440.

Streeter, M.N. – Wagner, D.G. – Owens, F.N. – Hibberd, C.A. (1989): Combination of high moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: Effects on site and extent of digestion in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 67. 1623-1633.

- Studer, V.A. – Grummel, R.R. – Bertics, S.J. – Reynolds, C.K. (1993):* Effects of prepartum propylene glycol administration on periparturient fatty liver in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76. 10. 2931-2939.
- Subiyatno, A. – Mowat, D.N. – Yang, W.Z. (1996):* Metabolite and hormonal responses to glucose or propionate infusions in periparturient dairy cows supplemented with chromium. *J. Dairy Sci.*, 79. 8. 1436-1445.
- Sutton, J.D. – Oldham, J.D. – Hart, L.C. (1980):* Products of digestion, hormones and energy utilization in cows given concentrates containing varying phosphorous of barley or maize. In: *Energy Metabolism*, (Ed.): *Mount, L.E.*, Butterworths, 303.
- Sváb, J. (1981):* Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 47-291.
- Tamminga, S. – van Vuuren, A.M. – van der Koelen, C.J. – Ketelaar, R.S. – van der Togt, P.L. (1990):* Ruminant behavior of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.*, 38. 3. 513-526.
- Theurer, C.B. (1986):* Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 63. 5. 1649-1662.
- Theurer, C.B. – Huber, J.T. – Delgado-Elorduy, A. – Wanderley R. (1999a):* Invited Review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82. 9. 1950-1959.
- Theurer, C.B. – Swingle, R.S. – Wanderley, R.C. – Kattinig, R.M. – Urias, A. – Ghenniwa, G. (1999b):* Sorghum grain flake density and source of roughage in feedlot cattle diets. *J. Anim. Sci.*, 77. 5. 1066-1073.
- Thomas, E.E. – Turnbull, G.W. – Russel, R.W. (1998):* Effect of particle size and steam treatment of feedstuffs on rate of digestion (*in vitro* and *in situ*). *J. Anim. Sci.* 66. 243-249.

Tommervik, R.S. – Walden, D.E. (1969): Comparative feeding value of wheat, corn, barley, milo, oats and a mixed concentrate ration for lactating cows. J. Dairy Sci., 52. 68.

Tóthi R. (2002): Hidrotermikusan kezelt gabonamagvak felhasználása a tejelő tehenek takarmányozásában. Takarmányozás, 5. 3. 5-8.

*Tóthi, R. – Lund, P. – Weisbjerg, M.R. – Hvelplund, T. (2003a): Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evacuation and *in situ* techniques. Anim. Feed Sci. Techn., 104. 1-4. 71-94.*

Tóthi R. (2003b): Processed grains as a supplement to lactating dairy cows. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.

Tyrrell, H.F. – Moe, P.W. (1974): Net energy value of a corn and barley ration for lactation. J. Dairy Sci., 57. 451-458.

van Vuuren, A.M. – Klop, A., van der Koelen, C.J., De Visser, H. (1999): Starch and stage of maturity of grass silage: Site of digestion and intestinal nutrient supply in dairy cows. J. Dairy Sci. 82. 143-152.

Vik-Mo, L. – Emery, R.S. – Huber, J.T. (1974): Milk protein production in cows abomasally infused with casein or glucose. J. Dairy Sci., 57. 869-877.

Wacyk, J. – González, H. – Manterola, H. – Cerda, D. – Mira, J. (2000): Effects of formaldehyde treated soybean meal inclusion, ruminal parameters and milk production in dairy cows. Avances en Producción Animal. 25. 1/2. 14.

Walker, J.A. – Harmon, D.L. (1995): Influence of ruminal or abomasal starch hydrolysate infusion on pancreatic exocrine secretion and blood glucose and insulin concentrations in steers. J. Anim. Sci., 73. 12. 3766-3774.

Weiss, J. (2000): Handbuch der Tierischen Veredlung 2000. Amino acids and more. Feed additives. Degussa-Hüls, 380-400.

Weiss, W.P. – Fisher, G.R. – Erikson, G.M. (1989): Effect of source of neutral detergent fibre and starch on nutrient utilization by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 72. 9. 2308-2315.

Wheeler, W.E. – Noller, C.H. (1977): Gastrointestinal tract pH and starch in faeces of ruminants. *J. Anim. Sci.* 44. 131-135.

Whitelaw, F.G. – Milne, J.S. – Orskov, E.R. – Smith, J.S. (1986): The nitrogen and energy metabolism of lactating cows given abomasal infusions of casein. *Br. J. Nutr.*, 55. 3. 537-556.

Yang, C. – Shen, Q. – Liu, Z. – Tian, S. (2001): Study on supplementary feeding for improving reproductive performance of Tan-yang sheep. *Hines J. Anim. Sci.*, 37. 5. 39-40.

Yalçın, S. – Şehu, A. – Güçlü, B. – Onbasilar, I. – Sarifaki-oğullarii, K. (2002): The effect of tannic acid and lignosulfonate treatment of sunflower seed meal on digestibility and rumen degradability characteristics of nutrients in rams. *Türük Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi*, 26. 4. 805-813.

Young, J.W. (1977): Gluconeogenesis in cattle: significance and methodology. *J. Dairy Sci.*, 60. 1. 1-15.

Yu, P. – Goelema, J. O. – Tamminga, S. (1999): Influence of pressure toasting on starch ruminal degradative kinetics and fermentation characteristics and gelatinization of whole horse beans (*Vicia faba*) in lactating dairy cows. *Asian Aust. J. Anim. Sci.*, 12. 4. 537-543.

Yu, P. – Huber, J.T. – Santos, F.A.P. – Simas, J.M. – Theurer, C.B. (1998a): Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 81. 3. 777-783.

Yu, P. – Egan, A.R. – Holmes, J.H.G. – Leury, B.J. (1998b): Influence of dry roasting of whole faba beans (*Vicia faba*) on rumen degradation characteristics in dairy cows, II: starch. *Asian Austr. J. Anim. Sci.*, 11. 5. 503-509.