

LUCERNA ÉS FŰ SILÓZÁSA SZÉNHIDRÁT ALAPÚ BIOLÓGIAI TARTÓSÍTÓSZERREL

RIGÓ ESZTER – ZSÉDELY ESZTER – TÓTH TAMÁS – SCHMIDT JÁNOS

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők a kukorica keményítőjének α -amilázzal (BAN 480), valamint amiloglikozidázzal (Spirizyme) történő lebontásával nyert, majd megszárított kukoricát használtak fű, valamint lucerna erjedőképeségének javítására. A hidrolízis során a kukorica keményítőjének 89,2%-át bontották le, így a silózás-hoz felhasznált (szárított) kukorica vízdoldható szénhidráttartalma 593,2 g/kg volt.

A hidrolizált kukorica kiegészítés hatását két erjedésdinamikai kísérletben vizsgálták. Mindkét kezelésen 25 db 850 ml térfogatú modellsilót töltöttek meg, melyek közül az erjedés 3., 7., 15., 30. és 180. napján 5–5 felbontottak. A 31,6% szárazanyag-tartalomig fonnyasztott fűhöz 0,33% és 0,66%, a 31,7% szárazanyag-tartalmú lucernához pedig 1,0% baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukoricát adagoltak. Az oltási élőtelepszám, egyformán 10^5 /g zöldtakarmány volt. Mindkét kísérletben volt egy olyan kezelés is, amelyben csak baktériumos oltást végeztek. A fű silózásakor egy tejsavbaktérium kultúrát és sejtfalbontó enzimeket tartalmazó biológiai tartósítószer is vizsgáltak (Goldzym).

Megállapították, hogy a fű esetében 0,66%, lucerna silózásakor pedig 1,0% baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítéssel jó minőségű, kedvező tejsav:ecetsav arányú, stabil szilázs lehet előállítani. Az említett hidrolizált kukorica kiegészítések csökkentették a silóban bekövetkező szárazanyag-, valamint energiaveszteséget. A Goldzym kiegészítéssel, a 31,6% szárazanyag-tartalmú fű silózásakor nem sikerült stabil szilázst előállítani, amiből következően a 0,66% hidrolizált kukorica kiegészítéssel készített szilázshoz képest nagyobb volt használatakor bekövetkező veszteség is.

SUMMARY

Rigó, E. – Zsédely, E. – Tóth, T. – Schmidt, J.: ENSILING OF ALFALFA AND GRASS WITH CARBOHYDRATE-BASED BIOLOGICAL ADDITIVE

Two experiments were carried out to study the effects of hydrolized corn meal as additive on the fermentation parameters of alfalfa and grass. The corn meal was hydrolized by α -amylase (BAN 480, NOVO Nordisk A/S, Denmark) and amyloglucosidase (Spirizyme, NOVO Nordisk A/S, Denmark) and then dried. 89.2% of the corn starch was broken down to water-soluble carbohydrates (WSC) and the dried product contained 593.2 g WSC/kg corn meal. Treatments were ensiled in 25 replicates. Five, 850 ml laboratory silos from each treatment were opened on 3rd, 7th, 15th, 30th and 180th days of ensiling. Alfalfa was chopped and wilted to 31.7 DM% before ensiling and treated with inoculant (10^5 CFU/g alfalfa) and 1.0% hydrolized corn meal. In the case of grass the DM content was 31.6%. The grass was also treated with inoculant (10^5 CFU/g grass) and 0.33 and 0.66% hydrolized corn meal. In both experiments, an additive containing inoculant (10^5 CFU/g alfalfa and/or grass) alone was used, as positive control. In grass ensiling experiment (grass) a commercial product (additive containing inoculant and cellwall degrading enzymes, Goldzym, Medipharm, Slovakia s.r.o) was also examined.

It was concluded that grass and alfalfa treated with inoculant, and/or 0.66% and 1% hydrolized corn meal (respectively) resulted in a high quality, stable silage with a favourable lactic:acetic acid ratio. Our results also indicate that the level of 0.66% and 1% hydrolized corn meal combined with inoculation decreased the dry matter and energy losses in laboratory silos. The examined fermentation parameters and in-silo losses of Goldzym treated grass silages were poorer than that of hydrolized corn meal + bacteria combination treated silages.

BEVEZETÉS

Annak ellenére, hogy az utóbbi évtizedben mintegy 67 ezer hektárral (31%-kal) csökkent hazánkban a lucerna vetésterülete, valamint, hogy gyepgazdálkodásunk átlagos színvonala változatlanul gyenge, a két növény ma is fontos a kérődzők fehérjeellátásában és más szálastakarmányokkal együtt az aktív bendőfermentáció feltételeinek megteremtésében. A félmonodiétás takarmányozási módszer széleskörű elterjedése következtében a nagyobb állatlétszámú tehenészeti telepeken lucernát és fűvet zöldtakarmányként csak ritkán, inkább tartósított formában (szénaként, szilázsként, szenázsként) etetnek. Erjesztéssel történő tartósításuk üzemeinkben ma nagyobb részben fonnyasztott állapotban – sajnos az esetek többségében túlfonnyasztott állapotban – szenázsként történik. Hazai adatok szerint, az elmúlt években, a lucerna- és a fűszenázskok átlagos szárazanyag-tartalma 51,7–55,6%, illetve 42,7–59,3% volt (*Schmidt és mtsai*, 2000), holott C/PK hányadosuk alapján lucernából már 38–39%-os, a fűből pedig 34–35%-os szárazanyag-tartalommal is stabil, jó minőségű erjesztett takarmányt lehet készíteni, igaz nem kevés táplálóanyag veszteséggel, ugyanis már a 38–39% szárazanyag-tartalomig történő fonnyasztás is jelentős légzési veszteséggel jár. Tekintettel arra, hogy 30% alatti szárazanyag-tartalommal a várható lécsurgás, valamint a szilázs nagyobb ecetsavtartalma miatt sem lucernát, sem fűvet nem célszerű silózni, a túlfonnyasztás pedig a jelentős légzési veszteség, a romló tömöríthetőség és annak következményei, valamint a nagyobb időjárási kockázat miatt kerülendő, a legkisebb veszteséggel jó minőségű szilázst akkor tudunk készíteni, ha a lucernát, valamint a fűvet 33–35% szárazanyag-tartalomig fonnyasztva, valamilyen jó hatékonyságú tartósítószerrel silózzuk be.

Az elmúlt évtizedekben számos tartósítószerrel javasoltak a lucerna és a fű silózása céljára. Így silóztak szerves savakkal (AIV eljárás), szerves savakkal (hangyasav, ecetsav, propionsav, akrilsav), szerves savak sóival (Ca-formiát, Ca-akrilát), formalinnal, formalin és szerves savak kombinációjával, nitrát- és nitrított tartósítószerrel, kén-dioxiddal, vagy annak valamelyik sójával (szulfít, biszulfít, metabiszulfít), valamint szénhidrát kiegészítéssel (melasz, gabonamagvak darái, takarmánycukor). Az utóbbi évtizedben a biológiai tartósítószerrel kerültek a kutatás előterébe. Ezek első generációja csak liofilezett baktériumkultúrát, valamint közülük egyesek a baktériumok revitalizációját segítő anyagokat tartalmaznak, amiből következően ezeket csak olyan takarmányok tartósítására lehet eredményesen felhasználni, amelyek legalább 3% vízzeloldható szénhidrátot tartalmaznak (*Honig és Pahlow*, 1986). Lucernából, illetve fűből, ezekkel az első generációs szerekekkel csak akkor lehet jó minőségű szilázst készíteni, ha a zöldtakarmányt a silózást megelőzően 34–35% szárazanyag-tartalomig fonnyasztjuk. Ez a felismerés vezetett el a biológiai tartósítószerrel egy újabb generációjához, amelyek a tejsavbaktérium kultúra mellett már a növényi sejtfalat bontó enzimeket is tartalmaznak. Ez utóbbi biológiai tartósítószerrel végzett kísérletek eredményei és a gyakorlati tapasztalatok több tekintetben is ellentmondásosak, amiből arra lehet következtetni, hogy az ezekben a készítményekben található enzimek nem minden esetben tudnak annyi sejtfalat lebontani, amennyi elegendő szénhidrátot biztosítana a tejsavbaktériumok számára a szilázs stabilitását biztosító tejsavmenyiség előállításához.

Ebből kiindulva vettük tervbe egy olyan biológiai tartósítószer kifejlesztését, amely a tejsavbaktérium kultúra mellett az elegendő tejsav előállításához szükséges erjeszthető szénhidrát mennyiséget is tartalmazza. Minthogy hazánkban erjeszthető szénhidrátban gazdag takarmányok nem állnak kielégítő mennyiségben rendelkezésre, a szükséges szénhidrátot a kukorica keményítőjének enzimese lebontásával kívántuk biztosítani. A keményítő lebontását azonban nem *in situ* úton, azaz nem a silóban kívántuk megtenni, hanem a silózást megelőzően, szabályozott körülmények (hőmérséklet, pH) között és a már kezelt, majd megszáritott kukoricát a silózandó lucernához hozzákeverni.

Kísérleteinkkel ezért azt kívántuk megállapítani, hogy a hidrolizált kukorica milyen értékű erjeszthető szénhidrátforrás a tejsavbaktériumok számára, valamint hogy mennyi hidrolizált kukoricára van szükség ahhoz, hogy a 31–32% szárazanyag-tartalomig előfyonnyasztott zöldlucernából, illetve fűből, jó minőségű, stabil szilázst lehessen előállítani.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatot 31,7, illetve 31,6% szárazanyag-tartalmú fyonnyasztott lucernával, valamint fűvel (az előző sorrendben), egy-egy erjedésdinamikai modell kísérlet keretében végeztük. A modellsilók 850 ml űrtartalmúak voltak, amelyekbe 400–430 g fyonnyasztott lucernát, illetve fűvet silóztunk be. A silókat $25 \pm 1^\circ\text{C}$ hőmérsékletű, temperált klímakamrában tároltuk az erjesztés során. Minden kezelés anyagából 25 modell silót töltöttünk meg, amelyekből az erjesztés 3., 7., 15., 30. és 180. napján kezelésenként 5–5 silót felbontottunk és vizsgáltuk a szilázs pH-értékét, tejsav, illózsírsav-, alkohol-, NH_3 -, valamint vízzoldható szénhidrát-tartalmát. Az utolsó (180. napi) silóbontás alkalmával megállapítottuk a silózás alatti szárazanyag-, valamint energiaveszteséget is.

A kukorica keményítőjét, két egymást követő szakaszban, α -amilázzal (BAN 480) és amiloglikozidázzal (Spirizyme) – mindkettő NOVO termék (NOVO Nordisk A/S, Denmark) – bontottuk le. Azért van szükség két szakaszra, mert a két enzim igénye hőmérséklet, pH, illetve a hidrolízis időtartama tekintetében jelentősen eltér egymástól (α -amiláz: 5,6–6,0 pH, 80°C , 20 percig, amiloglikozidáz: 4,5 pH, 60°C , 20 órán át). A dózis mindkét enzim esetében 1 g/kg keményítő volt. Tekintettel arra, hogy a keményítő hidrolízisének hatékonyságát a közeg szárazanyag-tartalma is befolyásolja, a kukorica szárazanyag-tartalmát a hidrolízishez 30%-ra állítottuk be, amely esetben a keményítő 89%-os hatékonysággal bontható le vízzoldható szénhidráttá. A szárazanyag-tartalom csökkentésekor a hidrolízis hatásfoka ugyan növekszik (10%-on a lebontás hatásfoka közel 100%), de nő a hidrolizált kukorica szárításához szükséges energia mennyisége is.

A hidrolízis céljára felhasznált kukorica 66,5% keményítőt tartalmazott, amelynek 89,2%-át tudtuk az ismertetett eljárással lebontani, így a kísérletekben felhasznált hidrolizált kukorica kg-onként 593,2 g vízzoldható szénhidrátot tartalmazott. A silózáshoz felhasznált lucerna és fű kémiai összetétele az 1. táblázatban található. Mind a lucernát, mind a fűvet csak olyan mértékben fyonnyasztottuk, hogy szárazanyag-tartalmuk elérje, illetve csak kismértékben haladja meg a 30%-ot. A fűhöz 0,33, illetve 0,66%, a lucernához pedig 1% hidrolizált kukoricát adtunk

1. táblázat

A silózásra került fű és lucerna kémiai összetétele

(g/kg eredeti szárazanyag-tartalmú anyagban)

Takarmány (1)	Szárazanyag (2)	Nyers-				N-mentes kivonható anyag (7)
		fehérje (3)	zsír (4)	rost (5)	hamu (6)	
Fű (8)	316,00	29,03	6,46	105,74	26,35	148,42
Lucerna (9)	317,40	48,19	6,17	114,63	29,77	118,64

Table 1.: Chemical composition of grass and alfalfa at harvest (g/kg, as in feed)
feed (1) dry matter (2), crude protein (3), ether extract (4), crude fibre (5), crude ash (6), N-free extract (7), grass (8), alfalfa (9)

kiegészítésként. A kiegészítést minden esetben baktériumos oltással kombináltuk. Mind a fű, mind a lucerna silózásakor egy olyan kezelést is vizsgáltunk, amelyben szénhidrát kiegészítés nélkül végeztünk baktériumos oltást. Az oltás élőtelepszáma minden esetben 10^5 /g fű, illetve lucerna volt. Az oltó kultúra 1 g zöldtakarmányra vonatkoztatva a következő baktériumfajokból állt:

<i>Lactobacillus plantarum</i>	2,60E+0,4
<i>Enterococcus faecium</i>	1,25E+0,4
<i>Lactobacillus buchneri</i>	2,95E+0,4
<i>Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii</i>	3,20E+0,4
Összesen	1,00E+0,5

A fű esetében pozitív kontrollként egy baktériumkultúrát és sejtfalbontó enzimet tartalmazó biológiai tartósítószer, a Goldzyme (Medipharma, Slovakia s.r.o.) hatását is vizsgáltuk. A készítmény baktériumkultúrája *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus pentosaceus* baktériumfajokból áll. Az oltási élőtelepszám $1,5 \times 10^5$ /g lucerna volt. A sejtfalbontó enzimek közül celluláz és hemicelluláz enzimeket tartalmaz. A készítmény enzimaktivitása 0,17 IU.

A szilázsminták tejsav-, illózsírsav-, valamint alkoholtartalmát Biotronik 2000 típusú HPLC berendezéssel vizsgáltuk (Wissenschaftliche Geräte GmbH, Németország, Maintal 1). Az oszlop típusa Bio-Rad Aminex® HPX-874, mérete 300 mm $\times$ 7,8 mm volt. Az elválasztás hőmérséklete 45 °C. Eluens: 0,005M H₂SO₄. Pumpa: átfolyás 0,85 ml/min., nyomás 77 kg/cm².

A zöldlucerna és a fű, valamint a szilázsminták, szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost- és nyershamu tartalmát a Magyar Takarmánykódexben (2004) leírt módszerekkel állapítottuk meg. A minták vízzoldható szénhidráttartalmát Somogyi (McDonald és Henderson, 1964) módszerével vizsgáltuk.

A szilázsminták NH₃-tartalmát OP-264/2 típusú ammóniaérzékeny elektróddal (Radelkis, Hungary, Budapest) mértük.

A lucerna, a fű, a hidrolizált kukorica, valamint a szilázsminták energiatartalmát C-2000 basic IKA típusú bombakaloriméterrel (IKA-WERKE GmbH, Staufen, Németország) vállapítottuk meg.

A kísérleti eredmények statisztikai értékelése egytényezős variancianalízissel (one-way ANOVA) az SPSS 12.0. for Windows program (SPSS Inc., Chicago, USA) történt. A választott szignifikancia szint $P < 0,05$ volt.

KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

A fűvel beállított erjedésdinamikai kísérlet eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az eredmények alapján megállapítható, hogy 31,6% szárazanyag-tartalmú fűből adalékanyag nélkül nem lehet stabil szilázst készíteni. Ezt igazolja, hogy az erjesztés 30. napját követően a kontroll szilázsban másodlagos erjedési folyamatok indultak be, aminek következményeként csökkent a szilázs tejsavtartalma, és ezzel párhuzamosan számottevő mennyiségű n-vajsav jelent meg a mintában.

A baktériumkultúrával végzett oltás a tejsavtermelés növelésével javítja a fű erjedőképességét, de a szükséges mennyiségű erjeszthető szénhidrát hiányában a starterkultúrával végzett oltással sem sikerült stabil szilázst előállítani. Ezt, a kontroll szilázshoz hasonlóan, az erjesztés 30. napját követő időszakban bekövetkező csökkenő tejsav- és a jelentős n-vajsavtermelés igazolja. Ezek az adatok megerősítik *Honig és Pahlow* (1986) azon véleményét, hogy az első generációs biológiai tartósítószerrel csak olyan növények silózhatók eredményesen, amelyek legalább 3% vízdoldható szénhidrátot tartalmaznak.

A baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítés, az erjedés 7. napjától kezdődően, mind a 0,33, mind a 0,66%-os kiegészítés esetében szignifikánsan növelte a kontroll szilázshoz képest a tejsavtermelést, aminek eredményeként ugyancsak szignifikánsan csökkent a két hidrolizált kukorica kiegészítéssel készült kísérleti szilázs pH-ja. A pH a 0,66% hidrolizált kukorica kiegészítés esetén elérte, a 0,33% kiegészítéskor pedig megközelítette a kritikus értéket, ami a szilázs stabilitásának előfeltétele. Stabil szilázst jelez a 0,66%-os hidrolizált kukorica kiegészítés esetében, hogy a pH még a 180. napon sem növekedett a 30. napos értékhez képest, valamint hogy a szilázs csak minimális mennyiségű n-vajsavat tartalmazott.

A Goldzym biológiai tartósítószerrel készült szilázs tejsavtartalom és pH tekintetében az erjesztés első napjaiban gyakorlatilag azonos minőségű volt a szénhidrát kiegészítéses szilázsokkal. Az erjesztés 7. napjától kezdődően azonban a 0,66% hidrolizált kukoricával kiegészített szilázs tejsavtartalma és ebből következően pH értéke, fokozatosan kedvezőbben alakul, a Goldzymmel készült szilázshoz viszonyítva. Az erjesztés 180. napjára a 0,33% hidrolizált kukorica kiegészítés is szignifikánsan több tejsavat és alacsonyabb pH értéket eredményezett, mint a Goldzym, a különbség azonban kisebbnek bizonyult, mint a másik kiegészítés (0,66%) esetében.

A kiegészítések további előnye, hogy csökkentették a szilázs ecetsavtartalmát, ami a tejsavnövekménnyel együtt kedvezőbbé tette a tejsav-ecetsav arányt, amely az egyes kezelésekben az erjedés 180. napján a következőképpen alakult:

	Tejsav	Ecetsav
	részarány, %	
Kontroll	65,1	34,9
Baktériumos oltás	78,2	21,8
0,33% hidrolizált kukorica kiegészítés+oltás	76,8	23,2
0,66% hidrolizált kukorica kiegészítés+oltás	86,5	13,5
Goldzym	80,5	19,5

2. táblázat

A különböző kezelések hatása a fű erjedésére (szárazanyag-tartalom: 31,6%)

Paraméter (1)	Erjedési nap (2)	Kontroll (3)	Baktériumos oltás (4)	0,33% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás (5)	0,66% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás (6)	Goldzym
pH	3.	4,55±0,03 ^b	4,34±0,08 ^c	4,18±0,10 ^a	4,16±0,08 ^a	4,21±0,05 ^a
	7.	4,26±0,04 ^b	4,07±0,01 ^c	4,02±0,03 ^a	3,98±0,03 ^a	4,11±0,03 ^c
	15.	4,12±0,00 ^b	4,05±0,04 ^c	3,98±0,05 ^{ad}	3,93±0,02 ^a	4,01±0,03 ^d
	30.	4,12±0,03 ^b	4,04±0,08 ^{abc}	3,97±0,02 ^{ac}	3,92±0,02 ^a	4,00±0,01 ^c
	180.	4,29±0,08 ^b	4,10±0,03 ^{bc}	4,06±0,01 ^c	3,84±0,02 ^a	4,10±0,28 ^{abc}
tejsav* (7)	3.	2,63±0,13 ^a	3,35±0,70 ^{ab}	3,26±0,38 ^{ab}	3,67±0,70 ^{ab}	3,99±0,16 ^b
	7.	4,05±0,13 ^a	5,47±0,03 ^b	5,38±0,32 ^b	6,23±0,09 ^b	4,97±0,60 ^a
	15.	4,81±0,13 ^a	5,70±0,66 ^a	5,60±0,63 ^a	5,95±0,82 ^a	5,44±0,57 ^a
	30.	4,78±0,70 ^a	5,60±0,57 ^{ac}	5,73±0,38 ^{bc}	6,45±0,51 ^c	5,47±0,35 ^{ac}
	180.	4,02±0,38 ^a	5,35±0,41 ^{ac}	5,76±0,76 ^b	7,88±0,32 ^c	5,09±0,28 ^c
ecetsav* (8)	3.	0,60±0,03 ^a	0,76±0,03 ^{ab}	0,95±0,28 ^{ab}	0,85±0,28 ^b	0,60±0,09 ^a
	7.	0,82±0,03 ^b	0,63±0,03 ^a	0,66±0,09 ^a	0,60±0,03 ^a	0,54±0,06 ^a
	15.	0,95±0,03 ^b	0,79±0,19 ^{ab}	0,79±0,13 ^a	0,57±0,09 ^{ab}	0,63±0,13 ^a
	30.	1,23±0,19 ^b	0,63±0,06 ^a	0,70±0,06 ^a	0,70±0,13 ^a	0,57±0,03 ^a
	180.	2,15±0,19 ^b	1,49±0,03 ^{ac}	1,74±0,19 ^a	1,23±0,03 ^c	1,33±0,09 ^a
propionsav* (9)	3.	ny	ny	ny	ny	ny
	7.	ny	ny	ny	ny	ny
	15.	ny	ny	ny	ny	ny
	30.	0,06±0,03	0,06±0,00	ny	0,09±0,03	ny
	180.	0,28±0,03	0,28±0,03	0,25±0,03	0,09±0,03	0,16±0,03
i-vajsav* (10)	3.	—	—	ny	ny	ny
	7.	—	ny	ny	0,03±0,00	ny
	15.	ny	ny	ny	ny	ny
	30.	0,03±0,01	ny	ny	0,03±0,00	ny
	180.	0,06±0,03	0,09±0,03	0,06±0,01	0,06±0,03	0,06±0,03
n-vajsav* (11)	3.	—	—	—	—	—
	7.	—	—	—	—	—
	15.	—	—	—	—	—
	30.	0,19±0,06	0,09±0,03	—	—	ny
	180.	0,82±0,44	0,70±0,03	0,35±0,16	0,25±0,09	1,07±0,19
NH ₃ **	3.	0,64±0,07 ^{bc}	0,54±0,03 ^{abc}	0,67±0,04 ^c	0,51±0,08 ^{ab}	0,65±0,04 ^c
	7.	0,85±0,07 ^a	0,72±0,09 ^a	0,70±0,09 ^a	0,64±0,09 ^a	0,75±0,15 ^a
	15.	1,06±0,11 ^b	0,94±0,07 ^a	0,94±0,08 ^a	0,76±0,09 ^c	0,94±0,08 ^a
	30.	1,13±0,14 ^c	0,95±0,11 ^b	0,99±0,13 ^b	0,80±0,05 ^b	1,04±0,22 ^b
	180.	1,21±0,19 ^a	1,65±0,31 ^{ab}	1,43±0,14 ^a	1,41±0,05 ^{ab}	1,79±0,35 ^b
alkohol* (12)	3.	0,66±0,03 ^a	0,57±0,06 ^a	0,70±0,03 ^a	0,66±0,06 ^a	0,63±0,03 ^a
	7.	0,85±0,06 ^b	0,66±0,03 ^{ac}	0,79±0,03 ^{abc}	0,79±0,06 ^{bc}	0,60±0,03 ^a
	15.	0,70±0,03 ^b	0,60±0,03 ^{ab}	0,70±0,06 ^{ab}	0,60±0,03 ^a	0,51±0,03 ^a
	30.	0,89±0,16 ^b	0,51±0,09 ^a	0,60±0,03 ^a	0,60±0,06 ^b	0,38±0,03 ^a
	180.	1,14±0,16 ^b	0,51±0,38 ^a	0,82±0,06 ^{ab}	0,73±0,06 ^{ab}	0,70±0,03 ^{ab}

a,b,c: a különböző betűvel jelölt értékek vízszintesen, bontási naponként szignifikánsan ($P < 0,05$) eltérnek egymástól (13)

ny = nyomokban (14)

* = a szárazanyag %-ában (% of dry matter)

** = a nyersfehérje %-ában (% of crude protein)

Table 2.: Effect of different treatments on the fermentation parameters of grass (DM content: 31.6%)
parameter (1), days of fermentation (2), control (3), inoculated (4), 0.33% hydrolyzed corn meal+inoculation (5), 0.66% hydrolyzed corn meal+inoculation (6), lactic acid (7), acetic acid (8), propionic acid (9), i-butyric acid (10), n-butyric acid (11), alcohol (12), different superscripts within the same row indicate significant differences ($P < 0.05$) (13), traces (14)

Sem a baktériumkultúrával történő oltás, sem pedig a baktériumos oltással kombinált szénhidrát kiegészítés nem befolyásolta a szilázs propionsavtartalmát. Ez arra utal, hogy a starterkultúra propionsavtermelő baktériumai nem szaporodtak kielégítő mértékben. A hidrolizált kukoricával megegyezően, nem befolyásolta a szilázs propionsavtartalmát a Goldzyme kiegészítés sem. A propionsavhoz hasonlóan, nem találtunk jellemző különbséget a különböző kiegészítések hatására a minták i-vajsav- és i-valeriánsavtartalmára gyakorolt hatásában sem.

Számottevően eltért viszont az egyes kezelések n-vajsavtartalma. A kialakult különbségek jelzik, hogy milyen mértékben sikerült elérni, illetve megközelíteni a stabil szilázs előfeltételét jelentő kritikus pH értéket. Ebben a tekintetben megállapítható, hogy csak a 0,66% hidrolizált kukorica kiegészítéssel készült szilázs pH-ja érte el a kritikus pH értéket, míg a másik szilázs csak megközelítette, aminek következtében ezek n-vajsavtartalma szignifikánsan kisebb, mint a többi kezelése.

A kiegészítések az erjesztés első időszakában egyértelműen, és tendenciózusan csökkentették a fűszilázs NH_3 -tartalmát. A legkifejezettebb ez a hatás a 0,66%-os hidrolizált kukorica esetében. Az erjesztés második felében, ugyancsak tendencia jelleggel, a kísérleti kezelésekből, a kontroll szilázsénál nagyobb mértékben növekedett az NH_3 mennyisége. A kontroll szilázshoz viszonyított növekedés azonban csak a Goldzymmel készült szilázs esetében volt szignifikáns.

A kezelések közül az önmagában végzett baktériumos oltás, valamint a Goldzym kiegészítés, a különböző erjedési időpontokban végzett silóbontások többségéből származó minták esetében szignifikánsan csökkentette a szilázs alkoholtartalmát. A baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítés viszont csak tendencia jelleggel mérsékelte azt.

A lucernával végzett erjedésdinamikai modellkísérlet eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. Megállapítható, hogy a baktériumos oltás önmagában csak az erjesztés második felében növelte a tejsavtermelést, a szilázs ecetsavtartalmát viszont már az erjedés kezdetétől fogva szignifikánsan csökkentette a kontroll szilázshoz képest. Ezzel szemben a baktériumos oltással kombinált 1% hidrolizált kukorica kiegészítés mind a tejsav- és ecetsavtartalom, mind pedig a pH-érték alakulása tekintetében szignifikánsan jobb szilázsmínőséget eredményezett. A baktériumos oltással kombinált 1% hidrolizált kukorica kiegészítéssel stabil szilázst tudtunk előállítani, míg a kontroll, valamint a csak baktériumos oltás esetében ezt nem sikerült elérni. Ez utóbbi két kezelés esetében a szilázs tejsavtartalma az erjedés 15. napját követően fokozatosan csökkent, ami a szilázs pH-jának folyamatos növekedését eredményezte.

A baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítés, az előbbieknél alapján, kedvező hatású volt a tejsav: ecetsav arány alakulására is, amely arány befolyásolja az állatok szilázsfogyasztását. A különböző kezelésekből megállapított arány a következő volt:

	Tejsav	Ecetsav
	részarány, %	
Kontroll	52,3	47,7
Baktériumos oltás	58,8	41,2
1% hidrolizált kukorica + oltás	79,6	20,4

3. táblázat

A különböző kezelések hatása a lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 31,7%)

Paraméter (1)	Erjedési nap (2)	Kontroll (3)	Baktériumos oltás (4)	1,0% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás (5)
pH	3.	4,64±0,04 ^b	4,63±0,04 ^b	4,42±0,01 ^a
	7.	4,65±0,04 ^c	4,59±0,03 ^b	4,39±0,02 ^a
	15.	4,66±0,11 ^c	4,59±0,02 ^{ba}	4,45±0,09 ^a
	30.	4,72±0,02 ^c	4,65±0,01 ^b	4,34±0,03 ^a
	180.	4,97±0,04 ^c	4,74±0,01 ^b	4,29±0,02 ^a
tejsav* (7)	3.	5,36±0,09 ^a	5,36±0,06 ^a	6,78±0,72 ^a
	7.	5,77±0,09 ^a	5,68±0,22 ^a	7,00±0,28 ^b
	15.	6,53±0,13 ^a	6,31±0,13 ^a	7,44±0,28 ^b
	30.	5,58±0,13 ^a	6,21±0,13 ^b	7,07±0,19 ^c
	180.	4,60±0,28 ^a	5,17±0,22 ^a	8,01±0,25 ^b
ecetsav* (8)	3.	1,10±0,03 ^b	1,01±0,03 ^a	0,95±0,03 ^a
	7.	1,32±0,06 ^b	1,13±0,06 ^a	1,07±0,19 ^{ab}
	15.	1,77±0,09 ^b	1,39±0,09 ^a	1,26±0,19 ^a
	30.	2,43±0,09 ^c	1,86±0,09 ^b	1,04±0,06 ^a
	180.	4,19±0,09 ^c	3,63±0,19 ^b	2,05±0,09 ^a
propionsav* (9)	3.	–	–	–
	7.	–	–	ny
	15.	ny	–	ny
	30.	0,06±0,00	ny	ny
	180.	0,47±0,03	0,35±0,01	0,09±0,03
i-vajsav* (10)	3.	–	–	0,06±0,03
	7.	–	0,06±0,00	0,06±0,00
	15.	0,06±0,00	0,06±0,03	0,06±0,03
	30.	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00
	180.	0,06±0,03	0,06±0,03	0,09±0,03
NH ₃ **	3.	0,75±0,09 ^b	0,70±0,11 ^{ab}	0,58±0,03 ^a
	7.	0,94±0,08 ^b	0,86±0,09 ^b	0,65±0,01 ^a
	15.	1,38±0,04 ^c	1,32±0,05 ^b	1,03±0,02 ^a
	30.	1,74±0,08 ^c	1,88±0,02 ^b	1,31±0,03 ^a
	180.	2,16±0,13 ^b	2,22±0,05 ^b	1,92±0,04 ^a
alkohol* (12)	3.	0,31±0,03 ^b	0,28±0,03 ^a	0,31±0,00 ^b
	7.	0,31±0,03 ^a	0,28±0,03 ^a	0,35±0,03 ^b
	15.	0,31±0,03 ^a	0,28±0,03 ^{ab}	0,38±0,00 ^b
	30.	0,35±0,03 ^a	0,31±0,03 ^a	0,38±0,03 ^a
	180.	0,63±0,06 ^b	0,47±0,06 ^a	0,41±0,03 ^a

a,b,c: a különböző betűvel jelölt értékek vízszintesen, bontási naponként szignifikánsan eltérnek egymástól (13)

ny=nyomokban (14)

* = a szárazanyag %-ában (% of dry matter)

** = a nyersfehérje %-ában (% of crude protein)

Table 3.: Effect of different treatments on the fermentation parameters of alfalfa (DM content: 31.7%) as in Table 2 (1–4, 7–14), 1% hydrolyzed corn meal+inoculation (5)

Az erjedés alatt felhasználódó szénhidrát mennyiségéről a 4. és 5. táblázat adatai tájékoztatnak. Megállapítható, hogy a rendelkezésre álló erjeszhető szénhidrát mennyiségének döntő része, 80-85%-a már az erjesztés első 3 napján felhasználódik. Azt is igazolják az adatok, hogy a baktériumos oltás az erjedés első

időszakában mind a fű, mind a lucerna esetében növelte a szénhidrát felhasználást. A hidrolizált kukorica esetében a kontroll szilázshoz képest valamelyest növekedett a maradék szénhidrát mennyiség a szilázsban, ami a szénhidráthasznosítás kismértékű csökkenésére utal.

4. táblázat

A fű vízőldható szénhidráttartalmának változása az erjedés közben

Kezelés (1)	A fű vízőldható szénhidráttartalma, g/kg eredeti anyagban (2)						Lebontott vízőldható szénhidrát a 180. napig (4)	
	Erjedési nap (3)							
	0.	3.	7.	15.	30.	180.	g	%
Kontroll (5)	29,3	5,6	4,9	4,1	3,7	2,8	26,5	90,44
Baktériumos oltás (6)	29,3	4,3	4,1	4,0	3,2	2,9	26,4	90,10
Baktériumos oltás+ 0,33% hidrolizált kukorica (7)	31,3	4,4	4,2	4,0	3,3	3,0	28,3	90,41
Baktériumos oltás+ 0,66% hidrolizált kukorica (8)	33,2	5,2	5,0	4,8	4,7	4,2	29,0	87,35
Goldzym	29,3	4,1	3,8	3,7	3,2	2,8	26,5	90,44

Table 4.: The water-soluble carbohydrate (WSC) content of grass during fermentation treatment (1), WSC content of grass, g/kg, as in feed (2), days of fermentation (3), fermented WSC up to 180th days (4), control (5), inoculated (6), inoculation+0.33% hydrolyzed corn meal (7), inoculation +0.66% hydrolyzed corn meal (8)

5. táblázat

A lucerna vízőldható szénhidráttartalmának változása az erjedés közben

Kezelés (1)	A lucerna vízőldható szénhidráttartalma, g/kg eredeti anyagban (2)						Lebontott vízőldható szénhidrát a 180. napig (4)	
	Erjedési nap (3)							
	0.	3.	7.	15.	30.	180.	g	%
Kontroll (5)	19,3	3,4	3,3	2,9	2,2	2,1	17,2	89,12
Baktériumos kontroll (6)	19,3	3,3	2,7	2,5	1,8	1,6	17,7	91,71
Baktériumos oltás + 1,0% hidrolizált kukorica (7)	25,2	4,5	4,1	4,0	3,9	3,4	21,8	86,51

Table 5.: The water-soluble carbohydrate (WSC) content of alfalfa during fermentation as in Table 4 (1, 3–6), WSC content of alfalfa, g/kg, as in feed (2), inoculation+1% hydrolyzed corn meal (7)

A silóban bekövetkező szárazanyag-, valamint energiavesztésről a 6. táblázat adatai tájékoztatnak. Mint látható, már önmagában a baktériumos oltás is mérsékelte a veszteséget, amit az oltásnak hidrolizált kukorica kiegészítéssel történő kombinálása még tovább csökkentett. A fű esetében a 0,66, a lucerna silózásakor pedig az 1% hidrolizált kukorica kiegészítés a kontroll szilázshoz képest 5,8 (fű), illetve 6,79%-kal (lucerna), relatíve 57,5, valamint 58,2%-kal csökkentette a szárazanyag veszteséget. Az energiavesztés az előbbi sorrendben 4,53, illetve 5,06%, ami relatív értelemben 66,6, valamint 68,9%-os veszteségcsökkenést jelentett.

6. táblázat

**Szárazanyag- és energiaveszteség fű és lucerna minták baktériumos oltással
vagy és hidrolizált kukorica kiegészítéssel történő silózásakor**

Növény, illetve kezelés (1)	Veszteség, % (2)	
	szárazanyag (3)	energia (4)
Fű (5)		
Kontroll (6)	10,08	6,80
Baktériumos oltás (7)	7,80	5,54
0,33% hidrolizált kukorica + bakt. oltás (8)	6,76	5,35
0,66% hidrolizált kukorica + bakt. oltás (9)	4,28	2,27
Goldzym	7,86	5,17
Lucerna (10)		
Kontroll (6)	11,66	7,34
Baktériumos oltás (7)	9,13	4,93
1,0% hidrolizált kukorica + bakt. oltás (11)	4,87	2,28

Table 6.: DM and energy losses of grass and alfalfa treated with inoculant alone and inoculant+hydrolyzed corn meal

plant and/or treatment (1), losses (2), DM (3), energy (4), grass (5), control (6), inoculated (7), 0.33% hydrolyzed corn meal+inoculation (8), 0.66% hydrolyzed corn meal+inoculation (9), alfalfa (10), 1% hydrolyzed corn meal+inoculation (11)

A silóban előálló veszteség számottevő csökkenése, a kedvező erjedési eredményekkel megegyezően, arra vezethető vissza, hogy a hidrolizált kukoricából képződő szignifikánsan nagyobb mennyiségű tejsav – a pH intenzív, gyors csökkentésével – már az erjedés kezdeti szakaszában kiszorítja az erjesztésből a káros mikroflórát, mindenekelőtt a coli aerogenes csoport baktériumait, a klosztridiumokat, valamint a rothasztó baktériumokat.

Hidrolizált kukoricával, vagy egyéb más hidrolizált gabonadarával végzett szénhidrát kiegészítésről ugyan nem találtunk adatokat az irodalomban, azonban a korábbi években más szénhidrátokat több kísérletben is használtak a lucerna és fű erjedőképességének javítására. Leggyakrabban a cukorgyártás melléktermékét, a répamelaszt, aminek szárazanyaga mintegy 50%-ban tartalmaz szacharózt, valamint raffinózt, mely di- és triszacharidot a tejsavtermelő baktériumok jól tudnak használni energiaforrásként szaporodásukhoz. Az elvégzett nagyszámú kísérlet azt igazolja, hogy a melaszkiegészítés hatásán növekszik a szilázs tejsavtartalma, csökken a pH-ja és ecetsavtartalma, de gátolja a klosztridiumok működését, valamint a proteolízist és generálisan csökkenti a szilázsban a szerves anyag veszteséget is (Ohyama és Inoue, 1968; Podkowka és Pauli, 1973). A cukorrépa-termesztés nagymértékű visszaszorulása következtében napjainkban nem áll ilyen célra rendelkezésre melasz.

A közepesen és nehezen erjeszthető takarmányok erjedőképességének javítására korábban takarmány minőségű cukrot is használtak. A zöldtakarmány féleségétől (fű, lucerna), valamint szárazanyag-tartalmától függően 10–15 g/kg zöldanyag mennyiségben javasolták adagolni (Weise, 1967; Gross, 1969; DeVuyt és mtsai, 1975).

A szénhidrát adalékokkal kapcsolatban felmerülő észrevétel, hogy a kiegészítést nemcsak a tejsavtermelő baktériumok használják fel, hanem az erjesztés

szempontjából káros flóra is. *Hartfiel és Marquering* (1968) fűveshere silózásakor kg-ként 10 g ^{14}C -vel jelzett szacharóz adagolása esetén a cukor 20%-át CO_2 formájában, tehát veszteségként találták meg. Egyes kísérletek eredményeiből (*Ohyama és mtsai*, 1975; *Jones és mtsai*, 1992) arra lehet következtetni, hogy a szénhidrát kiegészítés önmagában nem biztosítja feltétlenül a tejsavtermelő baktériumok gyors uralomra jutását, ehhez a szénhidrát kiegészítésen túlmenően tejsavtermelő baktériumkultúrával történő oltásra is szükség van.

Szénhidrát kiegészítés céljára több kísérletben gabonamagvak daráját is felhasználták. Ezek szénhidrátkészletének döntő hányadát a keményítő adja, erjeszthető szénhidrátot csak 3–4%-os mennyiségben tartalmaznak. Minthogy a keményítőt a tejsavtermelő baktériumok nem tudják hasznosítani (*Woolford*, 1984), a gabonamagvak darái csak akkor használhatók fel eredményesen, ha 10%-nál nagyobb mennyiségben adagoljuk őket a silózandó zöldtakarmányhoz (*Rydin*, 1963; *Zimmer*, 1964; *Baintner és Schmidt*, 1974).

A két kísérlet eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a hidrolizált kukorica jó eredménnyel használható fel a fű és a lucerna erjedőképességének javítására, ennél fogva alkalmas arra, hogy komponense legyen egy szénhidrát alapú biológiai tartósítószernek. A baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítés 31–32% szárazanyag-tartalmú fű esetében 0,66%-os mennyiségben, ugyanilyen szárazanyag-tartalomig fyonnyasztott lucerna silózásakor pedig 1%-os adagban jó minőségű, kedvező tejsav:ecetsav arányú, stabil szilázst eredményez. Az említett dózisban mind a fű, mind pedig a lucerna silózásakor csökkenti a silóban bekövetkező szárazanyag-, valamint energiaveszteséget.

IRODALOM

- Baintner, K. – Schmidt, J.* (1974): Verfahren der Luzerne Silierung. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft, 18. 3. 295–302.
- DeVuyst, A. – Arnould, R. – Vanbelle, M. – Deswysen, A.* (1975): Investigations on silage additives. Das Wirtschaftseigene Futter, 21. 33–41.
- Gross, F.* (1969): Directing the silage process with additives. Proceedings of the 3rd General Meeting of the European Grassland Federation, Braunschweig, 139–145.
- Hartfiel, W. – Marquering, B.* (1968): Investigations on ensiling with the addition of sugar and the decomposition of sucrose labeled with ^{14}C on the course of fermentation. Das Wirtschaftseigene Futter, 14. 102–111.
- Honig, H. – Pahlow, G.* (1986): Wirkungsweise und Einsatzgrenzen von Silage – Impfkulturen aus Milchsäurebakterien. 2. Mitteilung: Wirkung von Anwelkgrad, Felddauer und Zuckerzusatz auf das Konservierungsergebnis bei Gras. Das Wirtschaftseigene Futter, 32. 205–228.
- Jones, B.A. – Satter, L.D. – Muck, R.E.* (1992): Influence of bacterial inoculant and substrate addition to lucerne ensiled at different dry matter contents. Grass and Forage Science, 47. 1. 19–27.
- Ohyama, Y. – Inoue, S.* (1968): Effect of molasses feed addition at ensiling to reduce nutrient losses during ensilage. Japanese Journal of Zootechnical Science, 39. 319–325.
- Ohyama, Y. – Morichi, T. – Masiki, S.* (1975): The effect of inoculation with *Lactobacillus plantarum* and addition of glucose at ensiling on the quality aerated silage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 26. 1001–1008.
- Podkowka, W. – Pauli, H.* (1973): Ensiling experiments with meadow grasses and various silage additives. Das Wirtschaftseigene Futter, 19. 31–37.
- Rydin, C.* (1963): Studies on fermentation process in silage. Malt-cereal mixtures and straw as supplements in biological ensiling. Lantbrukshögskolans Annaler, 29. 45–61.
- Weise, F.* (1967): The action of feed quality sugars as a safety additives for grass silage. Landwirt. Forsch. 20. 171–184.

- Woolford, M.K. (1984): The Silage Fermentation. Microbiological Series No. 14. Marcel Dekker Inc. New York
- Schmidt, J. – Várhegyi, J-né – Várhegyi, J. – Cenkvári, É. (2000): A kérődzők takarmányainak energia- és fehérjeértékelése. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Zimmer, F. (1964): Cereal grist and malt as additives in silage making. Das Wirtschaftseigene Futter, 10. 257–261.

Érkezett: 2009. augusztus

Szerzők címe: Nyugat-magyarországi Egyetem,

Authors' address: Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Takarmányozástani Intézeti Tanszék
University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Department of Animal Nutrition
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.