

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

RIGÓ ESZTER

MOSONMAGYARÓVÁR
2012

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

**UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA**

**GAZDASÁGI ÁLLATOK TÁPLÁLÓANYAGELLÁTÁSÁNAK JAVÍTÁSA
ALPROGRAM**

**DOKTORI ISKOLAVEZETŐ:
DR. BENEDEK PÁL
EGYETEMI TANÁR**

**TÉMAVEZETŐ:
DR. SCHMIDT JÁNOS
PROFESSZOR EMERITUS, AZ MTA RENDES TAGJA**

**JÓ HATÉKONYSÁGÚ BIOLÓGIAI TARTÓSÍTÓSZER
KIFEJLESZTÉSE A KÖZEPESEN ÉS NEHEZEN
ERJESZTHETŐ TAKARMÁNYOK TARTÓSÍTÁSÁRA**

**KÉSZÍTETTE:
RIGÓ ESZTER**

**MOSONMAGYARÓVÁR
2012**

**„JÓ HATÉKONYSÁGÚ BIOLÓGIAI TARTÓSÍTÓSZER KIFEJLESZTÉSE A KÖZEPESÉN ÉS NEHEZEN
ERJESZTHETŐ TAKARMÁNYOK TARTÓSÍTÁSÁRA”**

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:
RIGÓ ESZTER

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

Témavezető: Dr. Schmidt János,professzor emeritus, az MTA rendes tagja

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(alíírás)

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

(alíírás)

Második bíráló (Dr.) igen /nem

(alíírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem

(alíírás)

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.
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6.
2.1. A SZÁLASTAKARMÁNYOK SZEREPE A KÉRŐDZŐK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN	6.
2.2. A LUCERNA ÉS A FŰ TERMESZTÉS HELYZETE	7.
2.3. A ZÖLDTAKARMÁNYOK ERJESZTÉSES TARTÓSÍTÁSA	10.
2.3.1. Természetes erjedőképességet meghatározó tényezők	10.
2.3.1.1. A takarmány erjeszthető szénhidráttartalma	10.
2.3.1.2. A takarmány pufferkapacitása	16.
2.3.1.3. A takarmány nitrogéntartalmú anyagai	19.
2.3.1.4. A takarmány szárazanyag-tartalma	20.
2.4. A TERMÉSZETES ERJEDŐKÉPESSÉG JAVÍTÁSÁNAK MÓDSZEREI	22.
2.4.1. A vízaktivitás csökkentése fonnyasztással	23.
2.4.2. Az erjedés szabályozása adalékanyagokkal	25.
2.4.2.1. Az erjedés szabályozása szelektív mikrobagátló anyagokkal	25.
2.4.2.2. Erjedés szabályozása erjedést serkentő anyagokkal	31.
2.4.2.2.1. Erjedőképesség javítása szénhidrát adalékokkal	31.
2.4.2.2.2. Erjedőképesség javítása biológiai adalékanyagokkal	37.
2.4.3. Biológia adalékanyagokkal végzett kísérletek eredményei	43.
3. SAJÁT VIZSGÁLATOK	55.
3.1. A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSE	55.
3.2. ANYAG ÉS MÓDSZER	57.
3.2.1. Kukorica hidrolízis kísérletek	57.
3.2.2. A hidrolizált kukorica redukáló cukortartalmának növelése tejipari ricotta savó felhasználásával	58.
3.2.3. Mikrobiológiai vizsgálatok	59.

3.2.3.1. A jó minőségű szilázs előállításához szükséges baktériumkultúra faji összetételének meghatározása	59.
3.2.3.2. A kifejlesztett tartósítószer mikrobiológiai stabilitásának megállapítása	61.
3.2.4. Silózási kísérletek	62.
3.2.4.1. Modell silózási kísérletek	62.
3.2.4.2. Üzemi silózási kísérletek	66.
3.2.5. A kísérlet során alkalmazott kémiai vizsgálati eljárások	66.
3.2.6. Statisztikai analízis	67.
3.3. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	68.
3.3.1 Kukorica hidrolízis kísérletek	68.
3.3.1.1. A kukorica keményítőjének enzimes lebontása	68.
3.3.1.2. A hidrolizált kukorica redukáló cukortartalmának növelése tejjepari ricotta savó felhasználásával	74.
3.3.2. A jó minőségű szilázs előállításához szükséges baktériumkultúra faji összetételének meghatározása	76.
3.3.3. A kifejlesztett tartósítószer mikrobiológiai stabilitásának megállapítása	84.
3.3.4. Az új tartósítószerrel végzett silózási kísérletek	88.
3.3.4.1. Modell méretű silókkal végzett erjedésdinamikai kísérletek	88.
3.3.4.2. Üzemi méretű silózási kísérletek	136.
4. ÖSSZEFOGLALÁS	140.
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	146.
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	147.
TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE	148.
FELHASZNÁLT IRODALOM	151.

„JÓ HATÉKONYSÁGÚ BIOLÓGIAI TARTÓSÍTÓSZER KIFEJLESZTÉSE A KÖZEPESÉN ÉS NEHEZEN ERJESZTHETŐ TAKARMÁNYOK TARTÓSÍTÁSÁRA”

Kivonat

A szerző munkája során jó hatékonyságú, második generációs biológiai tartósítószer kifejlesztését tűzte ki célul. A kifejlesztett silózási adalékanyag szénhidrát komponensét egy enzimesen hidrolizált kukoricadara képezi, amelyet egy 4 baktériumfajból álló oltókultúra keveréke egészít ki.

A kukorica hidrolízis kísérletek során a szerző megállapította, hogy α -amiláz és amiloglükózidáz enzimek kombinációjának használatával a kukorica keményítőjének 90%-a 20 óra alatt redukáló cukorra bontható.

A zöldlucernával és fűvel végzett erjedésdinamikai kísérletek eredményei alapján a szerző megállapította azokat a szárazanyag tartalomtól függő adalékanyag mennyiségeket, amellyel kevés veszteséggel, kedvező tejsav:ecetsav arányú, stabil szilázs állítható elő.

„DEVELOPMENT OF A BIOLOGICAL PRESERVATIVE OF GOOD EFFICACY FOR THE PRESERVATION OF MEDIUM AND HARD FERMENTABLE FORAGES”

Abstract

Throughout her experiments, the author aimed to develop a second generation biological silage additive with good efficiency. The basis of the preservative was the combination of hydrolyzed corn meal and a bacterial inoculate, which included 4 species of bacteria.

The 90% of corn starch can be broken down into water soluble carbohydrate within 20 hours by enzymatic technology with α -amylase and amyloglucosidase enzymes.

By the results of the fermentation dynamic experiments with alfalfa and grass, the author determined the dry-matter dependent dose of preservative, whereby stable silage with low losses and favourable lactic:acetic acid ratio can be produced.

1. BEVEZETÉS

A szálastakarmányok a kérődző állatok legtermészszerűbb takarmányai. Hazánk éghajlati adottságaiból az következik, hogy gazdasági állataink számára szükséges éves takarmánymennyiséget az áprilistól novemberig terjedő időszakban kell megtermelni. A takarmányok nagyobb része azonban a betakarításkor nem légszáraz állapotú, ezért azokat a felhasználásig tartósítani szükséges. A tartósítandó takarmányok többsége szálastakarmány, amelyek mind takarmányozás-élettani, mind pedig ökonómiai szempontból fontos szerepet töltenek be a kérődzők takarmányozásában.

A tartósítás egyik módját a takarmányok erjesztés útján történő konzerválása képezi. A takarmányok természetes erjedőképességét azonban több takarmány esetében valamilyen adalékanyaggal (pl. biológiai tartósítószerrel) javítani szükséges. A természetes erjedőképesség javítására szolgáló adalékanyagok közül napjainkban a biológiai tartósítószerrel történő tárolás figyelemre méltó. A biológiai tartósítószerrel történő tárolás ma már a 3. generációja van forgalomban, amelyek a tejsavtermelő baktériumkultúra mellett valamilyen enzimeket is tartalmaznak. A 3. generációs biológiai tartósítószerrel szerzett tapasztalatok azonban meglehetősen ellentmondásosak. Ezen tartósítószerrel gyakran nem kielégítő a hatékonysága, ami az esetek többségében arra vezethető vissza, hogy a silóban, illetve a szilázsban uralkodó körülmények nem minden tekintetben felelnek meg a tartósítószerben található szénhidrátbontó enzimek optimális működési feltételeinek.

Ez a tény elsősorban a hőmérséklet tekintetében áll fenn, de a szilázs pH-ja sem mindig abban a tartományban van, amely a cellulózt és hemicellulózt bontó enzimek optimális működéséhez szükséges lenne. Ezt a tényt legegyszerűbben úgy lehetne orvosolni, hogy megnöveljük a tartósítószerben az enzimkoncentrációt, aminek viszont a gazdaságosság szab határt.

A biológiai tartósítószer fejlesztésének egyik útja lehet olyan enzimkomplexek keresése, amelyek működési feltételei közelebb vannak a silóban uralkodó hőmérsékleti és pH körülményekhez, mint a jelenleg használatos enzimkészítményeké. Erre a lehetőségre az ad reményt, hogy a különböző mikrogombák enzimjeinek működési optimuma között jelentős különbségek állnak fenn.

A fejlesztés egy másik útja, olyan szénhidrátforrások felkutatása, előállítása lehet, amelyekkel a közepesen és a nehezen erjeszthető növények természetes erjedőképessége érdemben javítható lenne. Munkám során ez utóbbi lehetőséget választottam. A szemes kukoricában nagy mennyiségben előforduló, de a tejsavtermelő baktériumok által nem fermentálható keményítő enzimes lebontásával kívántam olyan szénhidrát szubsztrátot előállítani, amely egy második generációs biológiai tartósítószer komponense lehet.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A szálatakarmányok szerepe a kérődzők takarmányozásában

A szálatakarmányok fontos szerepet játszanak a kérődzők energiaellátásában. Tejelő tehenek esetében 20 kg silókukorica szilázs, valamint 4 kg lucerna-, vagy réti széna etetése esetén az energiaszükségletnek az állatok termelésétől függően mintegy 43-62%-át fedezzük az említett takarmányokkal. Amikor 400 kg átlagos testtömegű hízómarhákkal átlagosan 15 kg silókukorica szilázst és 2 kg lucerna-, vagy ugyanennyi réti szénát etetünk a napi takarmányadag, az állatok energiaszükségletének (életfenntartás és napi 1,2 kg testtömeg-gyarapodás szükséglete) kb. 69%-át elégítjük ki ezekkel a takarmányokkal. Napi 3 kg legelőfű, vagy 2,5 kg fűszénázs elfogyasztása az üres anyajuhok energiaszükségletét teljes egészében, a szoptató anyajuhok energiaigényének pedig a laktációs stádiumtól, illetve a szoptatott bárányszámtól függően mintegy 41-58%-ban fedezi.

A fűfélék, valamint a pillangós zöldtakarmányok a kérődzők fehérjeellátása szempontjából is fontosak. Napi 4 kg réti-, vagy lucerna széna etetésekor pl. a 30 liter tejet termelő tehenek metabolizálható fehérje szükségletének az előbbi sorrendben 46 (MFE), illetve 35 (MFN) %-a, vagy 46 (MFE), illetve 43 (MFN) %-a elégíthető ki. Az energiaigény kapcsán említett testtömegű és testtömeg-gyarapodású növendékbikák metabolizálható fehérje szükségletének réti széna esetében 81 (MFE), illetve 59 (MFN) %-át, lucernaszéna etetésekor pedig 80 (MFE), illetve 69 (MFN) %-át fedezi a takarmányadagban lévő 15 kg silókukorica szilázs, valamint 2 kg széna.

A szálatakarmányok alapvető jelentőségük takarmányozás-élettani szempontból is. Fontos szerepet töltenek be a bendőben zajló mikrobás fermentáció optimális feltételeinek megteremtésében. E feltételek közül a bendőfolyadék pH-jának viszonylagos stabilitását, a laza bendőtartalmat, továbbá a rendszeres, aktív bendőmozgásokat kell kiemelni. A bendőfolyadék pH-értékének stabilizálásában a fültőmirigy által termelt nyálnak lényeges szerepe van, amelynek mennyisége elsősorban a szálatakarmányok által kiváltott rágó- és kérődzőmozdulatoktól függ. A takarmányok azon hatását, amely a kifogástalan bendőműködés fenntartásához szükséges feltételeket teremti meg, úgynevezett strukturális hatékonyságnak nevezzük. Ez a takarmányok nyersrosttartalmától, valamint a szecska hosszúságától függ (Schmidt, 1984).

A kérődző állatok takarmányozásában a szálatakarmányok nemcsak élettani, hanem gazdaságossági szempontból is fontos szerepet töltenek be, ezért lényeges, hogy a termeléstől függően az állatok táplálóanyag-szükségletének minél nagyobb hányadát szálatakarmányokkal elégítsük ki.

2.2. A lucerna- és a fűtermesztés helyzete

A lucerna kiváló takarmányértékét – a benne található fehérje kitűnő biológiai értéke mellett – nagy karotin-, ásványianyag- és vitamintartalmának is köszönheti, de a jelentős emészthető nyersrost-tartalma miatt is kiváló szálatakarmánya a kérődzőknek. A világon 33 millió hektáron termesztik, a legtöbbet Észak-Amerikában, majd Európa, végül Ázsia következik. Magyarországon vetésterülete jelenleg 150 ezer hektár körül van.

A tejelő szarvasmarha természetes tápláléka a fű, azonban hazánkban sokáig nem, illetve csak kis mértékben volt része a félmonodiétás takarmányadagnak a fűszénáz és a fűszéna. Ez több okra is visszavezethető: a hazai gyeppek elhanyagoltak és rossz minőségűek, valamint a júliusban-augusztusban bekövetkező csapadékszegény időszak még a gondozott gyepeket is kiégette (Orosz, 2009). A fű sem nyersfehérje- (8-13% nyersfehérje/sza.), sem pedig energiatartalom tekintetében (4,09-5,5 MJ/kg NEI/sza.) nem éri el a lucerna ugyanezen értékeit (vegetációs stádiumtól függően 18-26% nyersfehérje/sza., illetve 4,92-6,18 MJ/kg NEI/sza.).

Hazánkban 1996 és 2005 között az alábbi területen, illetve az alábbi eredménnyel termesztettük a kérődzők takarmányozása szempontjából fontos két szálatakarmányt (1.táblázat):

1.táblázat: A lucerna és a gyeptermesztés alakulása Magyarországon 1996 és 2005 között

	Betakarított terület (ha)	Betakarított termés (t)	Termésátlag (kg/ha)
Gyep			
1996	738 599	913 180	1 236
2000	546 891	600 248	1 097
2005	291 029	385 304	1 324
Lucerna			
1996	246 787	1 241 923	5 032
2000	159 016	682 552	4 292
2005	153 290	805 718	5 256

Az adatokból látható, hogy vetésterületük az elmúlt másfél évtized során folyamatosan csökkent, ami elsősorban a szarvasmarha állomány fogyásának következménye.

Hazai éghajlati adottságaink közepette és a félmonodiétás takarmányozási rendszer elterjedésének következtében a szálastakarmányok jelentős részét nem természetes formájukban, nem zöldtakarmányként, hanem tartósított állapotban (szénáként, szilázsként) vagyunk kénytelenek felhasználni. A takarmányok konzerválása azonban veszteségekkel jár. A különböző silózási eljárások során hazánkban bekövetkező veszteségekről az alábbi táblázat (2. táblázat) adatai tájékoztatnak.

2. táblázat: A zöldtakarmányok silózásakor előforduló átlagos veszteségek a hazai üzemekben

Zöldtakarmány, illetve az erjesztés módja	Energia- veszteség, %	Fehérje-
Könnyen erjeszthető takarmányok	14-17	15-18
Közepesen erjeszthető takarmányok		
fonnyasztással	15-20	18-22
tartósítószerrel	12-16	15-20
Nehezen erjeszthető takarmányok		
fonnyasztással	20-25	23-28
tartósítószerrel	17-20	18-23

(Forrás: Babinszky, 2002)

A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy hazai üzemeinkben az energiaveszteség még a könnyen erjeszthető szálastakarmányok esetében is meghaladja a biológiailag minimális veszteség (7%) kétszeresét, ami

elsősorban a technikai feltételek hiányosságaira vezethető vissza. Még rosszabb a helyzet a veszteség tekintetében a közepesen és a nehezen erjeszthető takarmányok esetében, mert azok silózásakor az energiaveszteség a leginkább elterjedt fonnyasztásos technológia (szenázskészítés) alkalmazásakor eléri a biológiai minimum 3-4-szeresét és tekintélyes a fehérjeveszteség is. Tartósítószer használatakor a veszteségek ugyan csökkenthetők a szenázskészítéshez képest, de az energiaveszteség még ebben az esetben is megközelíti a biológiai minimum 2-3-szorosát és a fehérjeveszteség is eléri a 20-23%-ot, ami a jelenleg forgalomban lévő tartósítószernek nem kielégítő hatékonyságát jelzi.

2.3. A zöldsztakarmányok erjesztéses tartósítása

2.3.1. Természetes erjedőképességet meghatározó tényezők

2.3.1.1. A takarmány erjeszthető szénhidrát tartalma

A tartósítandó takarmányban az erjesztés során a tejsavtermelő és egyéb baktériumok által termelt tartósító hatást kifejtő szerves savak a takarmány szénhidrátjaiból keletkeznek. A különböző takarmányok erjeszthetőségének szempontjából ezért a takarmánynövény kielégítő szénhidrát tartalma alapvető jelentőségű.

A növényekben található szénhidrátokat két fő csoportba sorolhatjuk, nevezetesen strukturális és nem strukturális (tartaléktápanyag) szénhidrátokat különböztethetünk meg. Ez utóbbi csoportból a vízben oldható szénhidrátok alapvető jelentőségűek a szilázsok erjedése folyamán, ugyanis ezek szolgálnak a mikrobiális aktivitás alapvető szubsztrátjával. Mivel a mikroorganizmusok a szaporodásukhoz és működésükhöz vizes környezetet

igényelnek, a vízoldható szénhidrátok energiaforrásként alapvető jelentőségűek mindazon mikroorganizmusok számára, melyek a szilázsban zajló erjedésért felelősek.

A legfontosabb vízben oldható szénhidrátok a glükóz, a fruktóz, a szacharóz, valamint a fruktozánok. A glükózt valamennyi, míg a fruktózt a tejsavtermelő baktériumok zöme tudja fermentálni. A szacharózt ugyancsak a legtöbb tejsavtermelő baktérium – köztük a *Lactobacillus plantarum* is – képes energiaforrássul felhasználni. A fruktozánok – fruktóz egységekből felépülő poliszacharidok – több növényben, mint tartaléktápanyagok fordulnak elő, és a betakarítást követően gyorsan monomerjeikre hidrolizálódnak. A glükóz és a fruktóz a legfontosabb erjeszhető szénhidrátok a takarmánynövényekben. A zöld növényekben a fruktóz nagyobb mennyiségben fordul elő, mint a glükóz. A fűfélék esetében 1,1:3,9 (McDonald és mtsai, 1960; MacKenzie és Wylam, 1957), míg a silókukoricában 1,0:1,5 a glükóz és a fruktóz egymáshoz viszonyított aránya (McAllan és Phipps, 1977). Ennek az arálynak akkor van jelentősége, amikor az erjesztést végző mikroflórában a heterofermentatív tejsavtermelő baktériumok dominálnak. Ezek ugyanis a fruktózt rosszabb hatékonysággal erjesztik, mint a homofermentatívok, azaz az előbbieket egységnyi fruktózból kevesebb tejsavat állítanak elő, mint ugyanannyi glükózból (Kakuk és Schmidt, 1988).

A takarmányokban galaktóz és mannóz is előfordulhat, melyek közül az előbbi több, míg az utóbbit kevesebb tejsavtermelő baktérium tudja energiaforrásként felhasználni (Kakuk és Schmidt, 1988).

A takarmánynövényekben a pentózok csak kisebb mennyiségben fordulnak elő, és mint a hemicellulóz hidrolízisének termékei jelennek meg. Erjedésükkor a tejsav mellett akkor is képződik ecetsav, amikor az erjesztést homofermentatív baktériumok végzik. A pentózok közül a xilózt több tejsavtermelő tudja fermentálni, mint az arabinózt.

A diszacharidok közül a szacharózon kívül maltózt, valamint cellobiózt is képesek erjeszteni a tejsavtermelő baktériumok. Az angol perjében, a csomós ebírben és a lucernában nyomokban melibiózt, raffinózt és sztachiózt (lupeóz) is találtak (Laidlaw és Reid, 1952; Wylam, 1953; 1954; Hirst és mtsai, 1959). A lucerna nem erjeszthető szénhidrátokat is tartalmazhat, mint pl. szedoheptulózt, mannoheptulózt és fruktozil-furanózt (Bailey, 1958; Rendig és mtsai, 1964).

A poliszacharidok közül a takarmánynövényekben a keményítő a legáltalánosabb, ezt azonban a tejsavtermelő baktériumok zöme nem képes erjeszteni.

A szerkezeti szénhidrátok közül egyedül a hemicellulóz képes bizonyos mértékben lebomlani és hozzájárulni a vízben oldható cukor mennyiségének növeléséhez. A hemicellulóznak 10-50 %-a is lebomolhat a silózás során, és elsősorban az arabánok, xilánok és a galaktánok bomlanak le. Ebben, legalábbis az erjedés korai szakaszában a növényi enzimek működnek közre, majd a fermentáció későbbi fázisában a képződött tejsav hidrolizálja a keményítőt, valamint a hemicellulóz egy részét és szolgáltat erjeszthető szénhidrátokat (Kakuk és Schmidt, 1988).

A növények vízben oldható szénhidráttartalma igen változó. Mennyiségüket általában a vizes oldat hidrolízise során keletkező redukáló

cukor mennyisége alapján határozzák meg. Henderson (1973) öt fűfajta vizsgálatokor 5 és 315 g közötti vízben oldható szénhidrátot talált 1 kg szárazanyagban, míg Pettersson (1988) 35 és 250 g/kg szárazanyag közötti értékeket állapítottak meg réti komócsin és réti csenkesz vizsgálata során.

A mérsékelt égövi fűvek esetében a vízoldható szénhidrátok közül a glükóz és a fruktóz a legfontosabb monoszacharidok, amelyek 10-30 g/kg sz.a. koncentrációban, míg a szacharóz normál esetben nagyobb, 20- 80 g/kg sz.a. mennyiségben fordul elő (Smith, 1973, McDonald és mtsai, 1960).

Az oligoszacharidok közül melibiózt, raffinózt és a sztachiózt csak nyomokban találtak a zöldtakarmányokban (Laidlaw és Reid, 1952; Hirst és mtsai, 1959). A fűvekben a fruktozánok a fő tartaléktápanyag-szénhidrátok és az egyedüli fontos poliszacharidok, melyek hideg vízben oldhatók. Ezek elsősorban a szárban halmozódnak fel.

A pillangós növények esetében a fő tartaléktápanyag a keményítő, amely elsődlegesen a levelekben halmozódik fel. A keményítőszemcsék két különböző anyagból állnak, mely két komponens az amilóz és az amilopektin. Míg az előbbi láncelágazódást nem tartalmazó α -1-4 helyzetben kapcsolódó többszáz glükózegységből álló, vízben oldható anyag, addig az utóbbi ezernél több glükózmolekulából α -1-4, illetve α -1-6 kapcsolódásokkal felépülő, vízben oldhatatlan, ágas-bogas szerkezetű molekula (Smith, 1973). Smith (1971) azt találta, hogy a hüvelyesek keményítője főleg amilopektinből áll. Az eredeti keményítőtartalom 87 illetve 74 %-a visszamaradt a lucernalevelek hideg-, illetve melegvizes extrakcióját követően. A vöröshere keményítőtartalma a különböző fenológiai fázisokban 19-45 g/kg sza. között változott (Åman, 1985).

A vízben oldódó szénhidrátok sorsa az erjesztés során egyértelműen függ a mikroorganizmusok által meghatározott erjedés típusától és jellegétől, valamint a szénhidrát relatív mennyiségétől. A srtukturális szénhidrátok (pl. cellulóz) jelentősége csekély az erjedésében (McDonald és mtsai, 1966), bár a hemicellulóz a hemicelluláz enzim működése révén kisebb mértékben hozzájárulhat a vízdoldható szénhidráttartalom növekedéséhez (Dewar és mtsai, 1963; Kakuk és Schmidt, 1988).

A takarmányok erjeszhető szénhidráttartalmára több tényező is hatással van, így a növényfaj (Waite és Boyd, 1953), a fenológiai fázis (Waite, 1957), az időjárás (MacKenzie és Wylam, 1957; Breirem és Ulvesli, 1960), valamint az állománysűrűség (McAllan és Phipps, 1977). Ezek közül a leglényegesebb a növényfaj befolyása. Az egyes növényfajok közötti különbségek jelentősek. Még a különféle fűfajok erjeszhető szénhidráttartalmában is számottevő eltérések tapasztalhatók (Kakuk és Schmidt, 1988). Henderson (1973) Észak-Európában általánosan termesztett füveket vizsgált, és azt találta, hogy az angolperje, a réti komócsin, a réti csenkesz és a csomós ebír 181, 170, 110, 96 és 79 g/kg szárazanyag vízdoldható szénhidrátot tartalmazott. A hüvelyesekben általában kevesebb erjeszhető szénhidrát található, mint a mérsékelt égövi füvekben (McDonald, 1981). Az angolperje tetraploid változatának magasabb a szénhidráttartalma, mint a diploidé (Dent és Aldrich, 1963).

A vízdoldható szénhidráttartalom nemcsak a különböző növényfajok esetében változó, hanem a fajon belül az egyes növedékek szénhidráttartalma is változik (Kakuk és Schmidt, 1988). A későbbi növedékek cukortartalma általában kisebb. A csomós ebír esetében is a korábbi növedéknek nagyobb a vízdoldható szénhidráttartalma.

A vegetációs stádiumnak a cukortartalomra gyakorolt hatása növényenként eltérő. A silókukorica esetében kezdetben növekszik a cukortartalom, majd a viaszérés stádiumától csökken. A csökkenés kezdetének ideje, valamint a csökkenés intenzitása a hibridtől függően is változik. A rövidebb tenyészidejű hibridekben már kisebb szárazanyag-tartalomnál megkezdődik a cukor átalakulása keményítővé (Kakuk és Schmidt, 1988). A fűvek esetében a vízben oldódó szénhidrátok mennyisége a vegetáció előrehaladtával növekszik. A legmagasabb cukortartalmat csak közvetlenül a virágok megjelenése előtt, vagy azok megjelenésekor érik el. A szár és a levél aránya ugyancsak nagyban befolyásolja a vízdoldható szénhidráttartalmat, főleg a fruktántartalom változásának következtében (Smith, 1973). A hüvelyes növények esetében eltérőek voltak a tapasztalatok a vízdoldható szénhidráttartalom alakulásával kapcsolatban. Hirst és mtsai (1959) nem találtak eltérést a cukortartalomban az érés előrehaladtával, míg Melvin (1965) a cukortartalom csökkenését írta le.

Az erjeszhető szénhidráttartalom mennyiségét az időjárás, valamint egyéb körülmények is meghatározzák. A fényintenzitás csökkenésével mind a fűvek, mind pedig a hüvelyes növények nem strukturális szénhidráttartalma csökken (Smith, 1973), azaz napos időben több cukor képződik, mint borús időjárás esetén. A nagy mennyiségű csapadék felére csökkentheti a cukortartalmat a növényben (Breirem és Ulvesli, 1960). A hőmérséklet is hatással van a képződő cukor mennyiségére, a magas hőmérséklet csökkenti azt. Denium (1966, 1984) azt tapasztalta kísérleteiben, hogy a 10-15 °C-os hőmérséklet 20-25°C-ra történő növekedése 35 %-kal csökkentette a vízben oldódó szénhidrátok mennyiségét. Az időjárás változása nagyobb befolyással van a

fruktán- és keményítőtartalomra, mint a cukortartalomra. A fűvek és a pillangósok esetében a napszak hatására is változik a cukortartalom, délután és este a növények több cukrot tartalmaznak, mint reggel. Smith (1973) szerint a változás legnagyobb részt a szacharóz koncentrációjában következik be. Waite és Boyd (1953) 13 g/kg szárazanyag ingadozást mértek a napszak hatására perjében és Smith (1973) is azonos változást talált a pillangósok esetében. Lucernában a keményítőtartalom a nappal során növekedést mutatott (Melvin, 1965).

Az állománysűrűség ugyancsak befolyásolja a cukortartalmat. Kukorica esetében a tőszám növelése kitolja a maximális cukortartalom eléréséhez szükséges időt (McAllen és Phipps, 1977).

A nitrogén műtrágyázás csökkenti mind a fűvek, mind pedig a pillangósok nem szerkezeti szénhidrát-tartalmát. A fűvek esetében a nitrogén műtrágya főként a fruktántartalmat befolyásolta (Smith, 1973).

2.3.1.2. A takarmány pufferkapacitása

A zöldtakarmányok erjesztése során célunk a pH gyors csökkentése, a konzerváló hatást biztosító tejsavmennyiség mielőbbi elérése.

Számos zöldtakarmány tartalmaz olyan elemeket, vegyületeket, amelyek lekötik az erjedés során keletkezett tejsavat és ezáltal lassítják a szilázs pH-értékének csökkenését. Ilyen anyagok a bázikus hatású ásványi anyagok (Ca, Mg, K, Na), a fehérjék elbontásakor keletkező ammónia és az aminosavak, valamint a zöld növényekben előforduló szerves savak. Ezek a szerves savak gyengébb savak, mint amelyek az erjedéskor keletkeznek, ezért az erjedéskor

keletkezők cserebomlás útján kiűzik őket a sóikból és ezáltal mérsékelik a kémhatás gyors csökkenését.

A pH-érték csökkenését nehezítő anyagok együttes mennyiségét a pufferkapacitás fogalmával fejezik ki. A pufferkapacitás kialakításában a szerves savak játsszák a vezető szerepet. Míg a füvekben 1 kg-nyi szárazanyagban 20-60 g, addig a pillangós zöldtakarmányokban 60-80 g szerves sav található (Fauconneau és Jarrige, 1954). Más vizsgálatokban azt állapították meg, hogy a füvek - a réti komócsin, a csomós ebír és az angol perje - fele annyi szerves savat tartalmaznak, mint például a vörös here és a lucerna (McDonald és Henderson, 1964; Playne és McDonald, 1966). A fűfélékben az almasav, citromsav és a kinasav, a hüvelyes növényekben a malonsav és a glicerinsavak a legfontosabb szerves savak (Jones és Barnes, 1967; McDonald, 1981). A perjében almasav és borostyánkősav található nagyobb mennyiségben, amíg a vörösherében a malonsav, az almasav és a glicerinsavak mennyisége a legjelentősebb, amelyek az összes szervessav-tartalom 77, illetve 82 %-át teszik ki az említett fajok esetében (Playne és McDonald, 1966). A pillangós növények több szerves savat tartalmaznak, ezért is nagyobb ezek pufferkapacitása, mint a fűféléké. A nagyobb pufferkapacitást a pillangós növények nagyobb fehérjetartalma is befolyásolja. Az erjedés folyamán a nagyobb pufferkapacitás miatt a pillangós növények esetében a fermentációs savak képződéséhez és végső értékének eléréséhez 2-4-szer több idő szükséges a fűfélékhez viszonyítva (McDonald és Whittenbury, 1973).

Pufferkapacitáson azt a mg-ban kifejezett tejsavmennyiséget értjük, amely a silózendő takarmány 1 g-jának pH-értékét 4-re csökkenti (McDonald és mtsai

1964). Azokban a takarmányokban, amelyek több bázikus, illetve pufferhatású anyagot tartalmaznak, több tejsavnak kell képződnie a kritikus pH-érték eléréséhez.

Smith (1962) szerint 1,32 g hexóz elegendő 1 kg takarmányszárazanyag tartósításához szükséges tejsav előállításához, ha feltételezzük, hogy a silózendő növény nem tartalmaz pufferhatású anyagokat, valamint hogy homofermentatív erjedés játszódik le és valamennyi cukor tejsavvá alakul. A gyakorlatban azonban számolni kell a légzés okozta szénhidrátvesztéssel, illetve hogy az erjedés során heterofermentatív tejsavtermelő baktériumok is működnek, valamint nem lehet eltekinteni a takarmány pufferhatású anyagaitól sem. Éppen ezért a gyakorlatban az 1,32 g hexóznál lényegesen nagyobb mennyiségű erjeszhető szénhidrátra van szükség a kritikus pH-érték eléréséhez (Kakuk és Schmidt, 1988). Több szerző éppen ezért egy kg szárazanyagban 60-80 g cukrot tart szükségesnek a stabil szilázs előállításához (Wieringa 1962 és 1969; Smith, 1962).

A takarmányok pufferkapacitása nem állandó érték. A takarmánynövények pufferkapacitására befolyással van a fenológiai fázis, a növedékek száma, valamint a talaj tápanyag-utánpótlása is (Kakuk és Schmidt, 1988). Egyes szerzők (Greenhill, 1964) kimutatták, hogy ősszel a perje több pufferhatású anyagot tartalmaz, mint tavasszal, míg a lucernára az ellenkező megállapítás vonatkozik. Az angol perje pufferkapacitása a hangyasav-tartalom csökkenése következtében az érés során mérséklődik (Henderson és McDonald, 1976). Mindezek alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a vegetáció előrehaladásával csökken a pufferkapacitás, míg a későbbi növedékeknek

viszont nagyobb a pufferkapacitása. A nagyobb trágya-N-adagok növelik a zöldtakarmányok pufferkapacitását.

Az erjedés folyamán a szerves savak, főként a citrom- és almasav gyorsan és teljes mértékben lebomlanak. Ez látszólag kedvező folyamat, mert ezzel a fő puffer alkotók bomlanak le. Az erjedés során azonban ezeknek a savaknak a helyébe erősebb pufferhatású savak lépnek, miközben szén-dioxid formájában szárazanyag-veszteség áll elő. Nettó eredményként 2-4-szeresére nő a pufferkapacitás a fermentáció folyamán (Nilsson, 1956; Nilsson, 1959; McDonald és Henderson, 1962; Greenhill, 1964; Playne és McDonald, 1966). Fonnyasztott alapanyagból készült szilázs esetében a pufferkapacitás értéke kisebb, mint a kaszálást követően közvetlenül készített szilázsé. Ez a tény azzal magyarázható, hogy a fonnyasztott anyag már kezdetben kisebb pufferkapacitású, mint a fonnyasztás nélküli (McDonald és mtsai, 1965; Henderson és mtsai, 1972), továbbá a fonnyasztás során a szerves savak nem bomlanak le és nem keletkeznek náluk erősebb savak sem.

2.3.1.3. A takarmány nitrogéntartalmú anyagai

A takarmányok erjeszhetőségére azok fehérjetartalma is befolyással van. A fehérjetartalom növekedése és az erjeszhetőség között negatív korreláció áll fenn. A negatív hatás azzal magyarázható, hogy a fehérje lebomlásából származó ammónia leköti a szerves savak egy részét, így lassítja a pH csökkenésének ütemét. Az erjesztésben szerepet játszó baktériumok közül több baktériumtörzs proteolitikus aktivitása jelentős. Jellemezhető az erjedőképesség ezek alapján, az illető növény fehérje: erjeszhető szénhidrát-arányának segítségével is. A fehérjében gazdag pillangós zöldtakarmányok

esetében 1,0:0,4-0,7 az erjeszhető szénhidrátban gazdag silókukorica esetében 1:3,5-4,0 között változik ez az arány (Kakuk és Schmidt, 1988).

A zöld fű összes nitrogéntartalmának körülbelül 75-90 %-a fehérje. A növényi fehérjék nagy része hideg vízben oldható és hővel, vagy savakkal kicsapható (MacPherson, 1952).

A növény fehérjetartalmát a fenológiai fázis nagy mértékben befolyásolja, bár a N-trágyázás hatása észrevehető a fehérjetartalom növekedésében (Lyttleton, 1973).

A trópusi füvek fehérjetartalma általában alacsonyabb, mint a mérsékelt égövi fajtáké (Lyttleton, 1973).

2.3.1.4. A takarmány szárazanyag-tartalma

Az erjesztés sikerét alapvetően meghatározza a silózásra kerülő zöldtakarmány szárazanyag- tartalma. Annak ellenére, hogy erjeszteni viszonylag tág, 15-60 %-os szárazanyag-tartományban lehetséges, az erjesztés optimális szárazanyag intervalluma ennél lényegesen szűkebb tartomány.

A takarmánynövények erjedésében szerepet játszó mikroorganizmusok működéséhez nedves környezet szükséges. A betakarítást /kaszálást/ megelőző időjárási körülmények gyakran a legfontosabb meghatározó tényezők a kiindulási szárazanyag szempontjából. A N-trágyaadagok csökkentik a szárazanyag-tartalmat és a korai leveles állapotban a szárazanyag-tartalom is kisebb (Sprague és Taylor, 1970).

A silózásra kerülő növény szárazanyag-tartalmának növelése a keletkező nagyobb tejsav- illetve kisebb ecetsav- és vajsavtartalom következtében egy határig javítja a szilázs minőségét. A szárazanyag-tartalom növelésére több

lehetőség is kínálkozik, ilyen például a későbbi betakarítás, a fonnyasztás, vagy a nagyobb szárazanyag-tartalmú takarmányokkal való együttsilózás. A besilózás kori szárazanyag-tartalmat későbbi vegetációs stádiumban való betakarítással csak egy-két zöldtakarmány (pl. silókukorica, cirok) esetében lehet számottevően növelni. A pillangós zöldtakarmányok, valamint a fű esetében jelentős minőségromlást okozna a későbbi betakarítás, éppen ezért ez utóbbi takarmánynövények esetében az erjesztéshez szükséges kedvező szárazanyag-tartalmat fonnyasztással teremtjük meg.

A szárazanyag-tartalom növelésének az erjesztésre gyakorolt kedvező hatása több különböző módon is érvényre juthat. A későbbi fenológiai fázisban történő betakarítás növelheti a növény erjeszhető szénhidrát-tartalmát, valamint a nagyobb szárazanyag-tartalom következtében az erjedés során képződött szerves savak kisebb folyadéktérben oszlanak el, ami a közeg kémhatásának gyorsabb csökkenését eredményezi. A fonnyasztás során a takarmánynövényben található keményítő egy része hidrolizálódik, aminek hatására nő a fermentálható cukor mennyisége a sejtnedvben, azonban egyedül ezzel a ténnyel nem magyarázható a fonnyasztásnak az erjeszhetőségre gyakorolt kedvező hatása. A kedvező hatás elsősorban a sejtnedvben előálló ozmózis nyomásnövekedéssel áll összefüggésben. A tejsavtermelő baktériumok sokkal jobban viselik az ozmózis nyomás növekedését mint a klosztridiumok, aminek következtében ezek pH-tűrése a semleges kémhatás irányába tolódik el. Ebből kifolyólag a stabil szilázshoz szükséges pH-érték eléréséhez a fonnyasztott takarmányok silózásakor kevesebb tejsav, ebből következően kevesebb erjeszhető szénhidrát is elegendő (Kakuk és Schmidt, 1988).

A takarmány szárazanyag-tartalmának mintegy 35 %-ig való növelése serkenti a tejsavképződést, a további növelés azonban lelassítja a tejsavtermelés ütemét. Ennek az az oka, hogy a vízaktivitás csökkenése egy határon túl már a tejsavtermelő baktériumok működését is akadályozza. A szilázs ecetsav- és vajsavtartalma az alapanyag szárazanyag-tartalmának növekedésekor kezdetben jelentősen, 30-35 % szárazanyag-tartalom elérése után kisebb ütemben csökken. A szilázs ecetsav-, illetve vajsavtartalma 40 % szárazanyag fölött már változatlan, ezért az e fölötti szárazanyag-tartalmú növények silózása esetén már nem számíthatunk a szilázs minőségének további javulására, ellenkezőleg, ebben a szárazanyag-tartományban a tömörítési nehézségek miatt romlik a szilázs minősége (Kakuk és Schmidt, 1988).

2.4. A természetes erjedőképesség javításának módszerei

A fűfélék a közepesen, míg a lucerna a nehezen erjeszhető zöldtakarmányok közé tartozik. A gyenge természetes erjedőképesség döntően a csekély erjeszhető szénhidrát tartalommal és a nagy pufferkapacitással hozható összefüggésbe. Ahhoz, hogy jó minőségű szilázst tudjunk előállítani, az említett zöldtakarmányok természetes erjedőképességét a következő módszerek valamelyikével növelni szükséges:

- a vízaktivitás csökkentése fonnyasztással
- adalékanyagok felhasználása
- fonnyasztás és adalékanyagok kombinációja.

2.4.1. A vízakaktivitás csökkentése fonnyasztással

A fonnyasztással azon túl, hogy a tejsavtermelők számára kedvező életfeltételeket teremtünk, további pozitív hatásokat is indukálunk. Amint az a korábbiakban már említésre került, a nagyobb szárazanyag- tartalom miatt, a képződött több tejsav kisebb folyadéktérben oszlik el, ami a közeg kémhatásának gyorsabb csökkenését eredményezi. Az erjedés kezdeti szakaszában az ecetsavtermelő coli aerogenes fajok ilyen módon, kis pH tűrésük következtében gyorsabban szorulnak ki az erjesztésből. A nagyobb szárazanyag-tartalom az ozmózis nyomást is növeli, ami a vajsavtermelő klosztridiumok számára nehezebben tolerálható, mint a tejsavtermelők esetében. A vajsav baktériumok pH tűrése az ozmózis nyomás emelkedés hatására semleges irányba tolódik el, így kevesebb tejsavval is biztosítható a kritikus pH érték, amely alatt a klosztridiumok már nem tudnak működni.

A fonnyasztás legfontosabb hatása a klosztridiumok növekedésére kifejtett gátló hatás. A 30 % körüli szárazanyag szinten a klosztridiumok működése általában korlátozott (Woolford, 1984).

A takarmány szárazanyag-tartalmának 35 %-ig való növelése serkenti a tejsavképződést, továbbá ezzel párhuzamosan a szilázs ecetsav- és vajsavtartalma számottevően csökken.

Fontos kérdés a fonnyasztás esetében, hogy mennyi az a szárazanyag-tartalom, amelyen stabil szilázst tudunk előállítani. Az optimális szárazanyag tartalmat a zöldtakarmány C/PK- hányadosa határozza meg.

A lucerna C/PK – hányadosa általában 1,0 alatti érték, ezért a fonnyasztás során a 38 – 39 % szárazanyag tartalom elérésére kell törekedni. A gyakorlatban gondot jelent, a fonnyadás előrehaladását nyomon követni. A

fonnyadás intenzitását több tényező - a hőmérséklet, a páratartalom, a légmozgás sebessége és természetesen a lekaszált rend vastagsága - is befolyásolja. Ezért csak a naponta többszöri reprezentatív mintavételt követő gyors szárazanyag- tartalom vizsgálat szolgáltat objektív adatokat. A lucerna fonnyasztása során hátrányt jelent a fűvel szemben, hogy a levél és a szár különböző gyorsasággal szárad. A renden történő fonnyasztás sikere erőteljesen függ az időjárástól. Abban az esetben, ha túlfonnyasztjuk a lucernát, a növényi légzés során tetemes táplálóanyag veszteség éri a takarmányt. A megázott zöldtakarmány esetében viszont jelentős lehet a kilúgzási veszteség, amely elérheti akár a 30 – 40 %-ot is. A leghatásosabb és legolcsóbb eljárásnak mindezek ellenére a természetes erjedőképesség javítására a fonnyasztás bizonyul. Ezt támasztják alá Gordon és mtsai (1961), Carpintero és mtsai (1969), Clancy és mtsai (1972), Weissbach és mtsai (1986), Honig (1987) és Muck (1988 a,b) vizsgálatai is.

A fonnyasztásnak a szilázskészítés során van még egy jelentős előnye, ugyanis az alacsony szárazanyag-tartalommal besilózott zöldtakarmányok esetében további veszteséget jelenthet a lécsurgás. A képződő csurgalékkegyrészt jelentős mértékben terheli a környezetet, másrészt számottevő táplálóanyag veszteséggel is jár. A lécsurgás elkerülése érdekében a 28 % feletti szárazanyag-tartalom elérése a kívánatos (Naumann, 1994).

Amikor a silózándó zöldtakarmányt olyan mértékben fonnyasztjuk, hogy adalékanyagok használata nélkül is stabil erjesztett takarmány állítható elő, szenázsról beszélünk. A szenázskészítés számos előnnyel jár az egy menetes silózási eljárásokhoz képest.

A lényegesebbek ezek közül:

- A szenázsból az állatok annak kisebb szervessavtartalma folytán nagyobb szárazanyag mennyiséget hajlandók elfogyasztani, mint szilázsból.
- A szenázsnak nagyobb a strukturális hatékonysága, mint a szilázsnak.
- Elmarad a lécsurgásból adódó veszteség.

2.4.2. Az erjedés szabályozása adalékanyagokkal

Az adalékanyagok többféleképpen is befolyásolhatják az erjedés lefolyását. A silózás során felhasznált adalékanyagok két csoportra oszthatók, az egyik csoportba a tejsavtermelő baktériumok működését serkentő anyagokat, a másikba az erjedés szempontjából káros mikrobacsoportokat gátló adalékokat soroljuk. Az adalékanyagokkal szembeni fontos követelmény, hogy ne legyenek toxikusak az állatokra, illetve ne legyenek kedvezőtlen hatásúak a bendőfermentációra.

2.4.2.1. Az erjedés szabályozása szelektív mikrobagátló anyagokkal

Az erjedés szempontjából káros mikroorganizmusok gátlására használt adalékok közül a savak használata a skandináv országokból indult el. Ez volt az AIV-módszer, amelynek során szerves savakat – sósav és kénsav, vagy később foszforsav keveréket – alkalmaztak olyan mennyiségben, hogy a zöldtakarmány pH-értéke azonnal 3,6-ra csökkent. A mikrobás és enzimikus aktivitást ez a pH csökkenés nem gátolta teljes mértékben, de számottevően csökkentette. A növényi enzimekre gyakorolt hatás csaknem teljesen megakadályozta a fehérjék lebontását (Virtanen, 1933). Nagyobb adagú AIV-szilázs etetésekor azonban nő a vizelet hidrogénion koncentrációja, csökken a

vér alkálitartaléka, így ezeket a sav-bázis egyensúly megbomlására utaló tüneteket csak speciális ásványianyag-kiegészítő etetésével lehet megelőzni. A szerves savak használata a takarmánytartósításban napjainkban csaknem teljesen visszaszorult. Ennek oka az említetteken túl az, hogy korrozívak, illetve veszélyesek a silózást végző személyekre is.

A szerves savak az említett problémák miatt egyre inkább kiszorították a szerves savakat a takarmánytartósításból. A szerves savak hatékonyabbak a szerves savaknál, ami azzal magyarázható, hogy nemcsak a sejtnedvben disszociálnak és növelik ezzel a hidrogénion-koncentrációt, hanem a disszociálatlan savhányad meghatározott transzportkarrierek segítségével a sejtmembránon átjutva a sejtben belül disszociál, csökkentve ezzel a sejt pH-ját. Ezenkívül a szerves savak specifikus hatásokkal is bírnak, ami a mikrobák egyes enzimeire gyakorolt befolyásukon keresztül érvényesülnek (Schmidt, 2003). A propionsav például kifejezett fungicid hatással rendelkezik (Gross és Beck, 1970; 1972; Daniel és mtsai, 1970) és van némi hatása az endospórák baktériumokra is (Woolford, 1975). Az egyenes láncú zsírsavak antimikrobás tulajdonsága a szénatomszám növekedésével fokozódik, annak ellenére, hogy ennek megfelelően a savas hatásuk csökken (Woolford, 1975).

A szerves savak közül leginkább a hangyasav használata terjedt el. 1926-ban Dirks használta először takarmánytartósításra a hangyasavat (Watson és Nash, 1960), azonban csak az 1950-es évek végén vált széles körben elfogadottá. Eredetileg 850 g/kg töménységű (85 %-os) hangyasav és víz 1:20 arányú oldatát használták fű silózásakor 40 l/t mennyiségben adagolva. Általában az ilyen arányú kiegészítés a sav tekintetében túl kicsi

volt, és nem volt olyan hatékony a növényi fehérje megőrzésében, mint az AIV-sav, továbbá a szilázs is gyengébb minőségű volt, mint az AIV savkeverékkel készített erjesztett takarmány (Breirem és Ulvesli, 1960). Nørgaard Pedersen és mtsai (1968) vizsgálsorozatban hasonlították össze a hangyasavval, illetve AIV-oldattal kezelt (fonnyasztás nélkül készített) füveshere szilázst, és nem találtak különbséget a két adalék között a veszteség mértéke, a szilázs minősége és a tápláléérték tekintetében. Azt állapították meg, hogy a drága hangyasav alkalmazásának kicsi a létjogosultsága az AIV-savval szemben. Ennek ellenére Saue és Breirem (1969) véleménye szerint a hangyasavval elért sikerek járultak hozzá a silótakarmány népszerűségének növekedéséhez a szénával szemben.

A hangyasav sok takarmányadalékban önmagában, vagy más kémiai anyagokkal kombinálva jelenik meg. Önmagában a hangyasav 800-850 g/kg-os töménységű oldatát 2-4 l/t zöldanyag mennyiségben alkalmazzák. Az ilyen arányú kiegészítés serkenti a tejsavas, ugyanakkor gátolja a vajsavas erjedést (Woolford, 1984).

A hangyasav erjedésre gyakorolt hatása egyrészt a savi természetének, másrészt a szelektív antimikrobás hatásának köszönhető. Ez utóbbi hatást inkább a disszociálatlan, mintsem a disszociált molekulának tulajdonítják (Saue és Breirem, 1969; Papendick és Singh-Verma, 1972). Másrésztől egyes szerzők (Tatterson, 1976; Woolford, 1975; Wignall és Tatterson, 1976) azt hangsúlyozzák, hogy a rövidebb szénláncú illó zsírsavak tartósító hatása valószínűleg összetett. Kis mennyiségben alkalmazva a hangyasavat inkább a kombinált (savanyító és antimikrobiális) hatása, míg nagyobb arányú kiegészítés esetében csak a savas tulajdonsága jelentős. Woolford (1975) azt

találta kísérletében, hogy 5-ös pH-értéken a hangyasav 50 mmol/l töménységben adagolva (ami egyenértékű egy 2,3 l/t mennyiségű, 85%-os savkiegészítéssel, 20 %-os szárazanyag-tartalom esetében) gátolja az endospórák és coliform baktériumokat, míg 4-es pH értékű környezetben kétszer ekkora mennyiség gátolni fogja a szilázsban található összes mikroorganizmust.

A hangyasavnak a szilázs erjedésére és a mikroflórájára gyakorolt hatását sokan vizsgálták. Pedersen és Olsen (1972) fű szilázs esetében nem talált nagy különbséget a 3 g/kg zöldtakarmány mennyiségű savval kezelt szilázs és a kontroll szilázs között. Ezzel ellentétben Papendick és Singh-Verma (1972) kísérletében a *Lactobacillus* populáció konzekvensen nagyobb volt a 4 g/kg hangyasavval, vagy a 6 g/kg hangyasav és propionsav keverékével kezelt szilázsok esetében a kontroll szilázshoz képest. Az említett két kísérlet mikrobiológiai adatainak különbözősége ellenére a hangyasavas kezelés a szilázsok esetében kisebb pH-értéket, és kisebb tejsav-, ecetsav- és ammónia tartalmat, illetve alacsonyabb hőmérsékletnövekedést, valamint kisebb szén-dioxid termelést, több maradék cukrot és etanolt eredményezett a kezeletlen szilázsokhoz viszonyítva. A hangyasav 7 l/tonna mennyiségben alkalmazva gyakorlatilag megszünteti az erjedést (Wilkins és Wilson, 1971). Ezenfelül a hangyasav növelte a kukorica szilázs (Britt és mtsai, 1975) és a fű szilázs aerob stabilitását, különösen akkor, amikor baktériumos oltást is alkalmaztak (Crawshaw és mtsai, 1980). Ettől eltérően Ohyama és McDonald (1975) azt találta, hogy a hangyasavval kezelt szilázs kevésbé volt stabil a kezeletlen szilázshoz viszonyítva.

A szerves savak közül az ecetsavat ritkábban alkalmazzák takarmányok tartósítására, hiszen több szükséges belőle, mint hangyasavból, ami nagyobb disszociációs kitevőjével magyarázható, továbbá közismert takarmányfelvételt csökkentő hatása is. Az ecetsavat élelmiszerek tartósítására, valamint ízesítésére is használják, éppen ezért drága is.

Woolford (1975) megállapította, hogy az ecetsav 5 pH érték esetében 47 mmol/l koncentrációban alkalmazva (ami 20 %-os szárazanyag-tartalmú növény esetében 98 % töménységű savat használva 2,3 l/t kiegészítésnek felel meg) gátolhatja az endospóras baktériumokat. Annak tükrében, hogy az ecetsav viszonylag gyenge sav, körülbelül 80 mmol/l töménységben alkalmazva, a fű pH értékét 4,0-ra kell csökkentenie. Alacsonyabb koncentrációban alkalmazva antimikrobás hatása valószínűbb, hogy a specifikus hatásának köszönhető, mintsem a savas tulajdonságának. Britt és mtsai (1975) azt állapították meg, hogy az ecetsavat 20 g/kg zöldanyag mennyiségben adagolva nemcsak csökkentette az ecetsavképződést a kukorica szilázsban, hanem növelte annak aerob stabilitását is. Mann és McDonald (1976) az elvégzett kísérleteik során azt találták, hogy az ecetsav 4,5 g/kg mennyiségben zöld fűhöz adagolva csökkentette a szárazanyag veszteséget és javította a szilázs aerob stabilitását, bár a mikroorganizmusok mennyiségére nem volt hatással az erjedés folyamán.

A benzoésav relatíve gyenge sav, azonban antimikrobás tulajdonsággal rendelkezik. Leginkább az élelmiszeripar használja az ára miatt. A benzoésav és a benzoátok másik hátránya a jelentős árak mellett, hogy csak alacsony pH-értéken hatásosak. A benzoésavat 7,2 – 14,5 kg/t mennyiségben alkalmazva Woolford (1975) egy kísérletében azt tapasztalta,

hogy a benzoésav használata a szilázs homofermentatív erjedését segítette, a heterofermentatív tejsavtermelőket ugyanakkor gátolta. A benzoésavnak és vízben oldódó sóinak a szelektív bakteriosztatikus hatását más szerzők is leírták (Gross és Beck, 1972; Savyrina és mtsai, 1973).

A fent ismertetett savak mellett más konzerváló anyagokat is használtak zöldtakarmányok tartósításához. Ezek közül a legismertebbek a Na-metabiszulfid és a formaldehid, illetve paraformaldehid.

A Na-metabiszulfid antimikrobás hatása inkább a biszulfid ion következménye, mint a hidrogén ioné (Bratzler és mtsai, 1956). A mikorbagátló hatás mellett redukáló tulajdonsággal is rendelkezik. A Na-metabiszulfidnak a szilázsok mikroflórájára és az erjedésre gyakorolt hatását számos kísérletben igatolták. A kezelt szilázsokban rendszerint nagyobb pH-értéket, kevesebb erjedési savat mértek, valamint csökkent a metabiszulfid hatására a szilázsokban a szárazanyag- és táplálóanyag-veszteség a kontroll szilázsokhoz képest (Bratzler és mtsai, 1956; Durand-Salomen és Zelter, 1960; Mahmoud és mtsai, 1976; Murdoch és Holdsworth, 1958; McCullough és mtsai, 1960; Zelter, 1960; Owens és mtsai, 1970a,b). A fenti kísérletek eredményeivel ellentétben De Vuyst és mtsai (1967a) kísérletében a növekvő mennyiségű – 10 g/kg-ig terjedő – Na-metabiszulfid kiegészítés nem befolyásolta a pH-t, de növelte a tejsav-, és csökkentette a vajsav mennyiségét a szilázsban. De Vuyst és mtsai (1967b) egy másik kísérletükben a Na-metabiszulfid kiegészítést melasszal kombinálva az ammónia-nitrogén mennyiség jelentős csökkenését tapasztalták. A Na-metabiszulfid használatával kapcsolatban Mc Carrick (1962) különböző növények silózása

során megállapította, hogy a szárazanyag-veszteség a fiatalabb növények esetében kisebb, az érett növényekéhez képest.

A formaldehid valamennyi mikroba működését gátolja, valamint csökkenti a fehérjék bendőbeli lebonthatóságát. A gyakorlatban silózásakor a formaldehid 40%-os vizes oldatát a formalint, és a szilárd formáját a paraformaldehidet alkalmazták. A formalin használatakor fontos a megfelelő koncentráció megválasztása, ugyanis kis adag esetén nem megfelelő a mikrobagátló hatás, túl nagy dózis esetében pedig a fehérjéknek nemcsak a bendőbeli, hanem a posztruminális emészthetőségét is csökkenti. Ezen túlmenően a nagy formalinadag csökkenti az állatok szárazanyag-fogyasztását is (Kakuk és Schmidt, 1988).

A paraformaldehidet 1 kg/t zöldanyag mennyiségben felhasználva lucerna és csomós ebír silózásakor Waldo és mtsai (1975) megállapították, hogy a kiegészítés ugyanolyan hatású volt a szilázsok fehérjéjének emészthetőségére, mint a vele ekvivalens mennyiségű formaldehid, vagy a 5,4 kg/t mennyiségben alkalmazott hangyasav kiegészítés.

2.4.2.2. Erjedés szabályozása erjedést serkentő anyagokkal

2.4.2.2.1. Erjedőképesség javítása szénhidrát adalékokkal

A takarmányok vízben oldható szénhidrátartalma alapvető jelentőségű az erjedés szempontjából, ugyanis a silózás folyamán ezekből képződnek a tartósító hatást kifejtő szerves savak. Ezért a közepesen és a nehezen erjeszhető növények esetében olyan módon is javíthatjuk erjedőképességüket, hogy erjeszhető szénhidrátban gazdag anyagokat adagolunk hozzájuk azzal a céllal, hogy biztosítsuk a stabil szilázs

előállításához szükséges erjeszhető szénhidrát mennyiséget. A takarmány pufferkapacitásától függően kb. 1-3% tejsavat kell a silózott takarmányban előállítani ahhoz, hogy a káros mikrobákat az erjesztésből mielőbb ki tudjuk zárni. A silózandó növényekhez adagolt vízoldható szénhidrátok már az erjedés kezdetén segítik a tejsavtermelő baktériumok szaporodását, ezáltal gyorsan csökken szilázs pH-ja, így a kóli-aerogenes csoport mikróbái csak rövid ideig tudnak tevékenykedni, továbbá a vajsavbaktériumok sem találják meg működésük feltételeit (Kakuk és Schmidt, 1988).

A fűfélék és a pillangós növények hiányos vízoldható szénhidrát készletének növelésére a gyakorlatban takarmánycukor, melasz, savó, illetve gabonamagvak használhatók fel.

Különböző cukrokkal, mint szilázs adalékokkal elvégzett kísérletekben a glükóz és a szacharóz egyértelműen javította a szilázs minőségét. Weise (1967) 15 % szárazanyag-tartalmú, 100 g/kg szá. vízoldható szénhidrátot tartalmazó fű silózásakor 10 g/kg mennyiségben használt fel szacharózt, és a tejsavtermelő baktériumok számának növekedését tapasztalta, míg a kezelés nélkül készített szilázsok esetében az erjedés első két hetében a tejsavtermelők nem szaporodtak. Ohyama és mtsai (1971) 41 g/kg szá. vízoldható szénhidrát-tartalmú olaszperjét 20 g/kg mennyiségű glükózzal kezelték, aminek hatására a szilázs pH-értéke 3,69-re csökkent a kezeletlen szilázs 5,71-es pH-értékéhez képest, és míg a kezeletlen szilázs nem tartalmazott tejsavat, addig a glükózzal kezelt szilázsban 20 g/kg tejsav volt mérhető. Hasonló eredményeket kaptak angolperje és csomós ebír silózásakor is. Más kísérletben De Vuyst és mtsai (1968) glükózt lucernához adagolva a proteolízis mérséklődését figyelték meg.

Néhány tanulmányban izotóppal jelzett cukrokat használtak, hogy meghatározzák azok erjedésben játszott szerepét. Hartfiel és Marquering (1968) izotóppal jelölt szacharózt (C^{14}) használtak 10 g/kg mennyiségben füves-here silózásakor, és az erjedés 47. napján azt állapították meg, hogy a kiegészítésként adott cukor 20 %-a CO_2 formájában, 25 %-a mint erjedési sav, a maradék 55% pedig mint szacharóz, vagy annak valamilyen lebomlási terméke formájában volt jelen a takarmányban. Brown (1961) kísérletében melaszt és izotóppal jelzett szacharózt (C^{14}) adagolt fűhöz. A jelölt cukor 5,5 %-át a csurgalékléből, míg 88,1%-át a szilázsából nyerték vissza.

Az elvégzett kísérletekből kitűnik, hogy a glükóz, illetve szacharóz zöldtakarmányhoz történő adagolása kedvező hatással van az erjedésre. A glükóz és a szacharóz közül az előbbi a kedvezőbb hatású, ugyanis a szacharóz fruktóz komponensének egy részét az epifita flóra heterofermentatív tejsavtermelő baktériumai valószínűleg egy semleges terméké, mannitollá alakítják. További előnye a glükóznak, hogy azt valamennyi tejsavtermelő baktérium hasznosítani tudja, a fruktózt viszont csak egy részük tudja fermentálni. Tény az is, hogy a heterofermentatív tejsavtermelők a fruktózt rosszabb hatásfokkal erjesztik, mint a homofermentatívok. Ugyanakkor egyes kísérletekben az említett előnyök ellenére sem találtak különbséget a glükóz, illetve fruktóz kiegészítéssel készült szilázsok minőségében. Így Seale és mtsai (1986) kísérletükben glükóz, illetve fruktóz kiegészítéssel kombinált baktériumos oltást végeztek lucerna silózásakor, és az így készült szilázsok összetételében nem tapasztaltak szignifikáns különbséget.

A gyakorlatban a szacharóz, a glükóz és a fruktóz nem áll elfogadható áron silózás céljára rendelkezésre. Helyettük inkább az olcsóbb melasz felhasználása terjedt el. A melaszról is csak kevéssel rendelkezünk, aminek oka a hazai cukorgyárak számának radikális csökkenése. A melasz felhasználásának másik akadálya az egyre csökkenő mennyiség mellett, a melasz kiadagolásának nehézsége.

Az elmúlt évtizedekben nagyszámú silózási kísérletet végeztek melasz felhasználásával, amelyekben a melasz kiegészítés hatására a tejsavtartalom növekedését, a pH-érték és az ammónia-nitrogén mennyiségének csökkenését állapították meg (Thomas, 1978; Archibald, 1953; McDonald és Purves, 1956). Modellsilókban végzett kísérletek során ugyancsak a tejsavtartalom növekedését tapasztalták, amikor a kiegészítésként használt melasz mennyiségét 0-ról 4%-ra emelték. Ezzel párhuzamosan a szilázs pH-értéke is csökkent (Carpintero és mtsai, 1969; Lanigan, 1961). Egyes szerzők azt találták vizsgálataik során, hogy a melasz kiegészítés növelte a lécsurgási veszteséget (Ely, 1978; Podkowka és Pauli, 1973), bár az összes szárazanyag-veszteséget a melasz kiegészítés csökkentette az erjedés folyamán (McCarrick, 1962). Carpintero és mtsai (1969) 4% melaszt adagoltak kiegészítésként lucerna silózasakor. Az így készült szilázsnak alacsonyabb volt a pH-értéke, kevesebb ecetsavat és ammónia-nitrogént tartalmazott, míg tejsavból nagyobb mennyiséget mértek benne, mint a Na-biszulfittal kezelt, illetve a kontroll szilázsban.

A melasz kiegészítés különösen olyankor lehet hatásos, amikor azt alacsony szárazanyag-tartalmú növényekhez adagoljuk (McCollough és Neville, 1960; Guerrero és Guerrero, 1982). Ilyenkor azonban a legkedvezőbb

hatás elérése érdekében, relatíve nagy koncentrációban (40-50 g/kg mennyiségben) kell felhasználni (Lanigan, 1961).

A sajtgyártás melléktermékeként képződő savó laktóz tartalmát ugyan számos tejsavtermelő baktérium képes fermentálni, az alacsony szárazanyag-tartalma (kb. 66 g/kg) miatt azonban túl híg szénhidrátforrásnak tartják ahhoz, hogy megfelelő szilázsadalék legyen (Thomas, 1978; Watson és Nash, 1960; Owen, 1971). A szárított savó felhasználása azonban számos vizsgálatban kedvezően befolyásolta a szilázsok erjedését (Watson és Nash, 1960; Thomas, 1978; Ely, 1978; Archibald, 1953; Schingoethe és Beardsley, 1975; Schingoethe és mtsai, 1980). Axelsson és Eriksson (1949) különböző növények silózása során a szárított savót felhasználva azt állapították meg, hogy a kiegészítés hatására növekedett a szilázs tejsavtartalma és kisebb volt a szárazanyag-veszteség. Azt is leírták azonban, hogy az adalék nem volt annyira hatásos, hogy kompenzálja a szárítás magas költségét. Szárított savó kiegészítés 1-10 %-os koncentrációban pillangós zöldtakarmányok silózásakor rendszerint csökkentette a pH-t, emellett növekedett a szilázs tejsavtartalma és javult az így készült takarmányok emészthetősége is. A savókiegészítés hatására azonban nem csökkent olyan mértékben az ammónia-nitrogén mennyisége, mint a melasz - vagy a savkiegészítés esetében (Dash és mtsai, 1974; Schingoethe, 1976; Uvelsi és Saue, 1965). Több szerző (Santi és Gabba, 1980; Suhaimi és mtsai, 1987) vizsgálataikban tejsavtermelő baktériumos oltással kombinált savó kiegészítést végeztek. Az oltás tovább növelte a szilázs tejsavtartalmát.

A szénhidrát adalékok közül az abraktakarmányok állnak legnagyobb mennyiségben rendelkezésre, azonban ezek szénhidrátkészletének döntő

részét a keményítő teszi ki, erjeszhető szénhidrát tartalmuk csupán 25-35 g/kg szárazanyag. Ebből következően többet kell belőlük adagolni a tartósítandó takarmányhoz, mint cukorból vagy melaszból.

Hazai vonatkozásban a szárazkeverékes silózási eljárást kell megemlíteni, amelyben abraktakarmányt használnak az erjedőképesség javítására. A szárazkeverék valamilyen abrakféléből, valamint olyan komponensből áll, melynek feladata csak a szárazanyag-tartalom növelés. Erre a célra a gyakorlatban kukoricacsutka-darát használnak. A közepesen és nehezen erjeszhető takarmányok silózásakor annyi szárazkeveréket adagolnak a silózandó zöldtakarmányhoz, hogy a keverék szárazanyag-tartalma 30 % fölé növekedjék. Ehhez pedig a zöldtakarmány szárazanyag-tartalmától függően 12-20% szárazkeverékre van szükség. A szárazkeverék abrahányada a silózandó növény erjeszhetőségétől függ. Közepesen erjeszhető takarmányok esetében 40%, míg nehezen erjeszhető takarmányok silózásakor pedig lehetőleg 60 % legyen az abrak részaránya a szárazkeverékben.

A szárazkeverékes silózási eljárás az erjedőképesség javításán túlmenően még azzal az előnnyel jár, hogy elmarad a lécsurgás és az abból adódó táplálóanyag veszteség, továbbá a zöldtakarmány megtartja az erjedés után is eredeti emészhetőségét (Baintner és Schmidt, 1974; Schmidt, 1976).

Annak céljából, hogy a keményítő nagyobb része hidrolizálódjék a tejsavtermelő baktériumok számára felhasználható egyszerűbb szénhidrátokká, eredményes kísérleteket végeztek malátának az abrakhoz történő hozzákeverésével. A malátában található amiláz és egyéb szénhidrátbontó enzimek a gabonamagvak keményítőjének és más

szénhidrátjainak bontásával megnövelik az erjeszhető szénhidrátok mennyiségét. A maláta enzimeit feltehetően nemcsak az abrak, hanem a silózándó takarmány szénhidrátjait is bontják (Kakuk és Schmidt, 1988).

2.4.2.2. Erjedőképesség javítása biológiai adalékanyagokkal

Biológia tartósítószernek azokat a készítményeket nevezzük, amelyek homofermentatív tejsavtermelő baktériumkultúrát, enzimpreparátumot, egyes esetekben valamilyen szénhidrátszubsztrátot tartalmaznak az erjedési folyamatok irányítására (Schmidt, 2003).

A biológiai tartósítószerekkel már az 1960-as évektől rendszeres vizsgálatok kezdődtek meg, és széleskörű kutatómunka kísérte kifejlesztésüket (Olson és Voelker, 1961; Leatherwood és mtsai, 1963, McDonald, 1981; Nehring és mtsai, 1983, Bolsen és Heidker, 1984, Baintner és mtsai, 1989; Schmidt és mtsai, 1993; Schmidt és Sipőcz, 2000, Schmidt és mtsai, 2001). A velük kapcsolatos kutatómunka beindulását leginkább két tény motiválta. Az egyik a kemikáliákkal (savak, aldehidek, stb.) szembeni idegenkedés, amelyet szerte a világon a szermaradványoktól való félelem táplált és táplál napjainkban is. A silózás sikerének a növény erjeszhető szénhidrát tartalmán kívül másik fontos meghatározó eleme a silózándó zöldtakarmányon, az epifita flórában található homofermentatív tejsavtermelő baktériumok száma, illetve ezek gyors elszaporodásához szükséges feltételek. A növények epifita flórája elérheti a $2 \cdot 10^7$ csíraszám /g zöldtakarmány értéket, azonban ebből általában mindössze 10^3 - 10^4 csíra/g zöldtakarmány a tejsavtermelők száma (Schmidt, 2003).

Számos kísérlet során kedvező hatásokat tapasztaltak, amikor homofermentatív tejsavtermelő baktériumkultúrával oltást végeztek. Javult az így készített szilázsok minősége, valamint csökkent az erjedési veszteség is. Ezek a kísérletek vezettek el a biológiai tartósítószeres első generációjának kifejlesztéséhez, amelyeket még napjainkban is széles körben használnak az üzemi gyakorlatban.

Az első generációs biológiai tartósítószeres lényegében csak liofilezett tejsavtermelő baktériumkultúrát, valamint néhány, a liofilezett baktériumok revitalizációját segítő anyagokat (főként vitaminokat) tartalmaznak.

Az első generációs tartósítószeres fejlesztése során világossá vált, hogy nem minden tejsavtermelő baktériumfaj alkalmas ilyen célra. Az oltás céljára felhasznált tejsavtermelő mikrobáknak számos kritériumnak kell megfelelni, hogy a takarmány kezelése eredményes legyen. Whittenbury (1961), valamint Pahlow és Honig (1986) szerint a velük szemben támasztott követelmények a következőkben foglalhatók össz:

- homofermentatívok legyenek,
- minél több szénhidrátot (glükózt, fruktózt, szacharózt, fruktozánokat, és pentózokat) tudjanak erjeszteni,
- gyors szaporodóképességűek legyenek,
- legyenek jó savtűrők, még pH 4 alatt is tudjanak tevékenykedni,
- széles hőmérsékleti tartományban (5-50°C) legyenek képesek erjeszteni,
- kis vízaktivitási viszonyok között is tudjanak szaporodni,
- savtermelésük aerob viszonyok között is erőteljes legyen,
- proteolitikus aktivitásuk kicsi legyen,

- aminosavakat csak asszimiláció céljára bontsanak,
- ne képezzenek glükózból és szacharózból dextringet, vagy fruktózból mannitolt,
- ne bontsák a szerves savakat,
- gátolják a penészeket és a heterofermentatív baktériumokat,
- legyen cellulolitikus és hemicellulolitikus aktivitásuk,
- genetikailag stabilak legyenek,
- legyenek jól tárolhatók.

Az egyértelmű, hogy egyetlen tejsavtermelő baktérium sem tud megfelelni valamennyi fent felsorolt elvárásnak, azonban a mikroba törzsek kiválasztásakor törekedni kell arra, hogy az említett tulajdonságok közül minél több jellemző legyen a starterkultúra mikrobáira. A *Leuconostoc* nemzetség fajai (heterofermentatív kokkusok), valamint a heterofermentatív *Lactobacillus*ok az alacsony savtermelő képességük miatt alkalmatlanok erre a célra, bár egyes vélemények szerint a heterofermentatív tejsavtermelők sokkal toleránsabbak savtűrés szempontjából, mint a homofermentatívak. Wieringa és Beck (1964) szerint a vizsgált 81 tejsavtermelő törzs közül egyedül a *Lactobacillus plantarum arabinosus* –amelyet Wieringa (1961) izolált- tesz eleget a legtöbb említett kritériumnak. Egyetlen vele szemben felhozható kifogás, hogy pH 5 felett a szaporodási sebessége kisebb, mint más tejsavtermelő baktériumoké, viszont pH-tűrése nagyon jó (Kakuk és Schmidt, 1988). Erre visszavezethetően a biológiai tartósítószerekben a *Lactobacillus plantarum* mellett további tejsavtermelő baktériumtörzsek is (pl. *Streptococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*) helyet kapnak. Az utóbb említett törzsek pH 5-6 között és aerob viszonyok esetén is jól szaporodnak,

így savtermelésük által megteremtik a kedvező feltételeket a *Lb. plantarum*-nak. Ilyen, vagy ehhez hasonló megfontolásból alkalmazzák a tartósítószerekben az alábbi mikroorganizmusokat is: *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus casei*, valamint *Streptococcus lactis* (Schmidt, 2003).

A tejsavtermelő baktériumokkal történő oltás nem minden kísérletben hozott pozitív eredményt (Allen és mtsai, 1937; Kempton és San Clemente, 1959). A vizsgálatok eredménytelenségében több ok is közrejátszhatott. Ilyen lehet például a nem megfelelő csíraszámmal történő oltás, a nem megfelelő számú és összetételű epifita flóra. Ezért fontos, hogy az oltási csíraszám legalább egy nagyságrenddel haladja meg az epifita flóra tejsavtermelőinek számát, következésképpen kedvező eredményre csak akkor számíthatunk, ha az oltási csíraszám eléri a 10^4 - 10^5 /g zöldtakarmány mennyiséget. Ezt igazolják Shockey és mtsai (1985, 1988) kísérleti eredményei is, akik lucernát és silókukoricát silóztak baktériumos oltással, de ez az oltás nem befolyásolta az erjedést egyik növény silózásakor sem. Ennek minden valószínűség szerint az volt az oka, hogy az oltási csíraszám mindössze $7 \cdot 10^3$ - 10^4 /g volt.

Mindezek mellett Pahlow és Honig (1986) az oltás eredményesség szempontjából a takarmány vízoldható szénhidráttartalmát is fontosnak tartják, szerintük legalább 3% vízoldható szénhidrátot kell tartalmaznia a silózendő zöldtakarmánynak. Ezt támasztják alá azok a vizsgálatok, amelyek során a közepesen és nehezen erjeszhető takarmányok esetében nagyobb volt az oltás eredményének biztonsága, amikor a baktériumos oltást erjeszhető szénhidrát-kiegészítéssel kombinálták (Wieringa, 1961; Gross, 1969; Svensson és Tveit, 1964; Orla-Jensen és mtsai, 1947; Wieringa, 1960,

Papendick és Bruhn, 1970; Lesins és Schulz, 1968). A takarmány erjeszthető szénhidrát tartalmának növelése a már korábban leírt szénhidrátforrásokkal lehetséges (pl. melasz, takarmánycukor). A legolcsóbban és legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló szénhidrátforrások a gabonadarák, azonban a bennük található szénhidrátoknak a zömét a keményítő adja, amelyet a tejsavtermelő mikroorganizmusok nem tudják szaporodásukhoz energiaforrásként felhasználni, ezért a gabonamagvak darái eredeti állapotban biológiai tartósítószerbe alkalmatlan szénhidrátforrások.

Azok a tartósítószerke, amelyek a starterkultúra mellett a kiegészítő mennyiségű tejsav előállításához szükséges szénhidrát szubsztrátot is tartalmaznak, lényegében már a biológiai tartósítószerke második generációját jelentik.

A zöldtakarmányok erjeszthető szénhidrát tartalmának növelésére a növények keményítőjét, valamint a növényi sejtfalat bontó enzimeket is felhasználnak. Ilyen enzimek pl. az α -amiláz, a celluláz, a hemicelluláz, pektináz, melyek feladata a biológiai tartósítószerkeben, hogy a tejsavtermelők számára nem erjeszthető poliszacharidokat lebontsák és fermentálható szénhidráttá történő átalakításával kiegészítsék a növény erjeszthető cukortartalmát (Kung és mtsai, 1991; Stokes, 1992; Naumann, 1994; Weinberg és Muck, 1996; Schmidt, 1997; Nia és Wittenberg, 1999; Ohmomo és mtsai, 2002). Ezek a tartósítószerke azonban már a biológiai tartósítószerke harmadik generációját képezik. Erre a célra különböző mikroorganizmus eredetű (pl. *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Trichoderma viride*) enzimeket, illetve enzimkomplexekeket használnak. Leatherwood és mtsai (1959), Rauramaa (1987), valamint Muck (1993)

kísérleteiben a cellulóz kiegészítés egyértelműen növelte a különböző szilázsok erjeszhető szénhidrát-tartalmát, ami megfelelő bizonyíték arra, hogy a cellulóz és hemicellulóz egy része enzimatis úton oldható szénhidrátokká hidrolizálható a silóban. A cellulóz és hemicellulóz csökkenését a sejtfal-bontó enzimekkel kezelt szilázsban más szerzők (Nehring és mtsai, 1983; Schmidt, 1998; Schmidt és mtsai, 1993, 2001) is igazolták. Selmer-Olsen és mtsai (1993), valamint Stokes (1992) kísérleteiben a sejtfal-bontó enzimekkel végzett kezelés csökkentette a szilázs NDF és ADF tartalmát. Az enzimkezelés hatékonyságát a szilázs tejsavtartalmának növekedése, ecetsav-, propionsav- és NH₃-tartalmának csökkenése is igazolja (McHan, 1986; Baintner és B. Kissné, 1989; Honig és Pahlow, 1990; Schmidt és mtsai, 1993; Schmidt, 2001).

Ahhoz, hogy a cellulóz lebomlásából származó szénhidrátok érdemben segítsék az erjedést, az szükséges, hogy már az erjedés első napjaiban nagy mennyiségű cellulóz, illetve hemicellulóz épüljön le, ugyanis a mikrobás élet leállása után szabaddá váló szénhidrátok nem játszanak szerepet az erjedésben, bár az így lebomló cellulóz és hemicellulóz kedvező hatással van a szilázs emészthetőségére. A cellulózlánc hozzáférhetősége, enzimes lebonthatósága nagyban függ a sejtfal lignintartalmától. A lignin komplexet alkotva a hemicellulózzal megvédi a cellulózt az enzimatis és mikrobiális lebontástól (Hartfield, 1993). Befolyásolja a cellulóz lebonthatóságának mértékét a cellulóz számára hozzáférhető felület nagysága is (Weimer és mtsai, 1990).

A növényi sejtfal lebonthatóságának foka függ még az enzimforrástól, a kiegészítés mértékétől, valamint a betakarításkori szárazanyag-tartalomtól is

(Muck, 1993; Spoelstra, 1990; Van Vuuren és mtsai, 1989). A felsoroltakon kívül az enzimek készítmények működésének hatékonysága nagymértékben függ a silóban uralkodó körülményektől, így a hőmérséklettől és a pH-tól. Mivel a silóban az említett körülmények nem minden esetben esnek egybe az enzimek működési optimumával, ezért azoknak csökkent hatékonyságával kell számolni (Knabe, 1987). A celluláz enzim készítmények többsége pH 4-6 közötti tartományban aktív (pl. a *Trichoderma reesei* gombából származó celluláz pH optimuma 4,8-5,2 között, míg a *Trichoderma viride*-ből kinyert cellulázé 4-5 pH között van). A hőmérsékleti optimum tekintetében még nagyobb a különbség az enzim optimuma és a silózásra jellemző körülmények között, hiszen az említett celluláz enzimek 55-65°C, illetve 40-50°C között működnek optimálisan, viszont a szilázsok esetében arra kell törekedni, hogy a hőmérséklet a silóban ne haladja meg a 30-40 °C-ot. A sejtfalbontó enzimek a nedvességtartalommal szemben is érzékenyek, legtöbbjük 30% szárazanyag-tartalom alatt mutat nagyobb aktivitást, ezért fonnyasztott takarmányok esetében aktivitásuk csökken (Kakuk és Schmidt, 1988). Ezen okokkal magyarázhatók az enzimpreparátumokat tartalmazó biológiai tartósítószerrel végzett kísérletek eredményeiben fellelhető ellentmondások.

2.4.3. Biológia adalékanyagokkal végzett kísérletek eredményei

A biológiai tartósítószer ma már széles körben elterjedtek a gyakorlatban. Nemcsak világviszonylatban, hanem hazánkban is sok vizsgálat járult hozzá a biológiai tartósítószer kifejlesztéséhez. Napjainkban több mint 200 féle ilyen adalékanyag van forgalomban a világban.

Amint az a 2.4.2.2.2. fejezetben említésre került, az első generációs tartósítószeres összetételükénél fogva a közepesen, valamint a nehezen erjeszhető zöldtakarmányok silózásakor csak akkor használhatók eredményesen, ha a silózandó növények legalább 3,0 % vízoldható szénhidrátot tartalmaznak (Pahlow és Honig, 1986). A kísérletek azt igazolják, hogy ennél kisebb szénhidráttartalom esetében erjeszhető szénhidrát kiegészítéssel, vagy fonnyasztással, illetve a két módszer kombinálásával lehetséges az oltás eredményességét biztosítani. Ez magyarázza Wieringa (1961, 1962) azon kísérleteinek eredményeit, amelyekben alacsony szárazanyag-tartalmú fűből csak akkor tudott *Lactobacillus plantarum* végzett oltással jó minőségű, stabil szilázst előállítani, amikor a fű szárazanyag kg-onként legalább 80 g erjeszhető szénhidrátot tartalmazott.

McDonald és Henderson (1962) jó minőségű szilázst állítottak elő 162 g/kg szá. cukortartalmú perjéből, függetlenül attól, hogy *Lactobacillus* törzssel végeztek oltást, vagy sem. 42 g/kg szá. cukortartalmú csomós ebír silózása esetében az oltás hatása csekély volt. Azt is megállapították, hogy amikor perje esetében az oltást melasz (20 g/kg zöldanyag) kiegészítéssel kombinálták, akkor a pH csökkenés gyorsabb volt a csak oltással, vagy a csak melasszal kezelt szilázshoz képest, bár mindegyik szilázs stabil volt. Egy másik kísérletben (Keller és mtsai, 1994) szintén a melasszal kombinált baktériumos oltással javult leginkább a 36 % szá. tartalommal besilózott lucerna erjedése, a többi kiegészítéshez (kontroll, enzimkiegészítés, nátriumformiát) képest.

McDonald és mtsai (1965) azt is megfigyelték, hogy a baktériumos oltás a relatíve több fermentálható cukortartalommal rendelkező, de

silózhatóság szempontjából nehézséget okozó növények (pl. vörös here) esetében is kedvezően befolyásolja a szilázs minőségét.

Lesins és Schulz (1968) kísérletében lucerna silózásakor *Lactobacillus plantarum* és *Pediococcus* fajok keverékével történő oltás csak akkor eredményezett alacsonyabb pH-t és nagyobb tejsavtartalmat, amikor 10 g/kg cukor kiegészítést is adagoltak. Vörösherből készült szilázs esetében a tejsavtermelő baktériumokkal végzett oltással kombinált cukorkiegészítés átlagosan 4%-kal csökkentette a szárazanyag veszteséget a többi kezeléshez képest, amelyek esetében csak cukorkiegészítést adtak (Papendick és Bruhn, 1970). Más szerzők is a cukorkiegészítéssel kombinált oltás előnyös hatását írták le (Svenson és Tveit, 1964; Orla-Jensen és mtsai, 1947; Wieringa, 1960; 1961; Gross, 1969).

O’Learly és Bull (1977) 32 és 40 % szárazanyag-tartalmú lucerna modellsilókba történő silózása során kereskedelmi forgalomban kapható baktériumkultúrával végeztek oltást önmagában, vagy melasz-kiegészítéssel kombinálva. Az oltással és melasz kiegészítéssel készült szilázsok esetében sokkal gyorsabb volt a pH és a könnyen erjeszthető szénhidrátok mennyiségének csökkenése, ezzel párhuzamosan pedig a tejsavtartalom növekedését figyelték meg a kontroll szilázshoz viszonyítva.

Tejsavtermelő baktériumkultúrával történő oltás esetében az erjedés minőségének javulását figyelték meg Ely és mtsai (1981) lucerna, valamint Stokes (1992) füveshere silózásakor. A tejsavtermelővel történő oltás fokozta a tejsavtermelést, csökkentette a proteolízist és az illó zsírsavak mennyiségét a szilázsban Muck és Kung (1997) kísérletében is. Whiter és Kung (2001) liofilezett és folyékony állapotú készítménnyel végeztek oltást

30 és 54% szárazanyag-tartalmú lucernák esetében. Megállapították, hogy a kétféle kiegészítés egyformán csökkentette a pH-t már az erjedés korai szakaszában az alacsonyabb szárazanyag-tartalmú lucerna esetében, míg a nagyobb szárazanyag-tartalmú lucerna silózásakor a folyékony oltás volt kedvezőbb hatással az erjedésre. Friss kultúrával oltott fű etetése során az állatok szárazanyag-felvétele és testtömeg-gyarapodása a hangyasavas kezeléshez hasonlóan meghaladta a kezeletlen szilázst fogyasztó állatok takarmány-fogyasztását (Winters és mtsai, 2001).

Kizilsimsek és mtsai (2007) 31 % sz.a. tartalmú lucernát *Lb.lactis* és *Lb. plantarum* keverékével silóztak. A liofilezett baktériumok keverékét két dózisban ($1,19 \cdot 10^5$ és $4,3 \cdot 10^5$ /g zöldanyag mennyiségben), míg a friss kultúrát $5,1 \cdot 10^5$ /g zöldanyag mennyiségben alkalmazták. Az eredmények alapján megállapították, hogy a friss kultúrával végzett oltással készült szilázsok esetében már 24 óra elteltével gyors pH csökkenés volt mérhető a nagyobb mennyiségű tejsav termelődésnek köszönhetően a kontroll szilázsokhoz képest.

Avasi és mtsai (2008) vizsgálatuk során különböző baktériumtörzseket tartalmazó (T0: kontroll, T1: *Lb. plantarum*+ *Pediococcus pentosaceus*, T2: *Lb. pentosus* + *Pediococcus pentosaceus*, T3: *Lb. pentosus*) első generációs biológiai tartósítószernek a lucerna erjedésdinamikájára gyakorolt hatását vizsgálták egy modellkísérlet keretében. Az eredmények alapján a következő megállapításokat tették. A kezdeti erjedés a T2 kiegészítés esetében volt a legerőteljesebb. A T3 kezelés hatására a tejsavtermelés az erjedés 2-6. napja között jelentősen fokozódott. A T1 kezelés esetében az erjedés első 3 napján a tejsavtermelés lassú volt, de meghaladta a kontroll szilázsét. A pH-érték a T2

és a T3 kezelések hatására szignifikánsan alacsonyabb volt a kontrollhoz viszonyítva. A T1, T2 és T3 kiegészítések esetében az ammónia-tartalom szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontroll szilázsban. Összefoglalásként megállapították, hogy a baktériumos oltások segítették a *Lactbacillusok* uralomra jutását az erjedés kezdeti fázisában, és hozzájárultak egy jó minőségű szilázs előállításához.

Zhang és mtsai (2009) lucerna silózasakor *Lb. buchneri* *Lb. plantarum*mal kombinálva alkalmazták, és vizsgálták hatásukat a szilázs erjedésére 90 nappal a besilózást követően. Eredményeik alapján összefoglalóan megállapították, hogy a tejsavtermelő baktériumokkal történő oltás csökkentette a szilázs pH-értékét, növelte a tejsav és ecetsav mennyiségét, illetve csökkentette a szilázsban a penészek és élesztők számát. Az oltás gátolta az egyes káros mikroorganizmusok, úgymint az *Enterobacteriumok*, és a *Klebsiella pneumoniae* működését. Ezenkívül az oltás hatására javult a szilázs aerob stabilitása is.

Egy másik tanulmányban Poos és mtsai (1977) teljes búzanövény silózasakor ugyancsak kereskedelmi forgalomban kapható baktériumos oltás hatását vizsgálták, és azt állapították meg, hogy a kezelés a teljes búzanövény esetében is alacsonyabb pH-t és több tejsavat eredményezett, de az üszők takarmány felvétele és testtömeg gyarapodása a kontroll szilázs esetében volt kedvezőbb.

Tyrolova és mtsai (2008) lucernával végzett kísérletükben a baktériumos oltást kémiai adalékanyaggal (hangyasav, propionsav, ammónium-formiát és benzoésav keveréke) kombinálták. Megállapították, hogy az erjedést mind az önmagában végzett oltás, mind a kombinált kezelés

serkentette, bár a baktériumos oltás mind önmagában, mind a kemikáliákkal kombinálva növelte a szilázs ecetsavtartalmát a kezeletlen kontroll és a csak kémiai anyagokkal készült szilázsához képest.

Arra vonatkozóan is végeztek kísérleteket, hogy az elegendő erjeszhető szénhidrátot tartalmazó zöldtakarmányok silózásakor a baktériumos oltás javítja-e a szilázs minőségét, csökkenti-e az erjedési veszteségeket. Így Baintner és mtsai (1987) kísérletükben arra kerestek választ, hogy szükséges-e, és ha igen milyen hatással van a baktériumos oltás a könnyen erjeszhető, elegendő szénhidrátot tartalmazó takarmányok esetében az erjedés lefolyására és az erjedési veszteségekre. A kísérleteket viaszérésben betakarított silókukoricával, préseletlen és préselt cukorcirokkal, valamint frissen kaszált gyepeverékkel végezték, melyeket Pioneer 1177 oltóanyaggal kezeltek. Az eredmények alapján megállapították, hogy az oltás kedvező hatással volt a tejsavképződésre, csökkentette a szilázsban az alkoholtartalmat és a szárazanyag-veszteséget.

Ely és mtsai (1981) teljes búzanövény, kukorica, valamint cirok silózásakor ugyancsak jobb minőségű erjedést figyeltek meg, amikor tejsavtermelő baktérium-kultúrával oltották be silózásakor a zöldtakarmányt.

Avasi és mtsai (2000) kukoricából, illetve kukorica-cirok vegyes alapanyagból különböző starterkultúrákkal (Feedtech 100, Pioneer 1132, Silaferm, ill. *Lactobacillus delbrückii*) készített szilázsokat vizsgáltak. Eredményül azt kapták, hogy sem a különböző oltókultúrákkal készült kukoricaszilázsok, sem pedig a vegyes szilázsok táplálóanyag- és energiatartalma nem különbözött szignifikánsan egymástól.

Az említett kedvező kísérleti eredmények mellett olyan vizsgálatokról is található beszámoló az irodalomban, amelyekben a baktériumos oltás nem járt kedvező eredménnyel, vagy csak minimális volt a hatása.

Ely és mtsai (1982) különböző takarmányokból készült szilázsok esetében ugyancsak azt tapasztalták, hogy a *Lactobacillus acidophilus* kiegészítés nem volt hatással a szilázsok minőségére. Speijers és mtsai (2002) liofilezett baktériumkultúrát használtak vörös here és lucerna silózása során, azonban a kiegészítés nem javította a szilázsok erjedését. Sherrod és Holingsworth (1971) baktériumos oltással történő silózás esetében, a szilázsok pH-ja és ammónia-nitrogén tartalmában csak csekély csökkenést tapasztaltak, továbbá a szilázsok emészthetőségében sem tapasztaltak változást. Más szerzők sem találtak egyértelmű kedvező hatást a tejsavtermelő baktériumok használata során (Olson és Voelker, 1961; Baker és Voelker, 1958).

Az elmúlt másfél évtizedben a tejsavtermelő baktériumkultúra mellett enzimkiegészítést is tartalmazó harmadik generációs biológiai tartósítószer fejlesztése és a gyakorlatba történő bevezetése indult meg.

Sheperd és mtsai (1995) első kaszálású lucerna silózásakor az oltással kombinált enzimkiegészítés (amiláz, celluláz, pektináz) esetén azt tapasztalták, hogy a kezelt szilázsok pH értéke már az erjedés 4. napjától kezdődően az erjedés végéig szignifikánsan kisebb volt a kontroll szilázshoz viszonyítva. Az utolsó bontási napon (177. nap) a tejsav mennyisége 25 %-kal több, míg az NH₃-N mennyisége 40%-kal kevesebb volt a kontrollhoz képest.

Nadeau és Buxton (1997) nagy szárazanyag-tartalmú (kb. 60 %) lucerna és csomós ebír silózásakor celluláz (*Trichoderma longibrachiatum*

eredetű) kiegészítéssel kombinált baktériumos (*Lb. plantarum* és *Pediococcus cerevisiae*) oltás hatását vizsgálták az erjedésre. A kísérletet modellsilókban végezték, melyeket 60 nap után bontottak fel. A celluláz enzim hatása az NDF-tartalomra csekély és ellentmondásos volt, ugyanis csak a közepes celluláz koncentráció csökkentette a szilázsok NDF tartalmát. A kombinált kiegészítés viszont kedvezően befolyásolta a szilázsok erjedését. Csomós ebír esetében a kombinált kezelés csökkentette a pH-t és az ammónia koncentrációt. Lucerna esetében a celluláz egyedül alkalmazva tágabb tejsav:ecetsav arányt eredményezett a kontrollhoz, valamint a kombinált kezeléshez (celluláz+baktériumos oltás) képest.

Celluláz és endoxilánáz enzimeknek a fűszilázs kémiai összetételére és minőségére gyakorolt hatását vizsgálták Rodrigues és mtsai (2001). Megállapították, hogy az enzimkiegészítés szignifikánsan csökkentette a szilázs NDF, ADF, valamint ecetsavtartalmát, és növelte a tejsav-, illetve a cukortartalmat.

Jatkauskas és Vrotniakiene (2004) pillangós és fű keverékéből Feedtech-kiegészítéssel (celluláz, *Lb. plantarum* és *Pediococcus acidilactici* keveréke) készült szilázs minőségét és emészthetőségét vizsgálták. A kiegészítés egyértelműen javított a szilázs minőségét: több tejsav, kevesebb ecetsav, vajsav és ammónia volt a kísérleti szilázsban a kiegészítés nélkül készült szilázshoz viszonyítva. Az enzimkiegészítés hatására csökkent a nyersrosttartalom a szilázsban, és javult a szilázs szervesanyagainak emészthetősége. A jobb erjedés következtében a Feedtech hatására csökkent a szilázsok szárazanyag-vesztesége és növekedett az energiatartalmuk. A

kísérlet azt is igazolta, hogy a kísérleti szilázst fogyasztó növendék bikák takarmányfelvétele és teljesítménye is jobb volt.

Gallo és mtsai (2006) vörös here silózásakor a Kefasil Life (*Lb. plantarum*, és propionsav-termelő baktérium) és a Kefasil Life-fal kombinált celluláz, hemicelluláz és glükózoxidáz enzimkomplex hatását vizsgálták az erjedés minőségére két különböző sz.a.-tartalom (26 % és 41 %) esetében. Megállapították, hogy az alacsonyabb szárazanyag-tartalom esetében a kezelések hatására a szilázsok pH-ja, ecetsav-, vajsav- és ammónia tartalma, valamint a sz.a.-veszeség is szignifikánsan alacsonyabb volt a kiegészítés nélkül készült szilázshoz képest. A tejsav mennyisége a kezelések hatására növekedett, azonban ez a növekmény a csak baktérium kultúrákat tartalmazó kiegészítés esetén volt szignifikáns. Az enzimkomplex-szel készült szilázsok szárazanyag-vesztesége meghaladta a csak Kefasil Life adalékanyaggal kezelt szilázsét. A kiegészítések hatása a 26 % sz.a.-tartalom esetében kedvezőbbek voltak a 41 % sz.a.-tartalommal készült szilázshoz képest.

Kozelov és mtsai (2008) 26 % szárazanyag-tartalmú lucernával végeztek erjedésdinamikai vizsgálatot, több kiegészítést alkalmazva. Az erjedés 60. napján a legkisebb pH-t a hangyasavval kezelt szilázsok esetében mérték, míg a legtöbb tejsavat a baktériumos oltás és az oltással kombinált celluláz kiegészítés eredményezte.

Idehaza is számos kísérletre került sor enzimtartalmú tartósítószerrel.

Baintner és mtsai (1982) silózási kísérleteiben két külföldi (Silaferm, Derasyl) és egy hazai gyártmányú (Chinosil) biológiai takarmánytartósító szer összehasonlító vizsgálatát végezték. Megállapították, hogy a nehezen

erjeszhető lucerna esetében a bevitt csíraszám kisebb mértékű növelése is - egyidejű szénhidrát adagolás mellett – a tejsavtermelők gyorsabb kezdeti elszaporodását biztosította.

Schmidt és mtsai (1993) cellulázt tartalmazó Clampzym enzimekészítménnyel végeztek erjedésdinamikai és emésztési kísérleteket lucernával. Az elvégzett kísérletek eredményei alapján megállapításra került, hogy a Clampzym kiegészítés hatására növekedett a szilázs hasznosítható szénhidrát-tartalma. Az enzimekiegészítés tejsavtermelő baktériumos oltással egybekötve javította a lucerna természetes erjedőképességét, ugyanis a kombinált kezeléssel jobb minőségű (több tejsavat és kevesebb ecetsavat tartalmazó) szilázst tudtak előállítani. A Clampzym kiegészítés a szilázs emészthetőségét nem befolyásolta. A kombinált kiegészítés kedvező hatását más szerzők is alátámasztják (John, 1991; Henderson és mtsai, 1987; Merry és Braithwaite, 1987). Tengerdy és mtsai (1991) hasonlóan kedvező eredményeket kaptak friss és fonnyasztott lucerna silózása során végzett kombinált kiegészítés esetén. Azt találták, hogy a friss lucerna silózásakor a kezelés sokkal hatásosabbnak bizonyult.

Schmidt (1998) 28% szárazanyag-tartalmú lucernából Viscozyme (0,03%; 0,06%), Celluclast (0,03%; 0,06%) és a két készítmény kombinációjával (0,015% + 0,015%; 0,03% + 0,03%) is stabil szilázst állított elő. A Viscozyme celluláz, hemicelluláz, arabináz, béta-glükánáz és xilanáz enzimeket tartalmazó multienzim készítmény, míg a Celluclast csak cellulázt tartalmaz. A kezelések hatására csökkent a szilázsok ammóniatartalma.

Avasi és mtsai (1999a) lucerna silósásakor Sil All (*Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum*, celluláz, amiláz,

pentozanáz összetételű) és Feedtech (*Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum* összetételű) biológiai tartósítószer hatását vizsgálták egy modellkísérlet keretében. Az eredmények alapján megállapították, hogy a szilázsok szárazanyag-, nyersfehérje- és karotin tartalma a kezelt szilázsok esetében szignifikánsan nagyobb volt a kontroll szilázs azonos paramétereire viszonyítva. Az adalékanyagok hatására növekedett a szilázsok tejsav- és ecetsavtartalma, de az ecetsav aránya az összes szervessav mennyiségén belül csökkent a kontrollhoz viszonyítva. Az n-vajsav és propionsav mennyisége a kontroll szilázsban volt a legtöbb. Az eredmények alapján azt is megállapították, hogy a biológiai tartósítószer hatására gyorsabban csökkent a szilázsok pH-ja.

Avasi és mtsai (1999b) egy másik vizsgálatban ugyancsak a Sil All és Feedtech adalékanyagok hatását vizsgálták silózáskor. Relatív magas (41,8%) szárazanyag-tartalommal besilózott fűszilázs esetében a táplálóanyagok mennyiségére nem volt hatással a két kiegészítés. Az összes szervessavtartalom és a tejsav mennyisége a kezelt szilázsok esetében kisebb volt a kontrollhoz viszonyítva. A táplálóanyagok emészthetősége jobb volt a biológiai tartósítószerekkel kezelt szilázsok esetében, azonban ez a különbség nem volt szignifikáns.

B. Kissné és Bana (2002) ugyancsak azt tapasztálták enyhén előfonnyasztott (23-24 % sz.a.) lucerna silózása folyamán, hogy az alkalmazott enzimkiegészítések (Celluclast; Celluclast + Viscozyme; Celluclast + Viscozyme + BioFeed; Celluclast + Viscozyme + BioFeed + Pentopán) kedvező hatást gyakoroltak a lucerna erjeszthetőségére.

Szűcsné és mtsai (2005) a Lalsil Dry (*Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus buchneri*, celluláz) harmadik generációs biológiai tartósítószer hatását vizsgálták 45,5 % szárazanyag-tartalomig előfonnyasztott lucerna erjedésdinamikájára. A kiegészítés hatására alacsony pH-értékű, kedvezőbb tejsav- és ammónia tartalmú szilázst sikerült előállítani a kontrollhoz képest.

3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1. A kísérletek célkitűzése

A NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Takarmányozástani Tanszékén az utóbbi években erjedésdinamikai kísérletek folytak, a hazai üzemeinkben a lucerna és a fű silózásához felhasznált harmadik generációs biológiai tartósítószerrel. Az elvégzett vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy a ma forgalomban lévő biológiai tartósítószer hatékonyasága és hatásbiztonsága távolról sem kielégítő. A bennük található enzim mennyiség nem elegendő ahhoz, hogy annyi erjeszhető szénhidrátot állítson elő a takarmány nyersrostjából és keményítőjéből, amennyi a szilázs kielégítő stabilitását biztosító tejsav előállításához szükséges. Abban az esetben, amikor a Magyarországon forgalmazott biológiai tartósítószernek a gyártó által garantált enzimkoncentrációját megnövelték, a szilázs pH-ja – ami a szilázs minőségének fontos indikátora – jelentősen csökkent. A tartósítószer enzimkoncentrációjának érdemi növelése viszont jelentősen drágítaná az amúgy sem olcsó biológiai tartósítószereket. Ezért úgy is fogalmazhatunk, hogy a harmadik generációs biológiai tartósítószer a jelenlegi enzimkoncentrációval nem elég hatékonyak, a megnövelt enzimkoncentrációval viszont nem biztos, hogy gazdaságosak.

Felhasználva a Takarmányozástani Tanszéken több évtizede folyó erjedésdinamikai kísérletek tapasztalatait, kutató-fejlesztő munkánk elé egy olyan hatékony szénhidrát alapú biológiai tartósítószer kifejlesztését tűztük ki célul, amely adalékanyaggal mind a közepesen, mind pedig a nehezen

erjeszhető zöldtakarmányokból nagy biztonsággal, kevés veszteséggel lehet jó minőségű, kedvező tejsav-ecetsav arányú, stabil szilázst előállítani.

Témaválasztásomat az is indokolta, hogy a tanszéken a silózási kísérletekhez, ezen belül az erjedésdinamikai vizsgálatokhoz szükséges laboratóriumi és egyéb (pl. klímakamra) feltételek, továbbá az állatkísérleti háttér teljes egészében adottak.

Mínthogy hazánkban erjeszhető szénhidrátban gazdag takarmányok nem állnak kielégítő mennyiségben rendelkezésre, a szükséges szénhidrátot a kukorica keményítőjének enzimikus lebontásával terveztük biztosítani. A keményítő lebontását azonban nem *in situ* úton, nem a silóban, hanem a silózást megelőzően, szabályozott körülmények (hőmérséklet, pH) között kívántuk elvégezni és a már enzimikus úton lebontott, majd megszártított kukoricát terveztünk a silózendő lucernához, illetve fűhöz adagolni.

A fent írottak értelmében kísérleteink során a következőket kívántuk megállapítani:

- Milyen mértékben bontható le redukáló cukorrá a kukorica keményítője α -amiláz és amiloglükózidáz enzimekkel?
 - Befolyásolja-e a kukorica keményítőjének lebonthatóságát a hidrolízis közegének szárazanyag-tartalma?
 - Milyen hatással van a hidrolízis idő hossza, illetve az enzimdózis a keményítő lebomlás hatásfokára?
- Milyen értékű erjeszhető szénhidrátforrás a tejsavbaktériumok számára a hidrolizált kukorica?
- A silózendő zöldtakarmány szárazanyag-tartalmától függően mennyi hidrolizált kukoricára van szükség stabil szilázs előállításához?

- Fokozható-e a kifejlesztett tartósítószer hatékonysága a tartósítószer redukáló cukortartalmának egy tejipari melléktermékkel (ricotta savó) történő növelésével?

3.2. Anyag és módszer

3.2.1. Kukorica hidrolízis kísérletek

A kifejlesztendő tartósítószer szénhidrát komponenseként azért választottuk a kukoricát, mert hazánkban ilyen célra a kukorica a legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló szénhidrátforrás, továbbá a gabonamagvak közül a kukoricának a legnagyobb a keményítőtartalma. A kukorica keményítőjét enzimes technológiával kívántuk lebontani. Ehhez a gabonaalapú alkohol előállítás technológiájából kiindulva α -amiláz (BAN 480) és amiloglukozidáz (SPIRIZYME) – mindkettő NOVO termék (NOVO Nordisk A/S, Denmark) – enzimeket használtunk. A hidrolízis paraméterei a következők voltak:

	BAN 480	SPIRIZYME
Enzim dózis	1 g/kg keményítő	1 g/kg keményítő
pH	5,6-6,0	4,5
Hőmérséklet	80°C	60°C
Hidrolízis idő	20 perc	20 óra

A kísérlethez finomra darált, átlagosan 0,5 mm szemcseméretű kukoricadarát használtunk. Tekintettel arra, hogy a két enzim működési optimuma mind a hőmérséklet, mind pedig a pH tekintetében jelentősen különbözik egymástól, ezért a hidrolízist két egymást követő fázisban végeztük. A hidrolízis első fázisát α -amilázzal végeztük. A hidrolízis időt

attól az időponttól számítottuk, amikor a kukorica-víz keverék hőmérséklete a 80 °C-ot elérte. A hidrolízis idő leteltével a hidrolizálandó anyag hőmérsékletét 60 °C-ra hűtöttük, majd pH-ját 6 mólos sósavval 4,5-re állítottuk be. Ezt követően hozzáadtuk a szükséges amiloglükozidáz mennyiséget. A kukorica-víz keveréket a hidrolízis mindkét szakaszában folyamatosan kevertettük.

A hidrolízis eredményét - a lebomló keményítő mennyiségét - a hidrolízis közegének szárazanyag-tartalma jelentősen meghatározza, ezért azt is vizsgáltuk, hogy milyen szárazanyag-tartalom esetén érhető el a legnagyobb redukáló cukorhozam. Ennek a kérdésnek a vizsgálata azért is fontos volt, mert a hidrolizált kukoricát szárítani szükséges, mely szárítás költsége nagymértékben befolyásolja az új tartósítószer előállításának gazdaságosságát. A kísérletek során 10 és 30 % közötti szárazanyag-tartományban vizsgáltuk a hidrolízis közegének szárazanyag-tartalma és a nyerhető redukáló cukor mennyisége közötti összefüggést.

3.2.2. A hidrolizált kukorica redukáló cukortartalmának növelése tejipari ricotta savó felhasználásával

A kukorica enzimes hidrolízisének energia igényét jelentősen befolyásolja a hidrolízishez szükséges szárazanyag-tartalom beállításához felhasznált víz 90 °C-ra történő felmelegítéséhez felhasznált energia mennyisége. Ennek az energiának a nagy része megtakarítható, ha a hidrolízishez a kukorica szükséges szárazanyag-tartalmát nem vízzel, hanem a ricotta sajt gyártásakor keletkező 80-85 °C hőmérsékletű tejsavóval állítjuk be. A jelentős energiamegtakarításon túlmenően ez azzal az előnnyel is jár, hogy növelhető a hidrolizált kukorica erjeszhető szénhidrát-tartalma is.

A keverék savóhányadának meghatározásakor abból indultunk ki, hogy a ricotta savó laktóz tartalma érdemben növelje a tartósítószer redukáló cukortartalmát, de a keverék szárazanyag-tartalma ne haladja meg a 30 %-ot. A kedvező arálynak az 1 kg kukorica + 2,5 kg savó bizonyult.

3.2.3. Mikrobiológiai vizsgálatok

3.2.3.1. A jó minőségű szilázs előállításához szükséges baktériumkultúra faji összetételének meghatározása

A kifejlesztett tartósítószerben a szénhidrát komponensek (hidrolizált kukorica és ricotta savó) mellett a másik lényeges alkotórész egy liofilezett starter baktériumkultúra, amelynek feladata az epifita mikrobaflóra faji összetételének megváltoztatásával a silóban lejátszódó erjedési folyamatok irányítása.

A starterkultúra összeállításakor négy baktériumfajt vettünk figyelembe. Közülük az egyik a *Lactobacillus plantarum*, amely számos kedvező tulajdonsággal rendelkezik (homofermentatív, jó a savtűrőképessége, kicsi a proteolitikus aktivitása, kevésbé érzékeny a vízaktivitási viszonyok változására), következésképpen minden forgalomban levő biológiai tartósítószer baktériumkultúrájában megtalálható. Egyetlen vele szemben felhozható kifogás, hogy szaporodóképessége 5 pH felett kisebb. Ezt a hátrányt azzal korrigáltuk, hogy a baktériumkultúrában helyet kapott az *Enterococcus faecium*, amely 5-6 pH között is jól szaporodik és már az erjesztés kezdetén is sok tejsavat termel, megteremtve ezzel a kedvező feltételeket (főleg a pH gyorsabb csökkenését) a *Lactobacillus plantarum* számára. Az említett két tejsavtermelő baktériumfaj használata a

starterkultúrában azért is előnyös, mert mindkettőt előállítják (fermentálják) idehaza is (*Medipharm Kft*), ami egyszerűbbé és olcsóbbá teszi a baktériumkultúra beszerzését.

A baktériumkultúrában még két további baktériumfaj is szerepelt, ezek a *Lactobacillus buchneri*, valamint a *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* voltak. Mindkettő szerepeltetésének célja a szilázs aerob stabilitásának javítása volt. A mikrobiológiai vizsgálatokat karunk Élelmiszertudományi Intézetének Mikrobiológiai Tanszéke végezte.

A baktériumkultúrában található 4 baktériumfaj részarányának meghatározása céljából 3 különböző hőmérsékleten és 3 eltérő pH értéken megállapítottuk a 4 mikroba faj maximális fajlagos szaporodási sebességét (μ_{\max}) és generációs idejét (t_g).

A kísérletek második szakaszában a hidrolizált kukorica mellett ricotta savó is szerepelt szénhidrátforrásként a készítményben, ezért egy kísérlet keretében azt is vizsgáltuk, hogy a savó szénhidrát komponensét, a laktózt, milyen hatékonysággal értékesítik az oltókultúra mikroba fajai. Ezt a felsorolt baktériumfajok laktózon elért szaporodási sebességének mérésével állapítottuk meg. A laktóz mellett kontrollként glükóz is szerepelt még a vizsgálatban.

A két vizsgált szubsztrátból azonos redukáló cukormennyiséget (4,7 g/100 cm³) tartalmazó tápoldatokat állítottunk elő, melyeket élesztőkivonattal és peptonnal egészítettünk ki. A szaporítást mindkét vizsgált szubsztrát esetében 25 órán át folytattuk, amelynek során 3 óránként mértük a közeg pH-ját, továbbá mintát vettünk a tápoldatokból és lemezöntéses, telepszámlálós módszerrel meghatároztuk a cm³-kénti mikrobaszámot. A kapott eredmények

alapján a kísérletben szereplő négy baktériumfaj maximális fajlagos szaporodási sebessége (μ), valamint a generációs idő (t_g) a vizsgált szubsztrátokra vonatkozóan kiszámítható.

3.2.3.2. A kifejlesztett tartósítószer mikrobiológiai stabilitásának megállapítása

A kísérleti munka során azt is meg kívántuk állapítani, hogy melyik az a kiszerezési forma, amelyik a készítmény raktározása során biztosítja a tartósítószer mikrobiológiai stabilitását. Ezért egy kísérletben azt vizsgáltuk, hogy kész tartósítószer (szénhidrát adalék+baktériumkultúra) a gyártástól (a két komponens összekeverésétől) kezdődően milyen hosszú időn át biztosítja azt az élőtelepszámot, amelyre a jó minőségű, stabil szilázs előállításához szükség van. Vizsgálataink arra is kiterjedtek, hogy a raktározás hőmérséklete milyen hatással van a tartósítószer mikrobiológiai stabilitására.

A kísérletben 93 % szárazanyag-tartalmú hidrolizált kukoricához annyi liofilezett $1,5 \times 10^8/\text{cm}^3$ CFU *Lactobacillus plantarum* és $3,6 \times 10^9/\text{cm}^3$ CFU *Lactobacillus buchneri* kultúrát adagoltunk, hogy az silózás esetén 10^5 CFU/g zöldtakarmány koncentrációjú oltásnak feleljen meg. Mindkét baktériumkultúrát homogéneen hozzákevertük a hidrolizált kukoricához, majd az így előkészített mintákat zárható, steril üveglombikba helyeztük. A lombikok felét 4°C -os hűtőben, másik felét szobahőmérsékleten tároltuk, miközben 0., 1., 2., 4., 6. és 8. héten meghatároztuk a mintákban a savtermelő, a nem savtermelő mikroorganizmusok, az élesztők, valamint a penészek számát.

3.2.4. Silózási kísérletek

3.2.4.1. Modell silózási kísérletek

Az erjedésdinamikai kísérleteket különböző mértékben fonnyasztott zöldlucernával, illetve fűvel végeztük. Ezekben a kísérletekben azt vizsgáltuk, hogy a hidrolizált kukorica kiegészítéssel, valamint a hidrolizált kukorica és ricotta savó keverékével végzett kiegészítéssel kombinált baktériumos oltás milyen hatást gyakorol az erjedés paramétereire, valamint az erjedés időbeli lefolyására. Valamennyi kísérletben pozitív kontrollként egy a kereskedelmi forgalomban kapható harmadik generációs biológiai tartósítószernek az erjedésre gyakorolt hatását is vizsgáltuk. Az erjedésdinamikai kísérletek keretében kerestük a választ arra is, hogy a silózendő zöldtakarmány szárazanyag-tartalma milyen hatást gyakorol a stabil szilázs előállításához szükséges hidrolizált kukorica, valamint hidrolizált kukorica és ricotta savó keverék mennyiségére. Az erjedésdinamikai kísérletek során alkalmazott kezelések a 3. és a 4. táblázatban láthatóak.

Az erjedésdinamikai vizsgálatokat modellsilókkal végeztük, amelyek 850 ml űrtartalmúak voltak, és amelyekbe 400–430 g fonnyasztott lucernát, illetve fűvet silóztunk be. A silókat 25 ± 1 °C hőmérsékletű, temperált klímakamrában tároltuk az erjesztés során. Minden kezelés anyagából 25 modell silót töltöttünk meg, amelyekből az erjedés meghatározott napjain kezelésként 5- 5 silót felbontottunk és vizsgáltuk a szilázs pH-értékét, tejsav, illózsírsav-, alkohol-, és NH_3 -tartalmát. Az utolsó (120., illetve 180. napi) silóbontás alkalmával megállapítottuk a silózás alatti szárazanyag-, valamint energiaveszteséget is.

3. táblázat: Lucernával végzett erjedésdinamikai modellvizsgálatok során alkalmazott kezelések és bontási napok

Szárazanyag tartalom	31,7 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 1% hidr. kukorica + oltás
Bontási napok	3., 7., 15., 30., 180.
Szárazanyag tartalom	23,3 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 1,5 % hidr. kukorica + oltás 4. 2,0 % hidr. kukorica + oltás 5. 2,5 % hidr. kukorica + oltás 6. Goldzym
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.
Szárazanyag tartalom	32,3 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 1,0 % hidr. kukorica + oltás 4. 1,5 % hidr. kukorica + oltás 5. 2,0 % hidr. kukorica + oltás 6. Goldzym
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.
Szárazanyag tartalom	38,1 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 0,5 % hidr. kukorica + oltás 4. 1,0 % hidr. kukorica + oltás 5. 1,5 % hidr. kukorica + oltás 6. Goldzym
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.
Szárazanyag tartalom	30,0 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. 1% hidr. kukorica + oltás 3. Goldzym 4. Bactozym 5. Lalsil PS
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.
Szárazanyag tartalom	28,8 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. 1,0 % hidr. kukorica + ricotta savó + oltás 3. 0,83 % hidr. kukorica + ricotta savó + oltás 4. Lalsil PS
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.

4.táblázat: Fűvel végzett erjedésdinamikai modellvizsgálatok során alkalmazott kezelések és bontási napok

Szárazanyag tartalom	31,6 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 0,33 % hidr. kukorica + oltás 4. 0,66 % hidr. kukorica + oltás 5. Goldzym
Bontási napok	3., 7., 15., 30., 180.
Szárazanyag tartalom	23,3 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 0,5 % hidr. kukorica + oltás 4. 1,0 % hidr. kukorica + oltás 5. 1,5 % hidr. kukorica + oltás 6. Goldzym
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.
Szárazanyag tartalom	29,6 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 0,2 % hidr. kukorica + oltás 4. 0,6 % hidr. kukorica + oltás 5. 1,0 % hidr. kukorica + oltás 6. Goldzym
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.
Szárazanyag tartalom	33,7 %
Kezelések	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroll 2. Baktériumos kontroll 3. 0,1 % hidr. kukorica + oltás 4. 0,4 % hidr. kukorica + oltás 5. 0,7 % hidr. kukorica + oltás 6. Goldzym
Bontási napok	7., 15., 30., 60., 120.

A hidrolizált kukorica és a ricotta savó kombináció erjedésre gyakorolt hatását nagyobb méretű (100 liter térfogatú) műanyag modell silókban is vizsgáltuk. Kezelésként 2 silót töltöttünk meg enyhén – 28,7 % szárazanyag-tartalomig – előfonnyasztott lucernával.

A kísérlet során a következő kezeléseket vizsgáltuk:

1. Kontroll
 2. 0,5 % hidrolizált kukorica kiegészítés
 3. 0,41 % légszáraz hidrolizált kukorica + 0,09 % ricotta savó kiegészítés
 4. Lalsil PS biológiai tartósítószer 10g/t zöldlucerna koncentrációban
-

Az erjedésdinamikai kísérletek során vizsgált harmadik generációs biológiai tartósítószeres fontosabb paraméterei a következők voltak:

-A Goldzym biológiai tartósítószer *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus casei* és *Pediococcus pentosaceus* tejsavtermelő baktérium törzsek mellett celluláz és hemicelluláz enzimeket is tartalmazott. Az oltási élőtelepszám $1,5 \times 10^5$ /g zöldlucerna volt. A készítmény enzimaktivitása 0,17 IU/g.

-A Bactozym baktériumkultúrája ugyanazokból a baktériumtörzsekből állt, mint a Goldzym-é, enzimgarnitúrája azonban a celluláz és a hemicelluláz mellett még glükózoxidázt is tartalmazott. A készítmény enzimaktivitása 0,22 IU/g. A CFU szám a Bactozym esetében is $1,5 \times 10^5$ /g zöldlucerna.

-A Lalsil PS a baktériumkultúra (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*) mellett cellulázt és hemicellulázt tartalmazó enzimkomplexből állt. A javasolt adag (10 g/t) felhasználásakor a CFU szám $2,5 \times 10^5$ /g zöldlucerna. A készítmény deklarált enzimaktivitása: 10^4 CMC-áz/g.

3.2.4.2. Üzemi silózási kísérletek

A fejlesztő munka során üzemi méretű silózási kísérletet is végeztünk, amelyre a lucerna esetében Darnózselin, az Agrár Zrt. tehenészeti telepén került sor, míg a fű silózására a Nyugat-magyarországi Egyetem Állattenyésztési Intézetének Állatkísérleti telepén került sor.

Lucerna estében a kísérletet enyhén, 32,7-33,8 % szárazanyag-tartalomig előfonnyasztott zöldanyaggal, fóliatömlős technológiával végeztük. A kontroll szilázs esetében az üzemben használt Lalsil harmadik generációs tartósítószeret adagoltuk a zöldlucernához 10 g/tonna zöldtakarmány mennyiségben. A kísérleti szilázst 1,0 % hidrolizált kukorica kiegészítéssel készítettük, amely kiegészítés a baktériumos oltásra szolgáló liofilezett tejsavbaktérium-kultúrát is magában foglalta. Az oltási élőtelepszám $1,5 \times 10^5$ /g zöldlucerna volt. A besilózott zöldlucerna mennyiség a kontroll szilázs esetében 50,5 tonna, a kísérleti szilázs esetében pedig 50,0 tonna volt.

A fű esetében 33,9-35,7 % szárazanyag-tartalomig előfonnyasztott zöldanyagot silóztunk be egy második üzemi méretű kísérlet keretében. A kontroll szilázs előfonnyasztott fűből adalékanyag nélkül került besilózásra, míg a kísérleti szilázs készítésekor 0,4% tejsavbaktérium kultúrát is magában foglaló hidrolizált kukoricát adagoltunk az ugyancsak előfonnyasztott fűhöz. A silózást falközi silóban végeztük. A besilózott mennyiség 6,95 illetve 6,51 tonna volt.

3.2.5. A kísérlet során alkalmazott kémiai vizsgálati eljárások

A szilázsminták tejsav-, illózsírsav-, valamint alkoholtartalmát Biotronik 2000 típusú HPLC berendezéssel vizsgáltuk (*Wissenschaftliche*

Geräte GmbH, Germany, Maintal 1.). Az oszlop típusa Bio-Rad Aminex® HPX-874, mérete 300 mm x 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 lucerna, a fű, továbbá a szilázsminták vízdoldható szénhidráttartalmát Somogyi (1952) módszerével vizgáltuk.

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*, Germany) vizgáltuk.

3.2.6. Statisztikai analízis

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését egytényezős varianciánalízissel (one-way ANOVA) az *SPSS 12.0. for Windows* program (*SPSS Inc.*, Chicago, USA) segítségével végeztük. A szórások homogenitás vizsgálata *Levene-teszt* segítségével történt. A statisztikai programban választható post hoc tesztek közül homogén szórások esetén az *LSD* (amennyiben az n-számok megegyeztek), illetve a *Scheffe* (amennyiben az n-számok különböztek), míg heterogén szórások esetében a *Dunnett's T3* próbát alkalmaztuk. A választott szignifikancia szint $P < 0,05$ volt.

3.3. Kísérleti eredmények és azok értékelése

3.3.1. Kukorica hidrolízis kísérletek

3.3.1.1. A kukorica keményítőjének enzimes lebontása

A kifejlesztteni kívánt tartósítószer szénhidrát komponensének választott kukorica keményítőjét α -amiláz és amiloglükozidáz enzimekkel bontottuk le redukáló cukorrá. Mivel a hidrolízis eredményét - a lebomló keményítő mennyiségét - a hidrolízis közegének szárazanyag-tartalma jelentősen meghatározza, ezért azt is vizsgáltuk, hogy milyen szárazanyag-tartalom esetén érhető el a legnagyobb redukáló cukor hozam. Ennek a kérdésnek a vizsgálata azért is fontos volt, mert a hidrolizált kukoricát szárítani szükséges, mely szárítás költsége nagymértékben befolyásolja az új tartósítószer használatának gazdaságosságát. A kísérletek során 10 és 30 % közötti szárazanyag-tartományban vizsgáltuk a hidrolízis közegének szárazanyag-tartalma és a nyerhető redukáló cukor mennyisége közötti összefüggést. Az eredményeket a 3. és 4. táblázatban foglaltuk össze. A 3. táblázat eredményei azt igazolják, hogy a hidrolízis első szakaszában az α -amiláz hatására viszonylag kevés keményítő bomlik redukáló cukorig, ami az α -amiláz hatásmódjával magyarázható. Az α -amiláz ugyanis mindig középen hasítja ketté a keményítőláncot. Az α -amiláz aktivitását a hidrolízis közegének szárazanyag-tartalma a 5. táblázat adataiból megítélhetően jelentős mértékben befolyásolja.

5.táblázat: A hidrolízis közeg szárazanyag-tartalmának hatása a kukorica keményítőjének α -amilázzal történő lebontására

Szárazanyag-tartalom (%)	Keményítő a hidrolizálendő anyagban (%)	Redukáló cukor a hidrolizált anyagban (%)	Keményítő lebomlás hatásfoka (%)
10	8,15	2,39±0,41 ^a	29,32
15	13,04	3,05±0,25 ^a	23,39
20	18,65	3,87±0,57 ^b	20,75
30	32,69	5,72±1,46 ^b	17,50

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

Enzim dózis: 1 g α -amiláz/kg keményítő
Hidrolízis idő: 20 perc

A szárazanyag-tartalom növekedésének enzimaktivitást csökkentő hatása, ha kisebb mértékben is, mint az α -amilázos szakaszban, de az amiloglikozidáz esetében is fennáll. Amikor ugyanis a közeg szárazanyag-tartalma csak 10%, a keményítő gyakorlatilag teljes egészében lebontható, a szárazanyag-tartalmat 30%-ra növelve azonban mintegy 12%-kal csökken a hidrolízis hatékonysága. A szárazanyag-tartalom további növelését két okból kifolyólag nem tartottuk szükségesnek. Az egyik ezek közül, hogy tovább csökkent volna – esetleg 70% körüli értékre süllyedt volna – a hidrolízis hatékonysága, ami rontotta volna az eljárás gazdaságosságát, továbbá a 40% szárazanyag-tartalmú keverék 20 órán át történő kevertetése igen energiaigényes munkafolyamat.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hidrolizálendő kukorica szárazanyag-tartalmának növekedése (6. táblázat) a hidrolízis mindkét szakaszában csökkenti a keményítő lebomlásának hatásfokát.

6. táblázat: A hidrolízis közeg szárazanyag-tartalmának hatása a kukorica keményítőjének α -amilázzal és amiloglikozidázzal történő lebontására

Szárazanyag-tartalom (%)	Keményítő a hidrolizálendő anyagban (%)	Redukáló cukor a hidrolizált anyagban (%)	Keményítő lebomlás hatásfoka (%)
10	8,15	8,14±0,56 ^a	99,88
15	13,04	12,18±0,77 ^{ab}	93,40
20	18,65	17,26±2,57 ^{bc}	92,55
30	32,69	29,02±5,91 ^c	88,78

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

Enzim dózis: 1 g α -amiláz/kg keményítő
1 g amiloglikozidáz/kg keményítő

Hidrolízis idő: α -amilázzal 20 perc
amiloglikozidázzal 20 óra

A 10 % szárazanyag-tartalmú közegben a kukorica keményítője teljes egészében redukáló cukorrá alakítható, a szárítás költsége azonban ilyenkor elviselhetetlenül nagy. 30 % szárazanyag-tartalom esetén a keményítő lebontás hatékonysága még mindig jó - csaknem 90 % -, a szárítás költségei pedig már számottevő mértékben kisebbek. A szárazanyag-tartalom további növelése nehezíti az anyag keverését és 80 % alá csökkenti a keményítő lebomlás hatékonyságát. Mindezek alapján a hidrolizálendő kukorica szárazanyag-tartalmát 30 %-ban határoztuk meg.

Kísérleteink során azt is vizsgáltuk, hogy miként lehetséges a redukáló cukorhozamot növelni. Ezt egyrészt a hidrolízishez felhasznált enzim mennyiségének megnövelésével, másrészt a hidrolízis idő meghosszabbításával igyekeztünk elérni. A hidrolízishez felhasznált mindkét enzim mennyiségét 20%-kal növeltük a kísérleti munka folyamán, azaz mindkét enzimet 1,2 g/kg keményítő koncentrációban is alkalmaztuk. A kísérlet eredményei a 7. táblázatban találhatók.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy egyik enzim adagjának növelése sem járt eredménnyel, nem sikerült a növeléssel több keményítőt lebontani. Az α -amiláz esetében megfigyelhető ugyan kisebb redukáló cukor mennyiség növekedés, a többlet azonban nem bizonyult szignifikánsnak. Az adatok arra is rávilágítanak, hogy a hidrolízis első szakaszában mért kisebb redukáló cukor növekmény a hidrolízis második szakaszában elmosódik. Az amiloglükozidáz adagjának 20%-kal történő növelése ugyancsak nem eredményezett több redukáló cukrot.

7. táblázat: Az enzimadag növelésének hatása a hidrolizált anyag redukáló cukor tartalmára (n=3)

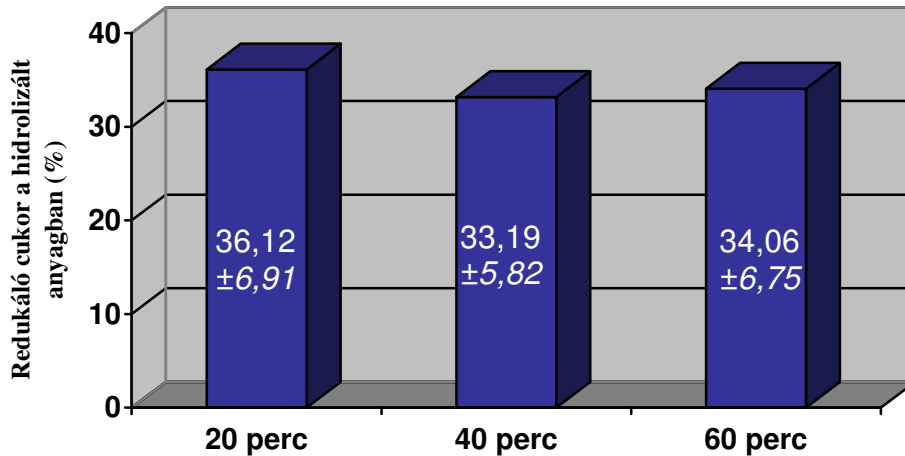
Szárazanyag-tartalom (%)	α -amiláz adag (g/kg keményítő)	Redukáló cukor a hidrolizált anyagban 20 perc után (%)	Amiloglükozidáz adag (g/kg keményítő)	Redukáló cukor a hidrolizált anyagban 20 óra után (%)
10	1,0	23,91±4,07 ^a	1,0	78,77±1,66 ^a
15	1,0	30,46±2,47 ^a	1,0	115,43±4,74 ^a
20	1,0	38,70±5,67 ^a	1,0	155,61±9,45 ^a
10	1,2	27,18±2,17 ^a	1,0	69,79±5,93 ^b
15	1,2	32,84±2,56 ^a	1,0	111,89±6,32 ^a
20	1,2	47,17±8,14 ^a	1,0	151,34±10,46 ^a
10	1,0	22,63±0,47 ^a	1,2	70,68±2,98 ^b
15	1,0	29,76±1,89 ^a	1,2	109,71±4,29 ^a
20	1,0	36,64±2,31 ^a	1,2	152,93±2,75 ^a

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

Az α -amiláz esetében megkíséreltük a keményítő lebontás mértékét a viszonylag rövid hidrolízis idő (20 perc) meghosszabbításával növelni. Ennek eredményét az 1. ábra szemlélteti. Mint látható, a hidrolízis idő jelentős (kétszeres, illetve háromszoros) meghosszabbításával sem sikerült a hidrolizált anyag redukáló cukortartalmát növelni.

1. ábra: A hidrolízis idő növelésének hatása a kukorica keményítőjének α -amilázzal történő lebontására

(Száranyag: 20%, n=3)



Enzimdózis: 1 g α -amiláz/kg keményítő

Az amiloglükozidáz esetében nem kísérleteztünk az egyébként is hosszú (20 órás) hidrolízis idő növelésével. A hidrolízis második szakaszát illetően azt vizsgáltuk, hogy lehetséges-e a hidrolízis időtartamát a keményítő lebontás hatásfokának érdemi sérülése nélkül csökkenteni, ami kedvező lenne a kialakítani tervezett silózási technológia gazdaságossága szempontjából. Az amiloglükozidázos szakasz hosszának csökkentésével kapcsolatos eredmények a 8. táblázatban találhatóak, illetve a keményítő lebomlás hatékonyságának alakulását a 2. ábrán is szemléltettem.

**8.táblázat: A hidrolízis idő csökkentésének hatása a keményítő
lebomlás hatásfokára**

(Száranyag: 30%, n=3)

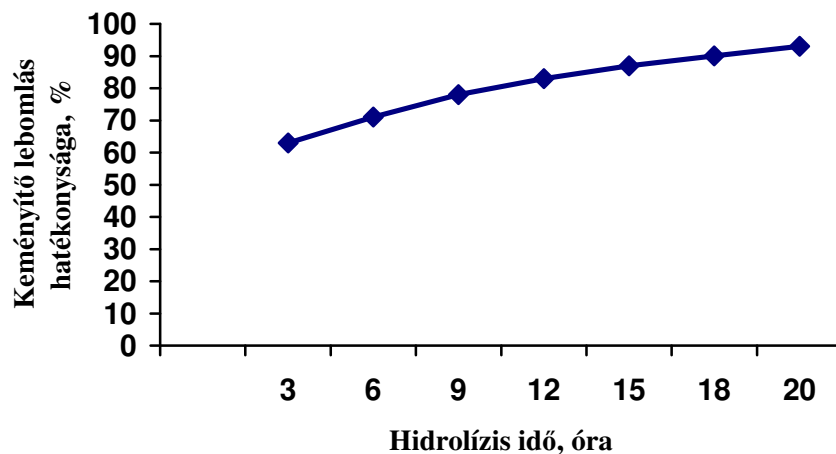
Hidrolízis idő (óra)	Redukáló cukor a hidrolizált anyagban (%)	Keményítő lebomlás hatásfoka (%)
3	21,32±0,68 ^a	65,23
6	24,08±1,24 ^b	73,67
9	26,06±0,67 ^b	79,72
12	26,85±0,67 ^b	82,14
15	27,84±1,50 ^c	85,16
18	28,63±1,51 ^c	87,58
20	29,42±1,51 ^c	90,00

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

Enzim dózis: 1 g α -amiláz/kg keményítő
1 g amiloglükózidáz/kg keményítő

**2. ábra: A hidrolízis időtartam rövidítésének hatása a keményítő
lebomlás hatékonyságára**

(Száranyag: 30%, n=3)



Mint a hivatkozott táblázat, valamint ábra adataiból látható, a hidrolízis idő rövidülésével csökken a lebomló keményítő mennyisége és ezzel a hidrolizált takarmány redukáló cukortartalma. Az is megállapítható, hogy amikor csak 2 órával (20 órától 18 órára) rövidítettük a hidrolízis 2. szakaszának hosszát, a redukáló cukortartalom csak 0,79%-kal (relatív 2,68%-kal) csökkent. A különbséget nem találtuk szignifikánsnak. A hidrolízis idő további 3 órával történő rövidítése újabb 0,79%-kal csökkenti a redukáló cukortartalmat, azonban az összesített 1,58%-os csökkenés még mindig nem szignifikáns eltérés a 20 órás hidrolízissel elérhető redukáló cukortartalomhoz képest. Ez azt jelenti, hogy a hidrolízis 2. szakaszának időtartama a redukáló cukortartalom szignifikáns csökkenése nélkül 20 órától 15 órára rövidíthető. Az ennek eredményeként elérhető energiamegtakarítás kedvező hatású az új tartósítószer gazdaságosságára.

3.3.1.2. A hidrolizált kukorica redukáló cukortartalmának növelése tejipari ricotta savó felhasználásával

A kifejlesztett tartósítószer gazdaságosságát annak redukáló cukortartalma alapvetően meghatározza, ugyanis a belőle adagolni szükséges mennyiség a készítmény redukáló cukortartalmától függ. A redukáló cukor mennyisége kísérleti eredményeink szerint az enzimkoncentráció emelésével nem növelhető, a hidrolizálendő kukorica szárazanyag-tartalmának csökkentése pedig azért alkalmatlan módszer erre, mert aránytalanul megnöveli a készítmény szárítási költségét.

Jó lehetőség viszont a készítmény erjeszhető szénhidrát-tartalmának növelésére, ha a hidrolizálendő kukorica szárazanyag-tartalmát nem vízzel,

hanem a tejipar egyik melléktermékével, a ricotta sajt előállításakor keletkező savóval állítjuk be 30 %-ra.

A keverék savóhányadának meghatározásakor abból indultunk ki, hogy a ricotta savó laktóztartalma érdemben növelje a tartósítószer redukáló cukortartalmát, de a keverék szárazanyag-tartalma ne haladja meg a 30 %-ot, ezért a kedvező arányt 1 kg kukorica + 2,5 kg savó összetételben állapítottuk meg.

A 9. táblázat adatai azt igazolják, hogy a keverék savó hányadában levő 46-47 g laktóz mintegy 10 %-kal csökkenti a keményítő lebontás hatásfokát, ami azonban az enzimdózis növelésével korrigálható. Ehhez a két enzim dózisát 30 %-kal (1,0 g/kg-ról 1,3 g/kg keményítőre) szükséges növelni. A többlet enzim csak minimális mértékben emeli meg a tartósítószer előállításának költségeit, ugyanakkor a savó felhasználásával jelentősen, - mintegy 17-18 %-kal - növeljük a tartósítószer redukáló cukortartalmát, aminek folytán ugyanilyen arányban csökkenthető a silózásakor a jó minőségű szilázs előállításához szükséges tartósítószer mennyisége, ez pedig jelentősen javítja az új tartósítószer használatának gazdaságosságát.

A ricotta savó ilyen célú felhasználása a tejipar számára is hasznos, mert a sajtüzemekben a savó hasznosítása csak részben megoldott.

A ricotta savónak a kukorica hidrolízise során történő hasznosítása energetikailag is kedvező az eljárásra, ugyanis a savó hőmérséklete a tejipari eljárás végén 80-85 °C közötti, így kevesebb energiára van szükség az α -amilázos hidrolízis szakasz optimális hőigényének (80 °C) megteremtéséhez.

A ricotta savó felhasználásának további előnye, hogy a sajtgyártásból eredően szárazanyagának 4 %-át kitevő mennyiségben tejsavat is tartalmaz, ami segít a szilázs pH-jának gyors csökkentésében.

9.táblázat: A ricotta savó hatása a keményítő lebomlás hatásfokára

	Kukorica egyedül	Kukorica + savó¹	Kukorica + savó²
Kukorica (500g) keményítőtartalma, g	327,5	327,5	327,5
Hidrolizált kukorica (500g) redukáló cukortartalma, g	288,5	258,4	286,8
Ricotta savó (1250g) redukáló cukortartalma, g	-	44,6	44,6
Összes redukáló cukor, g	288,5	303,0	331,4
Keményítő lebomlás hatásfoka, %	88,1	78,9	87,6

¹ 1,0 g BAN-480 / 1,0 kg keményítő
1,0 g Spirizyme / 1,0 kg keményítő

² 1,3 g BAN-480 / 1,0 kg keményítő
1,3 g Spirizyme / 1,0 kg keményítő

3.3.2. A jó minőségű szilázs előállításához szükséges baktériumkultúra faji összetételének meghatározása

A kifejlesztett tartósítószerben a szénhidrát komponensek (hidrolizált kukorica és ricotta savó) mellett a másik lényeges alkotórész egy liofilezett starter baktériumkultúra, amelynek feladata az epifita mikrobaflóra faji összetételének megváltoztatásával a silóban lejátszódó erjedési folyamatok irányítása.

A starterkultúra összeállításakor négy baktériumfajt vettünk figyelembe: *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus*

buchneri, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*. Azt a tényt, hogy miért ezt a négy baktériumfajt választottuk a kialakítandó starterkultúrába, a 3.2.3.1. fejezetben indokoltuk.

A baktériumkultúrában található 4 baktériumfaj részarányának meghatározása céljából 3 különböző hőmérsékleten és 3 eltérő pH értéken megállapítottuk a 4 mikroba faj maximális fajlagos szaporodási sebességét (μ_{\max}) és generációs idejét (t_g). Ezek az adatok a 10., 11. és 12. táblázatban találhatóak.

**10. táblázat: A starterkultúra baktériumfajainak szaporodási mutatói
20 °C-on**

Baktériumfaj	pH	Maximális fajlagos szaporodási sebesség (μ_{\max})	Generációs idő (tg/h)
Lactobacillus plantarum	7,0	0,153	4,5
	5,5	0,332	2,1
	4,0	0,212	3,3
Enterococcus faecium	7,0	0,156	4,4
	5,5	0,429	1,6
	4,0	0,119	5,8
Lactobacillus buchneri	7,0	0,096	7,2
	5,5	0,074	9,4
	4,0	0,210	3,3
Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii	7,0	0,218	3,2
	5,5	0,147	4,7
	4,0	0,162	4,3

**11. táblázat: A starterkultúra baktériumfajainak szaporodási mutatói
30 °C-on**

Baktériumfaj	pH	Maximális fajlagos szaporodási sebesség (μ_{\max})	Generációs idő (tg/h)
Lactobacillus plantarum	7,0	0,224	3,1
	5,5	0,336	2,1
	4,0	0,330	2,1
Enterococcus faecium	7,0	0,239	2,9
	5,5	0,185	3,7
	4,0	0,265	2,6
Lactobacillus buchneri	7,0	0,288	2,4
	5,5	0,223	3,1
	4,0	0,316	2,2
Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii	7,0	0,131	5,3
	5,5	0,243	2,9
	4,0	0,134	5,2

**12. táblázat: A starterkultúra baktériumfajainak szaporodási mutatói
40 °C-on**

Baktériumfaj	pH	Maximális fajlagos szaporodási sebesség (μ_{\max})	Generációs idő (tg/h)
Lactobacillus plantarum	7,0	0,993	0,7
	5,5	0,164	4,2
	4,0	0,320	2,2
Enterococcus faecium	7,0	0,187	3,7
	5,5	0,070	9,9
	4,0	0,160	4,3
Lactobacillus buchneri	7,0	0,230	3,0
	5,5	0,355	2,0
	4,0	0,190	3,7
Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii	7,0	0,105	6,6
	5,5	0,161	4,3
	4,0	0,288	2,4

Az egyes baktériumfajok maximális szaporodási sebességének, valamint generációs idejének ismeretében megállapítottuk az oltókultúra faji összetételét. Ennek során az egyes fajok sejtszámát az inokulomban úgy állítottuk be, hogy azok 12 órás szaporodás után azonos nagyságrendet érjenek el. Annak érdekében, hogy a kívánt mikrobaszámot biztonsággal elérjük, a maximális telepszám pedig az erjesztési folyamat alatt minimum a tervezett 3×10^9 CFU/cm³ legyen, a legkisebb maximális fajlagos sebességgel rendelkező *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* fajhoz igazítottuk az inokulum csíraszámát.

Mindezeket figyelembe véve az oltókultúra mennyiségét és faji összetételét 1 g zöldtakarmányra vonatkozóan a következőkben határoztuk meg:

<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 kísérletek második szakaszában a hidrolizált kukorica mellett ricotta savó is szerepelt szénhidrátforrásként a készítményben, ezért azt is vizsgáltuk, hogy a savó szénhidrát komponensét, a laktózt, milyen hatékonysággal értékesítik az oltókultúra mikrobafajai. A kísérlet eredményei a 13. táblázatban, valamint a 3. és 4. ábrán követhetőek nyomon.

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált két szénhidrát közül mind a 4 baktériumfaj a savó laktózát hasznosította a szaporodásához kedvezőbben. A szaporodási eredményekből megítélhetően a 4 baktériumfaj közül a *Lactobacillus plantarum* a legjobb laktózhasznosító.

13. táblázat :A kifejlesztett tartósítószer starterkultúrájában levő baktériumfajok maximális fajlagos szaporodási sebessége és generációs ideje eltérő szénhidrátot tartalmazó táptalajon

Szénhidrát illetve baktériumfaj	Maximális fajlagos szaporodási sebesség (μ_{max}) [1/h]	Generációs idő (t_g) [h]
Glükóz		
Enterococcus faecium	0,28	2,45
Lactobacillus plantarum	0,28	2,48
Lactobacillus buchneri	0,20	3,47
Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii	0,15	4,62
Laktóz		
Enterococcus faecium	0,30	2,31
Lactobacillus plantarum	0,39	1,78
Lactobacillus buchneri	0,30	2,29
Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii	0,17	4,13

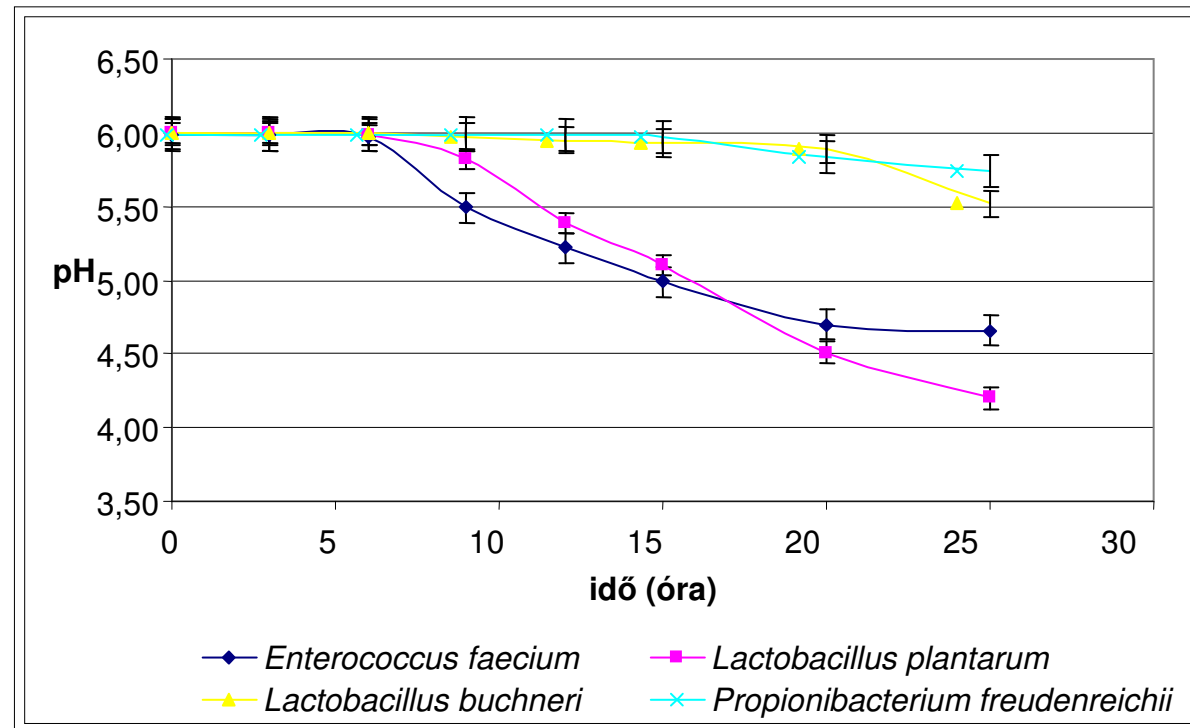
Nem marad el jelentősen a *Lactobacillus plantarum*tól a szaporodás tekintetében az *Enterococcus faecium*, valamint a *Lactobacillus buchneri* sem. Ugyanakkor a *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* maximális szaporodási sebessége az említett 3 baktériumfajának csak mintegy fele, generációs ideje pedig csaknem duplája. Megjegyzendő, hogy ennek a baktériumnak ez a gyenge szaporodási sebessége még mindig jobb a glükóz tápoldaton mért szaporodásnál.

A laktóz kedvező hasznosításának feltehetően az a magyarázata, hogy a savó kis mennyiségben a baktériumok szaporodását segítő hatóanyagokat (vitaminokat, aminosavakat, purin- és pirimidinbázisokat, egyes ásványi anyagokat) is tartalmaz. A vizsgált *Lactobacillus* fajok ugyanis igényesek a

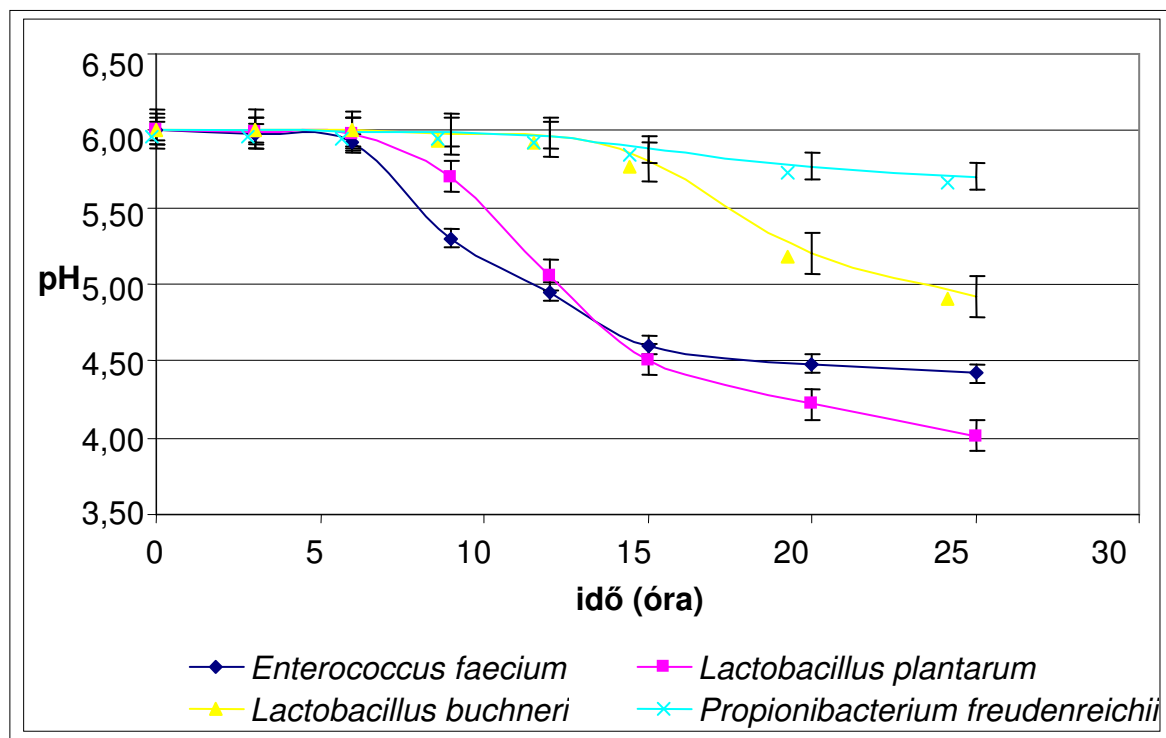
táplálóanyag ellátás tekintetében, számtalan vitamint, aminosavakat, nukleotidokat igényelnek szaporodásukhoz. Csak glükózt és szervesen sókat tartalmazó minimál táptalajon nem szaporíthatók. A felsorolt hatóanyagok egy része a savóban megtalálható, hiszen a zsír, a zsírban oldható anyagok, valamint a fehérjetartalom kivételével benne a tej minden egyéb táplálóanyaga megtalálható.

A szaporodási paraméterek mellett mértük a kísérlet során a vizsgált baktériumfajok savtermelését is a két különböző szénhidrátforráson. A savtermelés alakulását a tápoldat pH értékének változása alapján követtük nyomon. Az eredményeket az 3. és 4. ábra szemlélteti.

Az adatok alapján megállapítható, hogy a pH-érték változása jól korrelál a szaporodási eredményekkel. Ennek megfelelően a legintenzívebb pH-érték csökkenést a laktózalapú tápoldaton történő szaporítás esetében mértünk és jellemzően eltért egymástól a vizsgált baktériumfajok azonos szénhidrátbázisú tápfolyadékokon mutatott savtermelése is. Így a laktózalapú tápoldaton a *Lactobacillus plantarum* esetében 4,0 volt a legalacsonyabb pH érték, míg az *Enterococcus faecium* csak 4,4-ig csökkentette a tápoldat pH-ját. A *Lactobacillus buchneri* és a *Propionibacterium freudenreichii* esetében a pH csak 4,9, illetve 5,7-ig csökkent.

3. ábra: 4,7% glükózt tartalmazó tápoldatban szaporított törzsek savtermelése által indukált pH változás

4. ábra: 4,65% savó cukrot tartalmazó tápoldatban szaporított törzsek savtermelése által indukált pH változás



Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a ricotta savó szárazanyag-tartalmának 72 %-át adó laktóz alkalmas szénhidrátforrás a készítmény erjeszhető szénhidráttartalmának növelésére, ugyanis serkenti az oltókultúra mikrobáinak, elsősorban a *Lactobacillus plantarum* és az *Enterococcus faecium* szaporodását és ezzel tejsavtermelését.

Egyúttal felvetődik az a kérdés, hogy indokolt-e az oltókultúrában a *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii*-t szerepeltetni, ugyanis szaporodása mind a glükóz, de főleg a laktóz esetében gyenge volt.

3.3.3. A kifejlesztett tartósítószer mikrobiológiai stabilitásának megállapítása

A kísérleti munka során szükséges volt azt is vizsgálni, hogy melyik az a kiserelési forma, amelyik a raktározás során biztosítja a tartósítószer mikrobiológiai stabilitását, azaz, hogy a komplett tartósítószer (szénhidrát adalék + baktériumkultúra) milyen hosszú időn át biztosítja azt az élőtelepszámot, amelyre a jó minőségű, stabil szilázs előállításához szükség van. A kísérleti eredményeket az 5-8. ábrák mutatják be.

A *Lactobacillus plantarummal* és a *Lactobacillus buchnerivel* végzett mérések adatai alapján megállapítható, hogy 4 °C-on történő tárolás eredménye változó, nem biztosít konzekvensen nagyobb élősejtszámot, ezért a hűtéssel járó többletköltséget nem érdemes vállalni.

Az eredmények azt is igazolják, hogy a savtermelő baktériumok száma 6 hétig szobahőmérsékleten történő tárolás esetében sem csökken olyan mértékben, ami a silózás sikerét veszélyeztetné. A 10⁵/g zöldtakarmány

élősejtszám akkor is biztosítható, ha a zöldtakarmányhoz adagolt tartósítószer mennyisége csak 0,5 %.

A nem savtermelő mikrobaszám a tárolás során 2 hétig fokozatosan csökken, a későbbi mintákban pedig ezek a mikrobák már nem találhatók meg kimutatható mennyiségben.

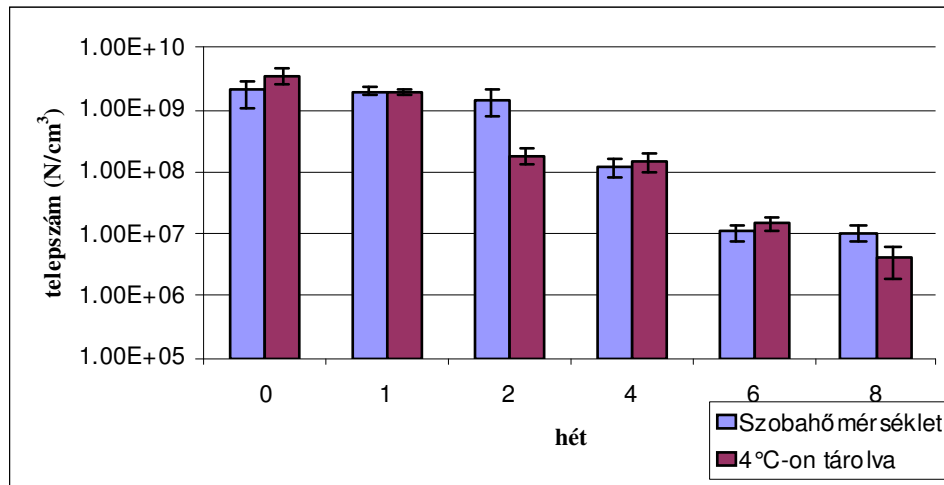
Az élesztők száma a tárolás során ugyancsak fokozatosan csökken, a csökkenés azonban kisebb, mint a nem savtermelő mikrobák esetében.

A penészgombák száma az élesztőkkel ellentétben lassan nő a tárolás előrehaladásával. A növekedés azonban a 8. hét végéig csak 10^2 nagyságrendet ér el, amiért szerepük elhanyagolható.

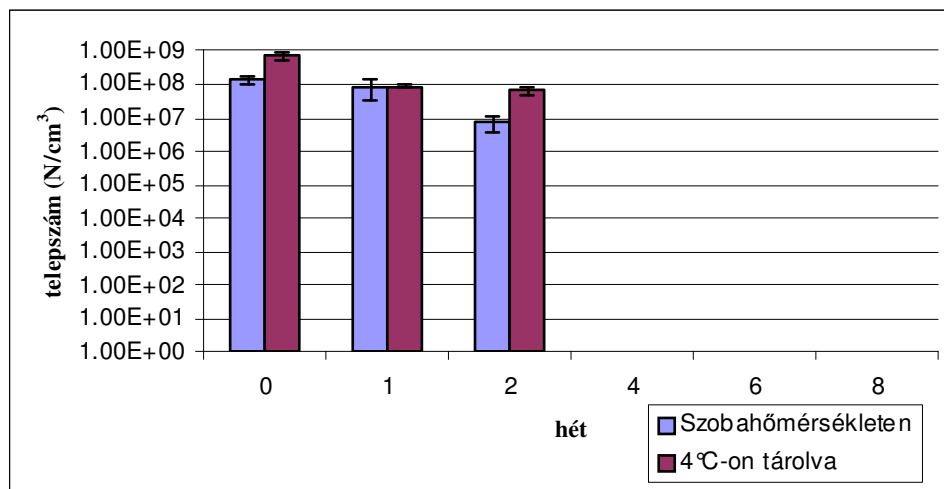
Összefoglalásként elmondható, hogy a kifejlesztett baktériumkultúrát is tartalmazó kész tartósítószer szobahőmérsékleten, száraz helyen, zárt csomagolásban 6 hétig eltartható. A silózandó zöldtakarmány szárazanyag-tartalmától függően 0,5-2,0 %-ban adagolva biztosítja a jó minőségű szilázs előállításához szükséges 10^5 /g zöldtakarmány élősejtszámot.

Csomagolására egyaránt alkalmas a PVC fóliából készült zsák, a fóliával bélelt többrétegű papírzsák, vagy a fehér szőtt propilén zsák.

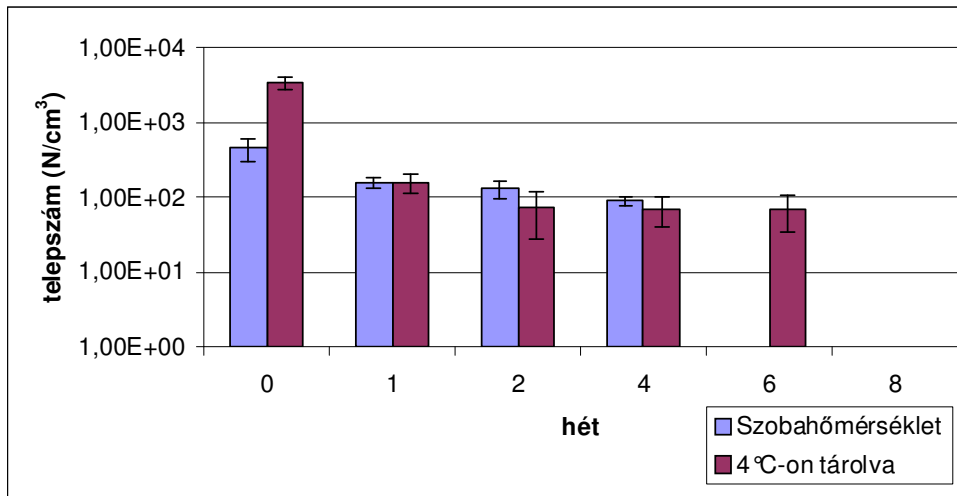
5.ábra: Liofilezett *Lactobacillus plantarum*-mal kevert hidrolizált kukoricadara savtermelő mikroorganizmusainak száma a tárolás során



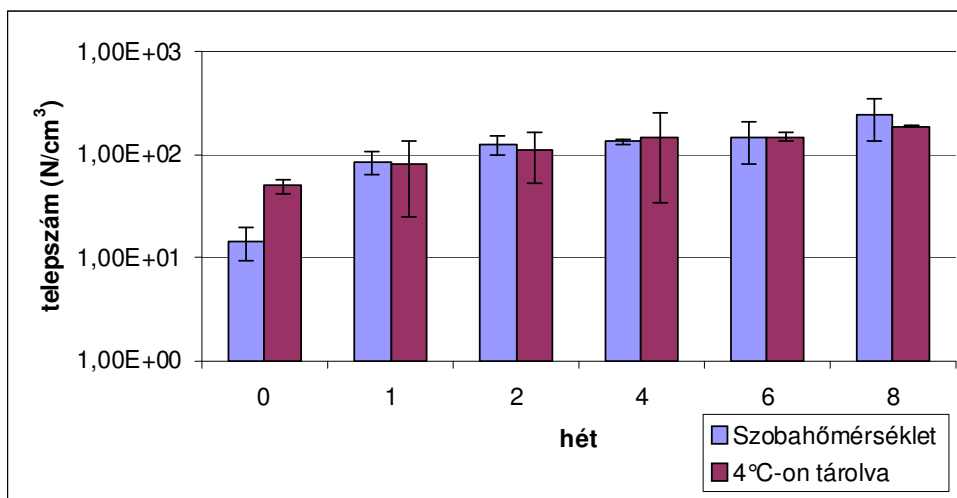
6.ábra: Liofilezett *Lactobacillus plantarum*-mal kevert hidrolizált kukoricadara nem savtermelő mikroorganizmusainak száma a tárolás során



7. ábra: Liofilezett *Lactobacillus plantarum*-mal kevert hidrolizált kukoricadarában található élesztők száma a tárolás során



8. ábra: Liofilezett *Lactobacillus plantarum*-mal kevert hidrolizált kukoricadarában található penészek száma a tárolás során



3.3.4. Az új tartósítószerrel végzett silózási kísérletek

3.3.4.1. Modell méretű silókkal végzett erjedésdinamikai kísérletek

A kifejlesztett új tartósítószer hatékonyságának megállapítására zöldlucernával, valamint vegyes botanikai összetételű fűvel több erjedésdinamikai vizsgálatot végeztünk. Valamennyi kísérlet fonnyasztott lucernával, illetve fűvel folyt. Ennek indoka, hogy az eredeti nedvességtartalmú (70 %-nál nagyobb víztartalmú) zöldtakarmányok silózásakor lécsurgás áll elő, ami tetemes táplálóanyag veszteséget okoz, valamint szennyezi a környezetet is. További előnye a fonnyasztásnak, hogy javítja a zöldtakarmányok természetes erjedőképességét, aminek következtében csökken az eredményes silózásukhoz szükséges tartósítószer mennyisége.

Első erjedésdinamikai kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy a hidrolizált kukorica alkalmas szénhidrát szubsztrát-e a tejsavtermelő mikrobák, illetve az általunk összeállított oltókultúra mikróbai számára. Ezekben a kísérletekben az új tartósítószer mellett pozitív kontrollként egy a *Medipharm* cég által forgalmazott harmadik generációs biológiai tartósítószer is vizsgáltunk. Ezzel az volt a célunk, hogy az új tartósítószer ne csak a kezeletlen kontrollhoz, hanem egy, már az üzemi gyakorlatban is felhasznált tartósítószerhez is hasonlítható tudjunk. Az első kísérletek eredményei a 14.a és 14.b, illetve a 15. táblázatokban találhatók meg. Mindkét kísérletet enyhén előfonnyasztott fűvel, illetve lucernával végeztük. A fűvel végzett erjedésdinamikai kísérlet eredményeit a 14.a és 14.b táblázatokban 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 jelenik meg a szilázsban.

A baktériumkultúrával végzett oltás a tejsavtermelés növelésével javította a fű erjedőképességét, de a szükséges mennyiségű erjeszhető szénhidrát hiányában a starterkultúrával végzett oltással sem sikerült stabil szilázst előállítani. Ezt a kontroll szilázshoz hasonlóan, az erjesztés 30. napját követő időszakban a csökkenő tejsav- és a jelentős n-vajsavtermelés igazolja. Ezek az adatok alátámasztják 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 pH értéket, ami a szilázs stabilitásának előfeltétele. A stabil szilázst jelzi 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 a szénhidrát kiegészítéssel előállított szilázsokkal. Az erjesztés 7. napjától

kezdődően azonban a 0,66% hidrolizált kukorica kiegészítéssel előállított szilázs tejsavtartalma és ebből következően pH értéke fokozatosan kedvezőbben alakul a Goldzym-mal készült szilázsénál. Az erjesztés 180. napján a 0,33% hidrolizált kukorica kiegészítés is szignifikánsan több tejsavat és alacsonyabb pH értéket eredményezett, mint a Goldzym, a különbség azonban kisebb, mint a 0,66% hidrolizált kukorica esetében.

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

	Tejsav	Ecetsav
	résarány, %	
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

Sem a baktériumkultúrával történő oltás, sem pedig a baktériumos oltással kombinált szénhidrát kiegészítés nem befolyásolta a szilázs propionsavtartalmát. Ez arra utal, hogy a starterkultúrában található propionsavtermelő baktériumok nem szaporodtak a szilázsban kielégítő mértékben. A hidrolizált kukoricával megegyezően nem befolyásolta a szilázs propionsavtartalmát a Goldzym kiegészítés sem. A propionsavhoz hasonlóan

nem találtunk jellemző különbséget a különböző kiegészítéseknek a szilázs i-vajsav- és i-valeriánsavtartalmára gyakorolt hatásában sem.

Számottevően eltért viszont az egyes kezelések n-vajsavtartalma. A kialakult különbségek jelzik, hogy az egyes kezelések esetében 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, illetve a 0,33% hidrolizált kukoricával előállított szilázs pH-ja közelítette meg a kritikus pH értéket, aminek következtében ezek n-vajsavtartalma szignifikánsan kisebb, mint a többi kezelésé.

A kiegészítések az erjesztés első időszakában egyértelműen, 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 kezelések szilázsában a kontroll szilázshoz viszonyított nagyobb mértékben növekedett az NH_3 mennyisége. A kontroll szilázshoz viszonyított növekedés azonban egyedül a Goldzym-mal készült szilázs esetében 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 a szilázsban az alkohol mennyiségét.

14.a táblázat: A különböző kezelések hatása a fű erjedésére

(Száranyag-tartalom: 31,6%, nyersfehérje: 49,14 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában						ny.fehérje %-ában
Kontroll	3	4,55±0,03 ^b	2,63±0,13 ^a	0,59±0,02 ^a	ny	-	-	0,66±0,03 ^a	0,30±0,03 ^{bc}
	7	4,26±0,04 ^b	4,04±0,13 ^a	0,82±0,03 ^b	ny	-	-	0,85±0,06 ^b	0,40±0,03 ^a
	15	4,12±0,01 ^b	4,82±0,11 ^a	0,95±0,03 ^b	ny	ny	-	0,70±0,06 ^b	0,50±0,05 ^b
	30	4,12±0,03 ^b	4,79±0,70 ^a	1,23 ±0,20 ^b	0,06±0,03	0,03±0,03	0,19±0,09	0,89±0,16 ^b	0,54±0,07 ^c
	180	4,29±0,08 ^b	4,03±0,38 ^a	2,15±0,19 ^b	0,28±0,03	0,06±0,03	0,82±0,28	1,14±0,16 ^b	0,57±0,09 ^a
Baktériumos kontroll	3	4,34±0,08 ^c	3,34±0,69 ^{ab}	0,74±0,02 ^{ab}	ny	ny	-	0,57±0,06 ^a	0,26±0,01 ^{abc}
	7	4,07±0,01 ^c	5,47±0,04 ^b	0,62±0,01 ^a	ny	ny	-	0,66±0,03 ^{ac}	0,34±0,04 ^a
	15	4,05±0,04 ^c	5,70±0,67 ^a	0,79±0,18 ^{ab}	ny	ny	-	0,60±0,03 ^{ab}	0,44±0,03 ^a
	30	4,04±0,8 ^{abc}	5,59±0,57 ^{ac}	0,62±0,05 ^a	0,06±0,00	ny	0,09±0,03	0,51±0,10 ^a	0,45±0,05 ^b
	180	4,10±0,03 ^{bc}	5,33±0,43 ^{ac}	1,49±0,04 ^{ac}	0,28±0,00	0,09±0,03	0,70±0,15	0,51±0,38 ^a	0,78±0,15 ^{ab}
0,33% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	3	4,18±0,10 ^a	3,26±0,38 ^{ab}	0,94±0,28 ^{ab}	ny	ny	-	0,70±0,03 ^a	0,32±0,02 ^c
	7	4,02±0,03 ^a	5,38±0,31 ^b	0,66±0,03 ^a	ny	ny	-	0,79±0,03 ^{abc}	0,33±0,04 ^a
	15	3,98±0,05 ^{ad}	5,60±0,63 ^a	0,79±0,13 ^a	ny	ny	-	0,70±0,06 ^{ab}	0,44±0,04 ^a
	30	3,97±0,02 ^{ac}	5,72±0,37 ^{bc}	0,69±0,07 ^a	0,12±0,07	ny	-	0,60±0,35 ^a	0,47±0,06 ^b
	180	4,06±0,01 ^c	5,76±0,76 ^b	1,74±0,18 ^a	0,25±0,02	0,06±0,03	0,35±0,12	0,82±0,06 ^{ab}	0,67±0,07 ^a

14.b táblázat:A különböző kezelések hatása a fű erjedésére

(Száranyag-tartalom: 31,6%, nyersfehérje:49,14 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	száranyag %-ában						
			tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	alkohol	NH ₃ ny.fehérje %-ában
0,66%	3	4,16±0,08 ^a	3,68±0,70 ^{ab}	0,84±0,28 ^b	ny	ny	-	0,66±0,06 ^a	0,24±0,04 ^{ab}
hidrolizált kukorica	7	3,98±0,03 ^a	6,23±0,09 ^b	0,59±0,01 ^a	ny	0,03±0,02	-	0,79±0,06 ^{bc}	0,30±0,05 ^a
kiegészítés + baktériumos oltás	15	3,93±0,02 ^a	5,93±0,83 ^a	0,57±0,09 ^{ab}	ny	ny	-	0,60±0,03 ^a	0,36±0,05 ^c
	30	3,92±0,02 ^a	6,46±0,49 ^c	0,68±0,11 ^a	0,09±0,05	0,03±0,01	-	0,60±0,06 ^b	0,38±0,02 ^a
	180	3,84±0,02 ^a	7,88±0,30 ^c	1,22±0,04 ^c	0,09±0,03	0,06±0,03	0,25±0,09	0,73±0,06 ^{ab}	0,67±0,02 ^{ab}
Goldzym	3	4,21±0,05 ^a	3,99±0,15 ^b	0,60±0,09 ^a	ny	ny	-	0,63±0,03 ^a	0,31±0,02 ^c
	7	4,11±0,03 ^c	4,95±0,60 ^{ab}	0,52±0,02 ^a	ny	ny	-	0,60±0,03 ^a	0,35±0,07 ^a
	15	4,01±0,03 ^d	5,43±0,58 ^a	0,64±0,13 ^a	ny	ny	-	0,51±0,03 ^a	0,45±0,04 ^a
	30	4,00±0,01 ^c	5,09±0,31 ^{ac}	0,57±0,07 ^a	ny	ny	ny	0,38±0,06 ^a	0,49±0,11 ^b
	180	4,10±0,28 ^{abc}	5,46±0,28 ^c	1,32±0,08 ^a	0,16±0,03	0,06±0,03	1,07±0,22	0,70±0,03 ^{ab}	0,85±0,17 ^b

ny=nyomokban

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

A 31,7 % szárazanyag-tartalomig előfonnyasztott lucernával végzett erjedésdinamikai modellkísérlet eredményeit a 15. táblázat tartalmazza. Megállapítható, hogy az önmagában végzett baktériumos oltás a tejsavtermelést csak az erjesztés második felében növelte, 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 szilázsminőséget eredményezett. A baktériumos oltással kombinált 1% hidrolizált kukorica kiegészítéssel stabil szilázst tudunk előállítani, míg a kontroll, valamint a csak baktériumos oltással készült szilázs 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 tendenciózus növekedését eredményezte.

A baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítés a fentiekben írottakból következően kedvező hatást gyakorolt a tejsav:ecetsav arány alakulására is, amely arány befolyásolja az állatok szilázsfogyasztását. Az említett arány az egyes kezelésekben a következő volt:

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

15. táblázat: A különböző kezelések hatása a lucerna erjedésére
(szárazanyag-tartalom: 31,7%, nyersfehérje: 61,41 g/kg sz.a, n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
			szárazanyag %-ában					
Kontroll	3	4,64±0,04 ^b	5,36±0,09 ^a	1,11±0,02 ^b	-	-	0,32±0,03 ^b	0,74±0,09 ^b
	7	4,65±0,04 ^c	5,75±0,08 ^a	1,32±0,05 ^b	-	-	0,32±0,03 ^a	0,92±0,08 ^b
	15	4,66±0,01 ^c	6,52±0,12 ^a	1,78±0,09 ^b		0,06±0,02 ^a	0,32±0,03 ^a	1,35±0,04 ^c
	30	4,72±0,02 ^c	5,56±0,11 ^a	2,41 ±0,10 ^c	0,06±0,02	0,06±0,02 ^a	0,35±0,03 ^a	1,71±0,08 ^c
	180	4,97±0,04 ^c	4,61±0,29 ^a	4,19±0,09 ^c	0,47±0,08 ^b	0,06± 0,02 ^a	0,64±0,06 ^b	2,11±0,13 ^b
Baktériumos kontroll	3	4,63± 0,04 ^b	5,35±0,05 ^a	0,99±0,02 ^a	-	-	0,28±0,03 ^a	0,68±0,11 ^{ab}
	7	4,59±0,03 ^b	5,67±0,23 ^a	1,13±0,05 ^a	-	0,06± 0,02	0,28±0,03 ^a	0,84±0,08 ^b
	15	4,59±0,02 ^{ba}	6,30± 0,14 ^a	1,39±0,08 ^a	-	0,06± 0,00 ^a	0,28±0,00 ^{ab}	1,29±0,05 ^b
	30	4,65±0,01 ^b	6,21±0,14 ^a	1,85±0,08 ^b	ny	0,06± 0,00 ^a	0,32±0,03 ^a	1,85±0,02 ^b
	180	4,74±0,01 ^b	5,16±0,22 ^a	3,62±0,19 ^b	0,35±0,05 ^b	0,09±0,03 ^a	0,47±0,06 ^a	2,17±0,05 ^b
1,0% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	3	4,42±0,01 ^a	6,78±0,72 ^a	0,94±0,04 ^a	-	0,06± 0,02	0,32±0,00 ^b	0,57±0,03 ^a
	7	4,39±0,02 ^a	7,00±0,28 ^b	1,08±0,20 ^{ab}	ny	0,06± 0,00	0,35±0,03 ^b	0,64±0,01 ^a
	15	4,45±0,09 ^a	7,42±0,28 ^b	1,25±0,18 ^a	ny	0,06± 0,02 ^a	0,39±0,00 ^b	1,01±0,02 ^a
	30	4,34±0,03 ^a	7,06±0,19 ^c	1,03±0,07 ^a	ny	0,06±0,00 ^a	0,39±0,03 ^a	1,29±0,03 ^a
	180	4,29±0,02 ^a	7,99±0,24 ^b	2,05±0,08 ^a	0,06±0,02 ^a	0,09±0,03 ^a	0,41±0,03 ^a	1,88±0,04 ^a

ny=nyomokban

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

Az erjedés alatt felhasználódó szénhidrát mennyiségéről a 16. és 17. táblázat adatai tájékoztatnak. Megállapítható, hogy a rendelkezésre álló erjeszhető szénhidrát mennyiség döntő része, 80-85 %-a már az erjesztés első 3 napján felhasználódik. Az adatok azt is igazolják, 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 szilázsához képest valamelyest növekszik a maradék szénhidrát mennyiség a szilázsban, ami a szénhidrát hasznosítás kismértékű csökkenésére utal.

16. táblázat: A vízdható szénhidráttartalom alakulása az erjedés során fű silózasakor

Kezelés	Vízoldható szénhidráttartalom, g/kg eredeti anyagban						Lebontott vízdható szénhidrát a 180. napig	
	Erjedési nap						g	%
	0.	3.	7.	15.	30.	180.		
Kontroll	29,3	5,6	4,9	4,1	3,7	2,8	26,5	90,44
Baktériumos oltás	29,3	4,3	4,1	4,0	3,2	2,9	26,4	90,10
0,33% hidrolizált kukorica + Baktériumos oltás	31,3	4,4	4,2	4,0	3,3	3,0	28,3	90,41
0,66% hidrolizált kukorica + Baktériumos oltás	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

17. táblázat: A vízdható szénhidráttartalom alakulása az erjedés során lucerna silózasakor

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

Az erjedés során bekövetkező szárazanyag-, valamint energiaveszteségről a 18. táblázatban található adatok. Mint látható, már önmagában a baktériumos oltás is mérsékeli a veszteséget, amit az oltásnak hidrolizált kukorica kiegészítéssel történő kombinálása még tovább csökkent. 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 csökkenti a szárazanyag veszteséget. Az energiaveszteség csökkenése az előbbi sorrendben 4,53, illetve 5,06%, ami relatív értelemben 66,6, valamint 68,9%-os veszteségcsökkenést jelent.

18. táblázat: Szárazanyag- és energiaveszteség fű, valamint lucerna hidrolizált kukorica kiegészítéssel történő silózásakor

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

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. Erre a célra leggyakrabban a cukorgyártás melléktermékét, a répamelaszt használták fel, amelynek szárazanyaga mintegy 50%-ban tartalmaz szacharózt, valamint raffinózt, amely di- és triszacharidot a tejsavtermelő baktériumok fel tudják használni energiaforrásként szaporodásukhoz. Az elvégzett nagyszámú kísérlet azt igazolja, hogy a melasz kiegészítés növeli a szilázs tejsavtartalmát, csökkenti pH-ját és ecetsavtartalmát, gátolja a klosztridiumok működését, valamint a proteolízist és generálisan csökkenti a szilázsban a szerves anyag veszteséget (Ohyama és Inoue, 1968; Podkowka és Pauli, 1973). Melasz azonban napjainkban a cukorrépa termesztés nagymértékű visszaszorulása következtében nem áll ilyen célra rendelkezésre.

A közepesen és nehezen erjeszhető takarmányok erjedőképességének javítására korábban takarmány minőségű cukrot is felhasználtak. A zöldtakarmány féleségétől (fű, lucerna), valamint szárazanyag-tartalmától függően 10-15 g/kg zöldtakarmány mennyiségben javasolták adagolni (Weise, 1967; Gross, 1969; DeVuyst et al., 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) füveshere silózásakor kg-ként 10 g ^{14}C jelzett szacharóz adagolása esetén a cukor 20%-át CO_2 formájában, tehát veszteséggé találták meg. Egyes kísérletek eredményeiből (Ohyama et al., 1975; Jones et al., 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 szénhidrát készletének döntő hányadát a keményítő adja, erjeszhető 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 szénhidrátalapú biológiai tartósítószernek. Baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítés 31-32% szárazanyag-tartalmú fű esetében 0,66%-os mennyiségben, ugyanilyen szárazanyag-tartalomig fonnyasztott 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 energiavesztéseket.

A takarmányok természetes erjedőképességét azok szárazanyag-tartalma is befolyásolja. Ebből következően a takarmányok szárazanyag-tartalma azt is meghatározza, hogy adott szárazanyag-tartalmú zöldtakarmány jó eredménnyel történő silózásához mennyi tartósítószer kell felhasználni.

Ahhoz, hogy ezt az összefüggést az új tartósítószerre vonatkozóan is megállapítsuk, második kísérletsorozatunkban lucernával és fűvel további erjedésdinamikai vizsgálatokat végeztünk. Mind a lucerna, mind a fű esetében három eltérő szárazanyag-tartalmú zöldanyaggal végeztük el a kísérleteket és minden szárazanyag szinten 3 különböző (fokozatosan növekvő), baktériumkultúrát is tartalmazó hidrolizált kukorica dózissal egészítettük ki a zöldtakarmányt.

A fűvel végzett erjedésdinamikai kísérletek eredményeit a 19-21. táblázatban foglaltuk össze. A 19.a és 19.b táblázatokban a legrövidebb ideig fonnyasztott és ebből következően a legkisebb szárazanyag-tartalommal (23,3 %-kal) besilózott fű erjedési eredményei találhatók. Az eredmények azt bizonyítják, hogy ilyen kis szárazanyag-tartalmú fűből az alkalmazott kezelések közül egyedül csak a 1,5 % kombinált kiegészítéssel lehet jó minőségű erjesztett takarmányt előállítani. Kiegészítés nélkül már az erjesztés 30. napján másodlagos erjedési folyamatok indulnak be a szilázsban, amit a tejsavtartalom fokozatos csökkenése, a pH növekedése, valamint az n-vajsav megjelenése igazol. A baktériumkultúrával végzett oltás csak átmenetileg (az első két hétben) teszi kedvezőbbé az eredményeket. Az új tartósítószerrel növekvő mennyiségben végzett kiegészítés fokozatosan javítja a szilázs minőségét, de jó minőségű, stabil szilázst csak az 1,5 %-os kiegészítés eredményez, bár az adatok alapján az is látható, hogy az 1,0 % kombinált kezelés esetében a pH-érték stabilnak mondható, hiszen alig változott az erjedés folyamán, és a szilázs tejsav: ecetsav aránya is kedvezően alakult, ugyanis 83 %: 17 % volt. Az utolsó bontási nap alkalmával azonban az 1 % kiegészítéssel készült szilázs már jelentős, 0,3 % feletti n-vajsavat

tartalmazott. A *Goldzym* kiegészítés ebben a szárazanyag tartományban csak gyenge, lényegében a kontroll szilázssal azonos minőséget eredményezett.

A hosszabb ideig - 29,6 % szárazanyag-tartalom eléréséig - fonnyasztott fűvel végzett kísérlet eredményei a 20.a és 20.b táblázatokban találhatóak. Az adatok azt igazolják, hogy a mintegy 30,0 % szárazanyag-tartalmú fűből adalékanyag nélkül, vagy csak baktériumos oltással nem lehet jó minőségű szilázst előállítani. *Goldzym* biológiai tartósítószerrel az ilyen szárazanyag-tartalmú fűből is csak gyenge minőségű, instabil szilázs készíthető. A vele előállított szilázs minősége a baktériumos kontroll szilázssal azonosnak tekinthető, ami arra utal, hogy a *Goldzym* enzimek nem tudtak a fű nyersrostjából a tejsavtermelő baktériumok számára elegendő hasznosítható erjeszhető szénhidrátot előállítani. A szénhidrát kiegészítés nélkül és a 0,2 % tartósítószerrel készült szilázssok az erjedés 120. napján már 0,49-0,80 % n-vajsavat tartalmaznak, és az ammónia tartalmuk is szignifikánsan nagyobb a 0,6 és 1,0 % kiegészítéssel készült szilázssokénál.

Az új tartósítószerrel végzett kiegészítés a dózis növekedésével arányosan javította a szilázs minőségét. A 0,6 és az 1,0 %-os kiegészítéssel készült szilázs lényegében már stabil szilázsnak tekinthető, hiszen pH-ja még a 120. napon is 4,1 körül van, tejsavtartalma pedig meghaladja a 2 %-ot. Ebben a két utóbbi kezelésben a tejsav:ecetsav arány is nagyon kedvező: 86%:14%.

Amikor a fű szárazanyag-tartalmát hosszabb idejű fonnyasztással 33,7 %-ig növeltük (21.a és 21.b táblázat), már 0,4 % hidrolizált kukoricával kombinált kiegészítéssel is jó minőségű szilázst tudunk előállítani, amelynek pH-ja az erjedés folyamán végig stabil marad, és az erjesztés 120. napján is

2,6 % tejsavat és csak 0,33 % ecetsavat tartalmaz, a tejsav:ecetsav arány benne igen jó (89 %:11 %).

A 21.a és 21.b táblázatok adatai alapján az is megállapítható, hogy ilyen szárazanyag tartalom esetében, a vizsgált harmadik generációs biológiai tartósítószerrel is stabil szilázst tudunk előállítani. A Goldzym kiegészítés ebben a kísérletben kedvező tejsav: ecetsav arányt (89 %:11 %) eredményezett. Az adatok azonban azt is bizonyítják, hogy ebben az esetben a Goldzym kiegészítéssel készült szilázs minősége csak a baktériumos kontroll, illetve az 0,1 % szénhidrát kiegészítéssel készült szilázs minőségével volt azonos.

A zöldlucernával végzett erjedésdinamikai kísérletek eredményei a 22-24. táblázatban találhatóak. A minimális - néhány órás - fonnyasztás után 23,3% szárazanyag-tartalommal besilózott zöldlucernával végzett kísérlet eredményeit a 22.a és 22.b táblázatok tartalmazzák, amely adatokból arra lehet következtetni, hogy jó minőségű szilázst ilyen szárazanyag-tartalmú zöldlucernából csak 2,0-2,5% szénhidrát kiegészítéssel lehet készíteni. A kontroll, valamint a baktériumos kontroll szilázsok pH-értéke az erjesztés folyamán tendenciózusan 5,21-ről 5,73-ra, illetve 5,17-ről 5,50-re emelkedik, ami a szilázs tejsavtartalmának folyamatos csökkenésével (1,10 %-ról 0,47 %-ra, illetve 1,18 %-ról 0,55 %-ra) magyarázható. Ezzel egyidőben konzekvensen növekszik a szilázs NH₃-tartalma. Mindkét kontroll szilázsban már az erjesztés 60. napján megjelenik az n-vajsav, ami instabilitásra utal. Hasonló okokból nem kielégítő az 1,5 % szénhidrát kiegészítéssel készített szilázs minősége sem. Ugyanis a 7. napon mért kedvezőnek mondható pH érték 4,45-ről az erjedés 120. napjára 4,86-ra emelkedett, ugyanakkor ezzel

párhuzamosan a szilázs ecetsav-tartalma fokozatosan növekedett, a tejsavtartalomban viszont ettől eltérően csökkenő tendencia volt megfigyelhető. Nagyon gyenge minőségű volt a *Goldzimmel* készített szilázs, hiszen minőség tekintetében még a kontroll szilázsnál is kedvezőtlenebb az összetétele. Tejsavtartalma már az erjedés kezdetén is kisebb a kontroll szilázsénál és gyorsabban is csökken, mint a kontroll szilázs tejsavtartalma. Ecetsavtartalma 2,5-szöröse a tejsav tartalomnak, tejsav:ecetsav aránya nagyon rossz, 40 %:60 %. Már az erjesztés 60. napján. 0,30 % n-vajsavat tartalmaz. Ezekkel a kedvezőtlen eredményekkel ellentétben a 2,0 és 2,5%-os szénhidrát kiegészítéssel kombinált baktériumos oltással készített szilázsok minősége kedvezően alakult. A kiegészítések hatására már az erjedés 7. napján szignifikánsan alacsonyabb pH-értéket mértünk a két kontroll, illetve a *Goldzym* kiegészítéssel készült szilázsokéhoz képest, amely szignifikáns különbség az erjedés utolsó napjáig megmaradt. Mind a 2,0 %, mind pedig a 2,5 % hidrolizált kukorica kiegészítés esetében kedvezően alakult a szilázsok tejsav- és ecetsavtartalma is, ami kedvezőbb 56 %:44 %, illetve 58 %:42 % tejsav:ecetsav arányt eredményezett. Az ammóniatartalom esetében hasonlóan a többi paraméterhez ugyancsak szignifikáns különbség alakult ki a két nagyobb dózisu kombinált kiegészítés és a többi kezelés között.

A 32,5 % szárazanyag-tartalomig fonnyasztott lucerna silózásakor már kisebb tartósítószer adaggal is jó minőségű, stabil szilázst volt lehetséges készíteni. Ezt bizonyítják a 23.a és 23.b táblázatok adatai. Az adatok szerint ilyen szárazanyag-tartalom esetén már 1,0 % tartósítószer kiegészítés elegendőnek bizonyult a stabil szilázs előállításához. Az 1,0 % szénhidrát kiegészítéssel kombinált oltás hatására a szilázs tejsavtartalma az erjesztés

120. napján is 2,26 %, a tejsav:ecetsav arány benne 71 %: 29 %. Stabilitására jellemző, hogy pH-ja az erjesztés 7. és 120. napja között változatlan volt. Az adatok azt is bizonyítják, hogy az 1,0 % kombinált kiegészítéssel készült szilázs valamennyi paraméter tekintetében szignifikánsan kedvezőbbnek bizonyult a kontroll, baktériumos kontroll, illetve a harmadik generációs biológia tartósítószerrel készült szilázsokhoz képest. Az 1,5 %-os, illetve a 2,0 %-os kombinált kiegészítésekkel készült szilázsokról ugyanezek a megállapítások mondhatóak el.

A *Goldzym* biológiai tartósítószer segítségével még 32,3 % szárazanyag-tartalmú lucernából is csak lényegesen gyengébb minőségű szilázst lehetséges készíteni, mint a kifejlesztett tartósítószerrel. A *Goldzym* kiegészítéssel készült szilázs ugyan stabilnak tekinthető, hiszen a pH-ja az első és az utolsó bontási nap között szinte változatlan, valamint a tejsav:ecetsav aránya is közel megfelelő (60 %:40 %), azonban minősége csak a két kontroll szilázs minőségével tekinthető azonosnak.

A hosszabb ideig - másfél napig - fonnyasztott, 38,1 % szárazanyag-tartalmú zöldlucernából már 0,5 % új tartósítószerrel is stabil, kedvező tejsav:ecetsav arányú (70 %:30 %) szilázs készíthető (24.a és 24.b táblázat). A táblázat adatai alapján megállapíthatjuk, hogy az ilyen mértékben előfonnyasztott lucerna esetében kivétel nélkül, minden kezelés esetében stabil szilázst tudunk előállítani, továbbá a szilázsok tejsav:ecetsav aránya is kedvező 60 %: 40 % -nál tágabb, ami kedvező tulajdonság, hiszen a nagy ecetsavtartalom csökkenti a takarmányfelvételt. Az adatok alapján az is megállapítható, hogy a legjobb minőségű szilázsokat az oltással kombinált 0,5-1,0-1,5 % szénhidrát kiegészítéssel sikerült előállítani. Az adatok azt

bizonyítják, hogy mindhárom kombinált kiegészítés szignifikánsan alacsonyabb pH-értéket, kisebb ecetsav- és ammóniatartalmat, illetve szignifikánsan több tejsavat eredményezett a kontroll és a *Goldzym* kiegészítéssel készült szilázsokhoz képest.

19.a táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a fű erjedésére

(Száranyag:23,3%, nyersfehérje:27,07 g/kg sz.a. ,n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	i-valeriánsav	n-valeriánsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában								ny.fehérje%-ában
Kontroll	7	4,26±0,01 ^a	6,18±0,13 ^a	0,94±0,04 ^a	0,13±0,04 ^a	ny	-	-	-	0,77±0,13 ^a	1,03±0,02 ^a
	15	4,12±0,01 ^a	7,37±0,10 ^a	0,99±0,06 ^a	0,17±0,00 ^a	0,09±0,03	0,17±0,02	-	-	0,90±0,04 ^a	1,33±0,05 ^a
	30	4,17±0,03 ^a	7,24±0,35 ^a	0,82±0,09 ^a	0,21±0,00 ^a	0,09±0,02 ^a	1,07±0,28 ^a	-	-	1,07±0,04 ^a	1,33±0,05 ^a
	60	4,62±0,13 ^a	4,33±0,75 ^a	0,73±0,23 ^a	0,30±0,04 ^{ad}	0,09±0,00 ^a	3,22±0,82 ^a	0,09±0,04	-	0,99±0,09 ^a	1,57±0,05 ^{ac}
	120	5,16±0,10 ^{ab}	0,39±0,24 ^a	0,56±0,10 ^a	0,52±0,04 ^{ab}	0,09±0,03 ^a	5,36±0,20 ^a	0,34±0,09	0,52±0,10	0,99±0,04 ^a	4,60±0,67 ^a
Baktériumos kontroll	7	4,12±0,01 ^b	7,77±0,30 ^b	0,82±0,02 ^b	0,04±0,00 ^b	ny	-	-	-	0,56±0,00 ^a	0,91±0,03 ^b
	15	4,09±0,02 ^b	8,48±0,12 ^b	0,99±0,02 ^a	0,14±0,04 ^{ab}	0,04±0,01	0,09±0,04	-	-	0,52±0,09 ^a	1,40±0,04 ^a
	30	4,12±0,03 ^a	8,27±0,35 ^b	1,12±0,14 ^b	0,21±0,00 ^a	0,09±0,03 ^a	0,52±0,15 ^b	-	-	0,64±0,04 ^a	1,57±0,04 ^a
	60	4,53±0,23 ^{abc}	5,82±1,02 ^a	1,33±0,29 ^{abc}	0,21±0,04 ^{ab}	0,09±0,03 ^a	2,10±0,94 ^a	0,13±0,04	-	0,60±0,09 ^a	1,71±0,27 ^{abc}
	120	5,29±0,01 ^b	0,25±0,14 ^a	0,69±0,04 ^b	0,47±0,04 ^{ab}	0,13±0,05 ^a	5,32±0,07 ^a	0,47±0,10	0,56±0,12	0,69±0,04 ^a	5,10±0,24 ^b
0,5% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,04±0,01 ^c	8,22±0,09 ^c	0,82±0,03 ^{bc}	0,04±0,00 ^b	ny	-	-	-	0,60±0,04 ^a	0,79±0,04 ^c
	15	4,00±0,02 ^c	9,05±0,20 ^c	0,90±0,09 ^b	0,09±0,04 ^b	0,09±0,03	ny	-	-	0,64±0,04 ^a	1,07±0,02 ^b
	30	4,00±0,02 ^b	9,23±0,19 ^c	1,12±0,07 ^b	0,21±0,04 ^a	0,09±0,00 ^a	0,21±0,08 ^c	-	-	0,64±0,04 ^a	1,10±0,19 ^{bcd}
	60	4,13±0,03 ^b	8,41±0,48 ^b	1,42±0,07 ^c	0,52±0,00 ^b	0,13±0,05 ^a	0,77±0,21 ^b	-	-	0,69±0,13 ^a	1,42±0,07 ^a
	120	4,80±0,09 ^c	2,17±0,38 ^b	0,69±0,06 ^b	0,06±0,04 ^{ab}	0,13±0,03 ^a	4,38±0,27 ^b	0,30±0,08	0,43±0,10	0,86±0,04 ^a	3,14±0,28 ^c

19.b táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a fű erjedésére
(Száranyag:23,3%,nyersfehérje: 27,07 g/kg sz.a. , n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	i-valeriánsav	n-valeriánsav	alkohol	NH ₃
1,0 % hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	3,97±0,03 ^d	8,83±0,08 ^d	0,82±0,02 ^b	0,09±0,04 ^{ab}	0,04±0,02	-	-	-	0,64±0,09 ^a	0,73±0,04 ^d
	15	3,97±0,02 ^d	9,66±0,23 ^d	0,09±0,05 ^b	0,09±0,04 ^b	0,09±0,03	-	-	-	0,64±0,04 ^a	0,88±0,05 ^c
	30	3,97±0,02 ^b	9,87±0,06 ^d	1,03±0,03 ^{ab}	0,09±0,09 ^b	0,09±0,03 ^a	0,17±0,06 ^c	-	-	0,73±0,04 ^a	1,02±0,05 ^c
	60	4,04±0,04 ^c	9,65±0,40 ^c	1,37±0,11 ^{bc}	0,34±0,09 ^c	0,09±0,01 ^a	0,34±0,14 ^c	-	-	0,90±0,04 ^a	1,21±0,07 ^c
	120	4,02±0,02 ^d	9,66±0,41 ^c	1,59±0,19 ^c	0,64±0,13 ^b	0,09±0,03 ^a	1,46±0,40 ^c	ny	-	0,82±0,12 ^a	1,81±0,12 ^d
1,5% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	3,92±0,01 ^d	9,11±0,25 ^c	0,77±0,04 ^c	0,04±0,04 ^b	0,04±0,00	-	-	-	0,64±0,04 ^a	0,66±0,03 ^c
	15	3,93±0,01 ^e	10,13±0,15 ^c	0,82±0,02 ^c	0,09±0,04 ^b	0,09±0,03	-	-	-	0,82±0,04 ^a	0,79±0,05 ^d
	30	3,90±0,01 ^c	10,68±0,29 ^c	0,94±0,02 ^{ab}	0,09±0,04 ^b	0,09±0,03 ^a	0,04±0,02 ^d	-	-	0,77±0,04 ^a	0,82±0,05 ^d
	60	4,00±0,08 ^{bc}	11,22±0,02 ^d	1,50±0,04 ^c	0,21±0,09 ^{cd}	0,09±0,03 ^a	0,34±0,09 ^c	-	-	0,77±0,04 ^a	1,25±0,12 ^{ac}
	120	3,84±0,06 ^e	7,73±0,32 ^c	1,42±0,08 ^c	0,56±0,13 ^{ab}	0,09±0,03 ^a	0,77±0,15 ^c	0,09±0,03	ny	0,77±0,012 ^a	1,56±0,11 ^d
Goldzym	7	4,11±0,01 ^b	7,36±0,12 ^f	0,86±0,03 ^d	0,09±0,04 ^a	0,04±0,01	-	-	-	0,77±0,04 ^a	1,00±0,05 ^a
	15	4,13±0,02 ^a	8,36±0,15 ^b	0,99±0,02 ^a	0,13±0,04 ^{ab}	0,04±0,01	0,09±0,02	-	-	0,77±0,00 ^a	1,22±0,07 ^e
	30	4,11±0,04 ^a	8,36±0,30 ^b	1,03±0,03 ^b	0,21±0,04 ^a	0,09±0,03 ^a	0,47±0,06 ^b	-	-	0,90±0,09 ^a	1,38±0,10 ^{ab}
	60	4,59±0,15 ^a	4,71±0,72 ^a	1,12±0,12 ^{ab}	0,47±0,04 ^{ab}	0,13±0,03 ^a	3,00±0,57 ^a	ny	-	1,03±0,04 ^a	1,95±0,23 ^b
	120	5,21±0,02 ^a	0,17±0,04 ^a	0,82±0,05 ^d	0,99±0,21 ^{ac}	0,13±0,03 ^a	5,79±0,26 ^a	0,47±0,08	0,56±0,12	0,90±0,04 ^a	5,31±0,22 ^b

ny=nyomokban

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

20.a táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a fű erjedésére

(Száranyag:29,6%,nyersfehérje: 31,86 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	i-valeriánsav	n-valeriánsav	alkohol	NH ₃ ny.fehérje %-ában
			száranyag %-ában								
Kontroll	7	4,45±0,04 ^a	4,86±0,31 ^a	0,88±0,06 ^a	0,10±0,04 ^{ab}	0,10±0,03	ny	-	-	1,38±0,17 ^a	0,85±0,10 ^a
	15	4,36±0,04 ^a	5,68±0,17 ^a	0,74±0,16 ^{ab}	0,08±0,02 ^a	0,07±0,03	0,33±0,15	-	-	1,35±0,14 ^a	0,23±0,04 ^a
	30	4,59±0,06 ^a	4,29±0,40 ^a	0,17±0,03 ^a	0,15±0,03 ^a	ny	2,08±0,30	ny	-	1,59±0,17 ^a	1,61±0,04 ^a
	60	4,56±0,04 ^a	4,53±0,36 ^a	0,32±0,04 ^a	0,04±0,04 ^a	0,10±0,00 ^a	2,27±0,14 ^a	0,10±0,03	-	1,38±0,03 ^a	1,49±0,23 ^{ab}
	120	4,61±0,04 ^a	3,99±0,34 ^a	0,44±0,02 ^a	0,02±0,02 ^a	0,10±0,03 ^a	2,72±0,09 ^a	0,14±0,04	0,10±0,03	1,55±0,10 ^a	1,83±0,07 ^a
Baktériumos kontroll	7	4,17±0,04 ^{bc}	6,79±0,22 ^b	0,81±0,07 ^{ac}	0,12±0,02 ^a	-	-	-	-	0,84±0,14 ^b	0,81±0,15 ^{ab}
	15	4,16±0,02 ^b	7,47±0,22 ^b	0,74±0,03 ^{ab}	0,09±0,01 ^a	0,07±0,00	0,10±0,05	-	-	0,74±0,10 ^{bc}	1,24±0,03 ^{ac}
	30	4,16±0,02 ^{bc}	7,57±0,25 ^{bc}	0,78±0,11 ^{bc}	0,09±0,02 ^b	0,07±0,03	0,25±0,09	-	-	0,84±0,07 ^{bd}	1,42±0,09 ^b
	60	4,26±0,02 ^b	6,79±0,51 ^b	0,98±0,09 ^{bd}	0,02±0,02 ^b	0,10±0,03 ^a	0,75±0,23 ^b	-	-	0,84±0,07 ^b	1,49±0,05 ^a
	120	4,55±0,06 ^b	4,59±0,49 ^b	0,88±0,10 ^b	0,04±0,04 ^{ab}	0,14±0,05 ^a	2,06±0,27 ^b	0,10±0,03	0,08±0,02	1,11±0,14 ^b	2,18±0,13 ^b
0,2% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,14±0,02 ^c	6,96±0,25 ^{bc}	0,74±0,04 ^{bc}	0,11±0,01 ^{ab}	0,03±0,00	-	-	-	0,88±0,10 ^b	1,01±0,12 ^{ac}
	15	4,12±0,01 ^c	4,50±0,10 ^b	0,74±0,01 ^a	0,10±0,00 ^a	0,03±0,00	ny	-	-	0,78±0,03 ^{bc}	1,13±0,01 ^b
	30	4,13±0,02 ^b	7,97±0,13 ^c	0,84±0,15 ^c	0,12±0,02 ^a	0,07±0,03	0,22±0,07	-	-	0,91±0,10 ^{bc}	1,44±0,08 ^b
	60	4,25±0,03 ^b	7,06±0,26 ^b	0,91±0,04 ^b	0,02±0,02 ^{ab}	0,10±0,03 ^a	0,74±0,08 ^b	-	-	0,91±0,10 ^{bd}	1,39±0,05 ^a
	120	4,42±0,05 ^c	5,27±0,41 ^c	1,01±0,12 ^c	0,01±0,01 ^{bc}	0,07±0,03 ^a	1,67±0,22 ^b	0,08±0,03	ny	1,08±0,14 ^b	1,86±0,15 ^a

20.b táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a fű erjedésére

(Száranyag:29,6%, nyersfehérje: 31,86 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	i-valeriánsav	n-valeriánsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában								
0,6% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,08±0,03 ^d	7,23±0,13 ^{cd}	0,88±0,19 ^{ac}	0,11±0,03 ^{ab}	0,03±0,00	-	-	-	0,78±0,07 ^b	0,81±0,07 ^a
	15	4,06±0,03 ^d	7,91±0,32 ^{cd}	0,71±0,04 ^{ab}	0,10±0,02 ^a	0,03±0,01	-	-	-	0,71±0,03 ^c	0,94±0,02 ^d
	30	4,06±0,02 ^c	8,31±0,48 ^{bc}	0,88±0,03 ^{cd}	0,11±0,02 ^{ab}	0,07±0,03	0,14±0,06	-	-	0,78±0,07 ^d	1,15±0,05 ^d
	60	4,12±0,03 ^c	8,58±0,28 ^c	1,11±0,05 ^c	0,05±0,05 ^{ab}	0,07±0,03 ^a	0,25±0,09 ^c	-	-	0,64±0,17 ^c	1,22±0,05 ^b
	120	4,16±0,03 ^d	6,89±0,27 ^d	1,11±0,06 ^{cd}	0,02±0,01 ^c	0,10±0,03 ^a	0,83±0,20 ^c	ny	-	0,88±0,10 ^c	1,61±0,07 ^c
1,0% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,06±0,02 ^d	7,33±0,09 ^d	0,74±0,11 ^{ac}	0,08±0,02 ^b	0,03±0,00	-	-	-	0,78±0,03 ^b	0,77±0,03 ^a
	15	4,04±0,01 ^d	8,41±0,08 ^d	0,68±0,01 ^b	0,09±0,01 ^a	-	-	-	-	0,88±0,07 ^{bd}	0,86±0,03 ^d
	30	4,02±0,02 ^d	8,82±0,21 ^d	0,74±0,02 ^{cd}	0,11±0,02 ^{ab}	0,07±0,03	ny	-	-	0,91±0,07 ^b	0,98±0,06 ^d
	60	4,10±0,03 ^c	8,72±0,27 ^c	1,01±0,04 ^{cd}	0,02±0,02 ^b	0,07±0,00 ^a	0,42±0,10 ^c	-	-	0,84±0,10 ^b	1,22±0,06 ^b
	120	4,16±0,05 ^d	7,60±0,26 ^e	1,15±0,05 ^d	0,05±0,05 ^c	0,10±0,03 ^a	0,69±0,17 ^c	ny	-	1,11±0,14 ^b	1,61±0,10 ^c
Goldzym	7	4,20±0,01 ^b	6,28±0,09 ^e	0,71±0,05 ^{bc}	0,09±0,03 ^{ab}	-	-	-	-	0,91±0,14 ^b	1,11±0,02 ^{bc}
	15	4,19±0,02 ^b	6,96±0,17 ^e	0,71±0,04 ^{ab}	0,10±0,05 ^a	ny	ny	-	-	0,91±0,17 ^d	1,21±0,05 ^e
	30	4,17±0,01 ^e	7,47±0,17 ^e	0,74±0,02 ^d	0,09±0,02 ^b	0,07±0,03	0,18±0,07	-	-	1,01±0,07 ^c	1,47±0,02 ^b
	60	4,33±0,06 ^d	6,76±0,63 ^b	0,88±0,14 ^b	0,09±0,03 ^b	0,10±0,03 ^a	1,04±0,38 ^d	-	-	1,01±0,07 ^d	1,40±0,15 ^{ab}
	120	4,53±0,04 ^b	4,63±0,23 ^b	1,00±0,10 ^c	0,13±0,01 ^{ac}	0,14±0,03 ^a	2,01±0,17 ^b	0,08±0,03	ny	1,11±0,10 ^b	2,05±0,16 ^b

ny=nyomokban

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

21.a táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a fű erjedésére

(Száranyag:33,7%, nyersfehérje: 33,45 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában						ny.fehérje %-ában
Kontroll	7	4,48±0,05 ^a	3,50±0,31 ^a	0,47±0,06 ^{ab}	0,21±0,03 ^a	-	-	1,04±0,12 ^a	0,66±0,08 ^a
	15	4,37±0,04 ^a	4,48±0,23 ^a	0,37±0,03 ^a	0,21±0,02 ^a	-	0,65±0,12	1,16±0,06 ^a	0,95±0,05 ^a
	30	4,36±0,05 ^a	4,73±0,13 ^a	0,22±0,05 ^a	0,20±0,02 ^a	ny	1,27±0,22	1,25±0,09 ^a	0,89±0,08 ^a
	60	4,33±0,02 ^a	4,92±0,10 ^a	0,23±0,02 ^a	0,23±0,03 ^a	ny	1,66±0,23	1,51±0,30 ^a	0,92±0,17 ^{abc}
	120	4,26±0,04 ^a	5,36±0,28 ^a	0,54±0,11 ^a	0,21±0,02 ^a	0,06±0,03	1,69±0,19 ^a	1,10±0,03 ^a	1,37±0,13 ^a
Baktériumos kontroll	7	4,04±0,05 ^{bc}	6,85±0,18 ^b	0,42±0,04 ^{ab}	0,10±0,02 ^{bc}	-	-	0,59±0,03 ^b	0,40±0,03 ^b
	15	3,98±0,01 ^b	7,57±0,32 ^b	0,56±0,14 ^{bc}	0,12±0,04 ^b	-	-	0,68±0,09 ^b	0,61±0,05 ^b
	30	3,97±0,02 ^{bc}	7,79±0,22 ^{bc}	0,52±0,05 ^b	0,11±0,05 ^{bc}	ny	0,09±0,03	0,77±0,09 ^{bd}	0,54±0,07 ^b
	60	3,97±0,01 ^b	7,82±0,14 ^b	0,67±0,13 ^b	0,08±0,04 ^{bc}	ny	0,12±0,03	0,71±0,12 ^{bd}	0,59±0,12 ^{abcd}
	120	4,11±0,02 ^b	7,00±0,23 ^b	0,87±0,06 ^b	0,06±0,00 ^b	ny	0,74±0,12 ^{bd}	0,74±0,09 ^b	1,14±0,04 ^b
0,1% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,04±0,03 ^c	7,15±0,04 ^c	0,44±0,01 ^a	0,10±0,02 ^c	-	-	0,62±0,03 ^{bc}	0,38±0,02 ^b
	15	4,01±0,02 ^c	7,89±0,14 ^{bc}	0,47±0,02 ^{bc}	0,08±0,00 ^{bcd}	-	-	0,65±0,03 ^b	0,60±0,02 ^{bc}
	30	3,97±0,02 ^b	7,97±0,19 ^b	0,53±0,08 ^b	0,12±0,06 ^b	-	-	0,65±0,03 ^c	0,58±0,07 ^b
	60	3,99±0,01 ^b	7,97±0,24 ^{bc}	0,64±0,02 ^b	0,06±0,02 ^{bd}	-	0,09±0,03	0,74±0,03 ^c	0,81±0,02 ^b
	120	4,07±0,04 ^b	7,20±0,29 ^{bd}	0,93±0,05 ^{bc}	0,08±0,02 ^b	0,06±0,03	0,71±0,14 ^{bd}	0,59±0,03 ^c	0,95±0,15 ^c

21.b táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a fű erjedésére

(Száranyag:33,7%,nyersfehérje: 33,45 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	alkohol	NH ₃ ny.fehérje %-ában
			száranyag %-ában						
0,4% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,03±0,04 ^c	7,09±0,05 ^c	0,42±0,06 ^{ab}	0,10±0,02 ^c	-	-	0,65±0,09 ^{bcd}	0,31±0,03 ^c
	15	3,98±0,02 ^{cd}	7,92±0,05 ^c	0,49±0,02 ^b	0,09±0,01 ^{cd}	-	-	0,71±0,03 ^c	0,54±0,06 ^{cd}
	30	3,96±0,02 ^{bc}	7,88±0,13 ^{bc}	0,50±0,06 ^b	0,14±0,04 ^b	-	ny	0,71±0,03 ^{bc}	0,50±0,05 ^b
	60	3,98±0,01 ^b	8,13±0,10 ^c	0,58±0,03 ^b	0,10±0,03 ^c	-	0,12±0,03	0,71±0,06 ^{cd}	0,72±0,04 ^c
	120	3,98±0,02 ^c	7,73±0,20 ^c	0,97±0,05 ^c	0,07±0,01 ^b	0,06±0,03	0,33±0,12 ^{cd}	0,62±0,06 ^c	0,84±0,11 ^{cd}
0,7% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,03±0,03 ^c	7,27±0,16 ^c	0,39±0,01 ^{ab}	0,07±0,02 ^{cd}	-	-	0,68±0,03 ^c	0,32±0,04 ^c
	15	3,96±0,01 ^d	7,92±0,27 ^{bc}	0,45±0,02 ^c	0,11±0,03 ^{bd}	-	-	0,68±0,03 ^{bc}	0,50±0,03 ^d
	30	3,95±0,01 ^c	7,97±0,11 ^b	0,47±0,03 ^b	0,09±0,04 ^{bc}	-	-	0,71±0,03 ^{bc}	0,49±0,02 ^b
	60	3,97±0,01 ^c	8,16±0,19 ^c	0,48±0,07 ^b	0,11±0,02 ^c	ny	ny	0,62±0,06 ^c	0,52±0,06 ^d
	120	4,00±0,04 ^c	7,92±0,12 ^c	0,97±0,08 ^c	0,08±0,02 ^b	0,06±0,03	0,21±0,06 ^c	0,62±0,06 ^c	0,73±0,09 ^d
Goldzym	7	4,09±0,01 ^b	6,56±0,12 ^b	0,39±0,00 ^b	0,06±0,04 ^d	-	-	0,80±0,03 ^{ad}	0,39±0,05 ^b
	15	4,00±0,02 ^{bc}	7,66±0,20 ^{bc}	0,47±0,04 ^{bc}	0,08±0,03 ^d	-	-	0,86±0,12 ^d	0,71±0,02 ^e
	30	3,96±0,02 ^{bc}	7,69±0,14 ^c	0,51±0,05 ^b	0,06±0,02 ^c	ny	ny	0,86±0,09 ^d	0,84±0,11 ^a
	60	3,98±0,02 ^{bc}	7,83±0,24 ^b	0,59±0,01 ^b	0,04±0,01 ^d	ny	0,09±0,03	0,77±0,06 ^d	0,80±0,08 ^{abc}
	120	4,06±0,03 ^b	7,30±0,21 ^d	0,88±0,07 ^{bc}	0,04±0,01 ^c	0,09±0,03	0,59±0,15 ^d	0,77±0,03 ^b	0,90±0,14 ^c

ny: nyomokban

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

22.a táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a lucerna erjedésére

(Száranyag:23,3%, nyersfehérje: 43,19 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában						ny.fehérje %-ában
Kontroll	7	5,21±0,01 ^a	4,72±0,30 ^a	3,18±0,13 ^a	0,13±0,04 ^a	0,09±0,00	-	0,47±0,13 ^{ac}	1,90±0,09 ^a
	15	5,32±0,05 ^a	4,03±0,13 ^a	3,82±0,09 ^a	0,17±0,00 ^a	-	-	0,64±0,04 ^a	2,21±0,16 ^a
	30	5,44±0,03 ^a	3,78±0,13 ^a	4,25±0,04 ^a	0,21±0,00 ^a	-	-	0,86±0,04 ^a	2,44±0,06 ^a
	60	5,37±0,10 ^a	3,61±0,39 ^a	4,51±0,13 ^a	0,30±0,04 ^a	-	0,43±0,22	1,24±0,09 ^a	3,01±0,19 ^a
	120	5,73±0,10 ^a	2,02±0,64 ^a	4,29±0,17 ^a	0,52±0,04 ^a	±	1,67±0,56	1,33±0,04 ^a	3,19±0,08 ^a
Baktériumos kontroll	7	5,17±0,01 ^a	5,06±0,04 ^a	3,05±0,13 ^a	0,04±0,00 ^a	0,17±0,03	-	0,39±0,00 ^b	1,90±0,05 ^a
	15	5,23±0,03 ^b	4,72±0,13 ^b	3,65±0,13 ^b	0,17±0,04 ^a	0,09±0,03	-	0,52±0,09 ^b	2,35±0,07 ^a
	30	5,30±0,02 ^b	4,16±0,21 ^a	4,16±0,04 ^a	0,21±0,00 ^a	-	-	0,64±0,04 ^b	2,46±0,03 ^a
	60	5,20±0,05 ^b	4,46±0,47 ^a	4,59±0,13 ^a	0,21±0,04 ^a	-	0,13±0,08	0,98±0,09 ^b	2,97±0,09 ^a
	120	5,50±0,19 ^{ab}	2,36±0,64 ^a	4,29±0,04 ^{ac}	0,47±0,04 ^a	-	1,55±0,42	1,07±0,04 ^b	3,55±0,14 ^a
1,5% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,45±0,06 ^b	9,27±0,26 ^b	2,40±0,13 ^b	0,04±0,00 ^a	0,13±0,00	-	0,43±0,04 ^{abc}	1,20±0,07 ^b
	15	4,60±0,04 ^c	8,54±0,13 ^c	2,92±0,04 ^c	0,09±0,04 ^{ab}	0,13±0,04	-	0,47±0,04 ^b	1,55±0,06 ^b
	30	4,72±0,07 ^c	7,47±0,47 ^b	3,48±0,17 ^b	0,21±0,04 ^a	ny	-	0,47±0,04 ^c	1,62±0,11 ^b
	60	4,76±0,02 ^c	6,65±0,26 ^b	4,33±0,04 ^a	0,52±0,00 ^b	-	ny	0,82±0,13 ^b	1,58±0,13 ^b
	120	4,86±0,01 ^{bc}	5,88±0,34 ^b	4,94±0,13 ^{bc}	0,06±0,04 ^a	-	ny	0,69±0,04 ^c	2,66±0,05 ^b

22.b táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a lucerna erjedésére

(Száranyag:23,3%, nyersfehérje: 43,19 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	n-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában						ny.fehérje %-ában
2,0 % hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,31±0,06 ^b	9,66±0,13 ^b	1,85±0,13 ^c	0,09±0,04 ^a	0,13±0,00	-	0,43±0,09 ^{abc}	0,81±0,10 ^c
	15	4,44±0,04 ^d	9,83±0,47 ^d	2,36±0,04 ^d	0,09±0,04 ^b	0,13±0,00	-	0,43±0,41 ^c	1,27±0,07 ^c
	30	4,43±0,10 ^d	9,87±0,73 ^c	2,53±0,30 ^c	0,09±0,09 ^a	0,13±0,09	-	0,47±0,04 ^c	1,31±0,17 ^{bc}
	60	4,51±0,07 ^d	8,54±0,77 ^c	3,61±0,21 ^b	0,34±0,09 ^{ab}	0,17±0,09	-	0,60±0,13 ^c	1,37±0,17 ^c
2,5 % hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	120	4,74±0,10 ^{bc}	6,09±0,52 ^b	4,81±0,30 ^{abc}	0,64±0,13 ^a	-	-	0,77±0,04 ^c	2,28±0,22 ^{bc}
	7	4,23±0,02 ^b	10,13±0,17 ^c	1,76±0,09 ^c	0,04±0,04 ^a	0,13±0,00	-	0,43±0,04 ^{abc}	0,82±0,01 ^c
	15	4,23±0,04 ^e	10,73±0,26 ^e	2,10±0,04 ^e	0,09±0,04 ^b	0,13±0,00	-	0,47±0,04 ^b	0,98±0,05 ^d
	30	4,33±0,11 ^d	10,77±0,60 ^c	2,62±0,26 ^c	0,09±0,04 ^b	0,13±0,00	-	0,43±0,04 ^c	1,06±0,15 ^c
Goldzym	60	4,45±0,08 ^d	9,66±0,52 ^c	3,65±0,21 ^b	0,21±0,09 ^a	0,13±0,00	-	0,56±0,04 ^c	1,29±0,10 ^c
	120	4,70±0,06 ^c	6,74±0,52 ^b	4,85±0,30 ^c	0,56±0,13 ^a	-	-	0,73±0,13 ^c	2,22±0,11 ^c
	7	5,33±0,01 ^a	4,12±0,52 ^d	3,39±0,13 ^d	0,09±0,04 ^a	0,09±0,00	-	0,47±0,04 ^c	2,19±0,07 ^d
	15	5,48±0,02 ^f	3,69±0,39 ^f	4,16±0,13 ^f	0,13±0,04 ^{ab}	-	-	0,73±0,00 ^d	2,31±0,16 ^e
Goldzym	30	5,53±0,04 ^e	3,18±0,47 ^a	4,64±0,04 ^d	0,21±0,04 ^a	-	0,13±0,09	0,94±0,09 ^a	2,96±0,08 ^a
	60	5,65±0,08 ^e	1,89±0,13 ^d	4,68±0,17 ^a	0,47±0,04 ^b	-	1,33±0,17	1,24±0,04 ^a	2,96±0,10 ^a
	120	5,87±0,12 ^a	0,21±0,39 ^c	4,55±0,13 ^{abc}	0,99±0,21 ^a	0,09±0,04	3,56±0,37	1,20±0,04 ^{ab}	5,38±0,25 ^d

ny=nyomokban

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

23.a táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a lucerna erjedésére
(Száranyag:32,3%, nyerfehérje: 61,71 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában					
Kontroll	7	5,01±0,02 ^a	3,90±0,09 ^a	1,67±0,03 ^a	ny	0,12±0,03 ^a	0,34±0,03 ^a	0,98±0,08 ^a
	15	5,02±0,01 ^a	4,18±0,09 ^a	2,32±0,12 ^a	0,03±0,01	0,12±0,03 ^a	0,43±0,06 ^a	1,35±0,08 ^a
	30	5,03±0,02 ^a	4,40±0,06 ^a	2,85±0,06 ^a	0,06±0,03	0,12±0,03 ^a	0,40±0,03 ^a	1,40±0,19 ^a
	60	4,92±0,01 ^a	4,83±0,22 ^a	3,34±0,09 ^a	0,09±0,03	0,09±0,00	0,40±0,03 ^a	1,47±0,05 ^a
	120	4,92±0,02 ^{ab}	5,08±0,15 ^a	3,96±0,15 ^a	0,12±0,03	-	0,65±0,06 ^{ac}	2,37±0,10 ^a
Baktériumos kontroll	7	4,97±0,02 ^b	4,74±0,12 ^b	1,70±0,06 ^a	ny	0,12±0,03 ^a	0,28±0,00 ^b	0,92±0,07 ^a
	15	4,99±0,03 ^a	5,26±0,15 ^b	2,07±0,06 ^a	ny	0,12±0,03 ^a	0,31±0,00 ^{bc}	1,07±0,09 ^b
	30	5,05±0,02 ^a	4,95±0,19 ^b	2,79±0,12 ^a	ny	0,12±0,00 ^a	0,34±0,03 ^b	1,49±0,12 ^b
	60	4,96±0,02 ^a	5,05±0,09 ^a	3,31±0,06 ^{ab}	0,09±0,03	0,12±0,03	0,37±0,03 ^a	1,47±0,12 ^{ab}
	120	4,95±0,02 ^b	5,20±0,43 ^a	3,96±0,09 ^a	0,12±0,03	ny	0,46±0,09 ^{ab}	2,30±0,14 ^a
1,0% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,56±0,02 ^c	6,19±0,22 ^c	1,21±0,06 ^b	0,03±0,03	0,09±0,00 ^a	0,31±0,03 ^{ab}	0,71±0,07 ^b
	15	4,52±0,04 ^b	6,50±0,15 ^c	1,46±0,06 ^b	0,03±0,03	0,09±0,03 ^a	0,34±0,03 ^c	0,91±0,07 ^c
	30	4,57±0,04 ^b	6,63±0,19 ^c	1,80±0,09 ^b	0,03±0,03	0,09±0,03 ^a	0,37±0,00 ^{ab}	1,01±0,05 ^c
	60	4,62±0,06 ^b	6,69±0,09 ^b	2,63±0,12 ^c	-	0,09±0,03	0,37±0,03 ^a	1,10±0,07 ^c
	120	4,57±0,03 ^c	7,00±0,43 ^b	2,85±0,25 ^b	ny	0,12±0,03	0,43±0,03 ^b	1,37±0,16 ^b

23.b táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a lucerna erjedésére
(Száranyag:32,3%, nyervefehérje: 61,71 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában					
1,5% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,41±0,02 ^d	6,59±0,12 ^c	1,08±0,03 ^c	0,03±0,03	0,09±0,03 ^a	0,37±0,03 ^a	0,58±0,07 ^c
	15	4,39±0,03 ^c	6,87±0,22 ^{cd}	1,24±0,00 ^c	ny	0,09±0,03 ^a	0,37±0,03 ^{abc}	0,70±0,04 ^d
	30	4,38±0,01 ^c	7,37±0,12 ^d	1,46±0,06 ^c	ny	0,09±0,00 ^a	0,40±0,03 ^{ab}	0,74±0,03 ^d
	60	4,37±0,03 ^c	7,49±0,09 ^c	1,83±0,06 ^d	ny	-	0,65±0,03 ^b	0,73±0,07 ^d
	120	4,49±0,04 ^d	7,59±0,28 ^b	2,63±0,09 ^b			0,77±0,03 ^c	1,34±0,14 ^b
2,0% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,38±0,01 ^d	6,53±0,09 ^c	1,02±0,03 ^c	ny	0,09±0,00 ^a	0,50±0,00 ^c	0,50±0,06 ^c
	15	4,35±0,03 ^c	7,21±0,22 ^d	1,15±0,03 ^d	ny	0,09±0,00 ^a	0,40±0,03 ^{ac}	0,60±0,04 ^d
	30	4,30±0,02 ^d	7,96±0,19 ^e	1,24±0,03 ^d	ny	0,09±0,00 ^a	0,46±0,03 ^a	0,54±0,04 ^e
	60	4,30±0,01 ^d	7,83±0,22 ^c	1,64±0,06 ^d	-	-	0,68±0,03 ^b	0,52±0,01 ^e
	120	4,35±0,03 ^e	8,20±0,12 ^c	2,04±0,09 ^c			0,77±0,03 ^c	0,98±0,09 ^c
Goldzym	7	4,87±0,03 ^e	4,40±0,19 ^b	1,33±0,06 ^d	ny	0,09±0,03 ^a	0,40±0,06 ^{abc}	1,09±0,05 ^d
	15	4,89±0,03 ^d	4,83±0,19 ^b	1,80±0,06 ^e	ny	0,12±0,03 ^a	0,37±0,03 ^{abc}	1,24±0,11 ^e
	30	5,00±0,02 ^e	4,83±0,15 ^b	2,45±0,09 ^e	ny	0,09±0,03 ^a	0,46±0,03 ^a	1,46±0,16 ^f
	60	4,92±0,02 ^a	4,89±0,09 ^a	3,07±0,15 ^b	0,12±0,03	0,12±0,03	0,50±0,03 ^c	1,61±0,07 ^b
	120	4,88±0,01 ^a	5,20±0,22 ^a	3,56±0,12 ^d	0,12±0,00	0,09±0,03	0,65±0,06 ^{ac}	2,36±0,11 ^a

ny=nyomokban

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

24.a táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a lucerna erjedésére

(Száranyag:38,1%, nyersfehérje: 67,43 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában					
Kontroll	7	4,88±0,01 ^a	3,57±0,05 ^a	1,00±0,08 ^a	-	0,10±0,03	0,52±0,03 ^{ac}	0,83±0,10 ^a
	15	4,91±0,01 ^a	3,99±0,05 ^a	1,31±0,03 ^a	ny	0,08±0,00	0,63±0,05 ^a	1,18±0,16 ^a
	30	4,89±0,01 ^a	4,28±0,10 ^a	1,81±0,08 ^a	ny	-	0,76±0,03 ^a	1,43±0,12 ^a
	60	4,82±0,01 ^a	4,80±0,05 ^{ac}	2,39±0,05 ^a	ny	-	0,79±0,05 ^a	1,40±0,16 ^a
	120	4,88±0,01 ^a	5,09±0,13 ^a	2,83±0,10 ^a	ny		0,84±0,03 ^a	2,07±0,15 ^a
Baktériumos kontroll	7	4,82±0,01 ^b	3,91±0,10 ^b	0,94±0,00 ^a	ny	ny	0,47±0,03 ^{ad}	0,91±0,05 ^a
	15	4,78±0,03 ^b	4,30±0,08 ^b	1,13±0,03 ^b	ny	0,08±0,03	0,39±0,03 ^b	1,11±0,10 ^{ab}
	30	4,84±0,04 ^{ac}	4,59±0,10 ^b	1,47±0,10 ^b	ny	0,08±0,00	0,39±0,00 ^b	1,24±0,12 ^{bc}
	60	4,80±0,03 ^{ad}	4,80±0,08 ^{ac}	1,84±0,08 ^{bd}	-	0,10±0,03	0,45±0,05 ^b	1,32±0,06 ^a
	120	4,83±0,01 ^b	5,12±0,16 ^a	2,34±0,03 ^b		0,08±0,03	0,58±0,03 ^b	2,12±0,12 ^a
0,5% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,65±0,02 ^c	4,49±0,10 ^c	0,92±0,03 ^a	ny	-	0,68±0,03 ^b	0,91±0,06 ^a
	15	4,61±0,02 ^c	4,99±0,03 ^c	1,08±0,03 ^b	ny	0,08±0,03	0,45±0,03 ^c	0,92±0,12 ^{bc}
	30	4,65±0,02 ^b	5,20±0,05 ^c	1,36±0,03 ^b	ny	0,08±0,03	0,50±0,03 ^{cd}	1,16±0,06 ^c
	60	4,64±0,08 ^{abd}	5,38±0,24 ^{abc}	1,71±0,03 ^{bd}	ny	0,08±0,03	0,52±0,03 ^{bd}	1,01±0,10 ^b
	120	4,71±0,03 ^c	5,67±0,24 ^b	2,44±0,10 ^b		0,08±0,00	0,63±0,03 ^c	1,66±0,13 ^b

24.b táblázat: Hidrolizált kukoricával végzett kiegészítés hatása a lucerna erjedésére

(Száranyag:38,1%, nyersfehérje: 67,43 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában					
1,0% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,56±0,03 ^d	4,86±0,10 ^d	0,81±0,03 ^b	ny	0,08±0,03	0,58±0,03 ^c	0,62±0,12 ^b
	15	4,50±0,03 ^d	5,49±0,16 ^d	0,94±0,00 ^c	-	0,08±0,00	0,55±0,03 ^d	0,82±0,07 ^c
	30	4,49±0,02 ^c	5,70±0,26 ^{cd}	1,13±0,05 ^c	ny	0,08±0,03	0,55±0,05 ^c	1,01±0,07 ^d
	60	4,47±0,02 ^{bc}	5,98±0,16 ^b	1,42±0,03 ^c	ny	0,08±0,00	0,63±0,05 ^{cd}	0,88±0,11 ^{bc}
1,5% hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	120	4,53±0,04 ^d	6,35±0,13 ^c	1,99±0,08 ^c		0,08±0,03	0,81±0,03 ^a	1,36±0,12 ^c
	7	4,41±0,02 ^e	5,51±0,04 ^c	0,79±0,03 ^b	ny	0,08±0,00	0,50±0,03 ^{ad}	0,49±0,04 ^c
	15	4,45±0,05 ^d	5,64±0,13 ^d	0,87±0,03 ^d	ny	0,08±0,03	0,52±0,03 ^e	0,56±0,07 ^d
	30	4,39±0,04 ^d	6,27±0,16 ^d	1,00±0,03 ^d	ny	0,08±0,03	0,47±0,03 ^d	0,80±0,15 ^e
Goldzym	60	4,37±0,08 ^c	6,17±0,45 ^{abc}	1,26±0,16 ^{bc}	0,02	0,08±0,00	0,63±0,03 ^{acd}	0,71±0,17 ^c
	120	4,48±0,04 ^e	6,19±0,21 ^c	1,63±0,10 ^d		0,08±0,03	0,71±0,05 ^d	1,28±0,14 ^c
	7	4,79±0,01 ^f	3,99±0,13 ^b	0,92±0,05 ^a	ny	0,08±0,00	0,45±0,03 ^d	0,90±0,12 ^a
	15	4,76±0,03 ^b	4,51±0,08 ^e	1,10±0,05 ^b	ny	0,08±0,03	0,45±0,03 ^c	1,03±0,08 ^{abc}
Goldzym	30	4,79±0,03 ^e	4,70±0,08 ^b	1,50±0,03 ^b	-	0,08±0,03	0,47±0,00 ^d	1,30±0,07 ^{ab}
	60	4,77±0,01 ^d	4,86±0,03 ^c	2,07±0,13 ^d	-	0,08±0,00	0,60±0,03 ^d	1,33±0,11 ^a
	120	4,80±0,02 ^b	5,20±0,08 ^a	2,57±0,08 ^e	ny	0,08±0,00	0,71±0,05 ^d	2,12±0,06 ^a

ny=nyomokban

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

Mind a fűvel, mind pedig a lucernával végzett kísérletben mértük az erjedés során fellépő súlyvesztést, ami lényegében az erjedés folyamán bekövetkező légzési és erjedési veszteség összege. Az ezzel kapcsolatos adatok a 25. táblázatban találhatók meg. Ezekből egyértelműen kitűnik, hogy az új tartósítószer nemcsak a kontroll szilázshoz, hanem a *Goldzym*-mel készített szilázshoz viszonyítva is szignifikánsan csökkentette a légzési és erjedési veszteséget.

Az adatok alapján az is megállapítható, hogy a veszteség számszerűen a kontroll szilázsban sem volt nagymértékű. A számok értékelésekor azonban azt is figyelembe kell venni, hogy a modellsilókban optimális feltételeket lehet kialakítani (alapos tömörítés, légmentes lezárás, optimális hőmérsékleten - temperált helyiségben - történő tárolás). A gyakorlatban ezért a légzési és erjedési veszteség a silózás technikai feltételeitől, valamint a munka gondosságától függően a modellsilóban mért értékhez képest akár többszörös is lehet.

25. táblázat: A légzési és erjedési veszteség alakulása fű és lucerna eltérő szárazanyag- tartalommal, valamint különböző tartósítószerrel történő silózásakor

Fű		Lucerna	
Szárazanyag és kezelés	Súlyvesztesség %	Szárazanyag és kezelés	Súlyvesztesség %
Szárazanyag: 23,3 %		Szárazanyag: 23,3 %	
Kontroll	1,90±0,106 ^a	Kontroll	1,94±0,146 ^a
Baktériumos kontroll	2,03±0,172 ^{aA}	Baktériumos kontroll	1,82±0,208 ^{aA}
0,5% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,56±0,072 ^{bb2}	1,5 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,46±0,023 ^{bb2}
1,0% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,94±0,030 ^{bb2}	2,0 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,30±0,134 ^{bb2}
1,5% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,85±0,080 ^{bb2}	2,5 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,37±0,079 ^{bb2}
Goldzym	1,89±0,046 ^{aA1}	Goldzym	2,33±0,118 ^{bb1}
Szárazanyag: 29,6 %		Szárazanyag: 32,3 %	
Kontroll	1,66±0,042 ^a	Kontroll	1,32±0,069 ^a
Baktériumos kontroll	1,34±0,088 ^{ba}	Baktériumos kontroll	1,33±0,019 ^{aA}
0,2% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,22±0,066 ^{bb2}	1,0 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,98±0,088 ^{bb2}
0,6% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,00±0,052 ^{bb2}	1,5 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,90±0,027 ^{bb2}
1,0% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,00±0,065 ^{bb2}	2,0 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,80±0,025 ^{bb2}
Goldzym	1,33±0,047 ^{ba1}	Goldzym	1,23±0,040 ^{bb1}
Szárazanyag: 33,7 %		Szárazanyag: 38,1 %	
Kontroll	1,53±0,036 ^a	Kontroll	1,24±0,040 ^a
Baktériumos kontroll	0,94±0,072 ^{ba}	Baktériumos kontroll	1,01±0,015 ^{aA}
0,1% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,89±0,030 ^{ba1}	0,5 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	1,07±0,042 ^{bb1}
0,4% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,80±0,060 ^{bb2}	1,0 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,92±0,029 ^{bb2}
0,7% hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,79±0,120 ^{bb1}	1,5 % hidrolizált kukorica + bakt. oltás	0,78±0,035 ^{bb2}
Goldzym	0,91±0,063 ^{ba1}	Goldzym	1,13±0,043 ^{bb1}

A, a, 1: A különböző kis-, illetve nagybetűvel, valamint különböző számmal jelölt értékek azonos szárazanyagon belül függőlegesen szignifikáns mértékben (min. P<0,05) különböznek egymástól.

A mikrobiológiai vizsgálatok előzőekben már ismertetett eredményei azt igazolták, hogy a kifejlesztett tartósítószer oltókultúrájának mikrobái a ricotta savó laktózát a glükóznál is kedvezőbben hasznosítják, ezért annak vizsgálatára, hogy a hidrolizált kukorica és a savó keverékével milyen minőségű szilázs állítható elő, lucernával erjedésdinamikai vizsgálatokat végeztünk. A hidrolizált kukorica-ricotta savó keverékkel végzett erjedésdinamikai kísérlet eredményeit a 26. táblázatban foglaltuk össze. A kísérletet enyhén - 28,3 % szárazanyag-tartalomig – előfonnyasztott zöldlucernával végeztük. A kísérleti eredmények az előzőekben ismertetett eredményekkel megegyezően azt igazolták, hogy 1 % hidrolizált kukorica kiegészítéssel és baktériumos oltással a kontroll szilázshoz képest minden lényeges paraméter (pH, tejsav-, ecetsav-, NH₃-tartalom) tekintetében szignifikánsan jobb minőségű szilázst lehet előállítani. A kísérleti szilázs tejsavtartalma a besilózást követő négy hónap után is relatíve 26,3 %-kal nagyobb, NH₃-tartalma 14,1 %-kal kisebb volt a kontroll szilázs tejsav-, illetve NH₃-tartalmánál. Mindezek eredményeként a kísérleti szilázs pH-értéke a silózást követő 120. napon is alacsonyabb volt a kontroll szilázsénál. A hidrolizált kukorica kiegészítéssel készült szilázs tejsav-ecetsav aránya is kedvezőbb a kontroll szilázsénál. Az említett arány ugyanis a kísérleti szilázsban az erjesztés 60. napján 69,5 % : 30,5 %, míg a kontroll szilázsban ugyanezek az értékek 62,3 % : 37,7 %.

Amikor a hidrolizált kukorica redukáló cukortartalmának 17 %-át a ricotta savó laktózával helyettesítjük, a szilázs minősége a csak hidrolizált kukorica kiegészítéssel készített szilázshoz képest valamennyi paraméter tekintetében gyakorlatilag változatlan maradt. Ez azt jelenti, hogy a laktózt

mind a zöldlucerna epifita flórájának tejsavtermelő baktériumai, mind a készítmény oltókultúrájának tejsavtermelői jól, a hidrolizált kukorica redukáló cukorjával megegyező mértékben hasznosították.

A kísérletben egy kezelést pozitív kontrollként, egy a gyakorlatban forgalomban levő harmadik generációs biológiai tartósítószerrel (*Lalsil PS*) silóztunk be. Mint az eredményekből látható, a *Lalsil PS*-el készült szilázs minősége egyetlen paraméter tekintetében sem érte el még a kontroll szilázs minőségét sem. Ez feltehetően arra vezethető vissza, hogy modell silók tárolására szolgáló temperált helység hőmérséklete (25 ± 1 °C) nem érte el a *Lalsil PS*-ben levő nyersrostbontó enzimek hatékony működéséhez szükséges hőmérsékletet. Az erjedésdinamikai kísérletben a *Lalsil PS*-el szerzett rossz tapasztalataink egybecsengenek a később ismertetendő egyik üzemi silózási kísérletünk eredményeivel.

A nagyobb méretű (100 l) modellsilókban végzett kísérlet eredményeit a 27. táblázatban tüntettük fel. Ebben a kísérletben ugyancsak enyhén előfonnyasztott, 28,7% szárazanyag-tartalmú zöldlucernát silóztunk. A kísérletben azt is vizsgálni kívántuk, hogy milyen hatással van az erjedésre, ha a szénhidrátalapú tartósítószer mennyiségét csökkentjük. Az eredmények azt igazolják, hogy szénhidrát kiegészítés még 0,5 %-os dózis esetében is egyértelműen jobb minőséget eredményezett mind a kontroll szilázs, mind pedig a *Lalsil PS* kiegészítéssel készített szilázs minőségénél, amit a kísérleti szilázs nagyobb tejsavtartalma, kedvezőbb tejsav: ecetsav aránya (86%: 14%), továbbá kisebb NH_3 -tartalma igazol. A *Lalsil PS* kiegészítéssel készült szilázs minősége ebben a kísérletben sem volt kedvezőbb a kontroll szilázsénál.

26. táblázat: Hidrolizált kukorica és ricotta savó keverékével végzett kombinált kiegészítés hatása a lucerna erjedésére

(Száranyag-tartalom: 28,3%, nyersfehérje: 59,72 g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	száranyag %-ában			alkohol	NH ₃ ny.fehérje %-ában
					propionsav	i-vajsav			
Kontroll	7	5,06±0,04 ^a	5,09±0,18 ^a	2,23±0,10 ^a	0,07±0,02 ^a	0,14±0,02 ^a	0,42±0,18 ^a	1,15±0,14 ^{ab}	
	15	5,02±0,03 ^a	5,23±0,16 ^a	2,72±0,07 ^a	0,07±0,02 ^a	0,14±0,02 ^a	0,53±0,07 ^a	1,58±0,07 ^a	
	30	5,02±0,02 ^a	5,69±0,09 ^a	3,11±0,12 ^a	0,11±0,02 ^a	0,11±0,03 ^a	0,60±0,07 ^a	1,48±0,08 ^{ac}	
	60	4,95±0,01 ^a	5,72±0,07 ^a	3,46±0,03 ^a	0,14±0,04 ^a	0,04±0,02 ^a	0,71±0,07 ^a	2,17±0,12 ^{ac}	
	120	5,11±0,03 ^a	5,37±0,18 ^a	3,92±0,09 ^a	0,21±0,02 ^{ab}	ny	0,88±0,11 ^a	2,94±0,12 ^a	
1,0 % hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	7	4,67±0,05 ^b	6,08±0,35 ^b	1,77±0,18 ^b	0,07±0,03 ^a	0,11±0,01 ^a	0,39±0,07 ^a	1,02±0,07 ^a	
	15	4,66±0,11 ^b	6,78±0,58 ^b	2,01±0,20 ^b	0,11±0,02 ^{ab}	0,11±0,01 ^a	0,35±0,28 ^{bc}	1,27±0,13 ^{bc}	
	30	4,74±0,06 ^b	6,86±0,27 ^b	2,61±0,11 ^{bc}	0,11±0,02 ^a	0,07±0,02 ^a	0,49±0,07 ^{bc}	1,43±0,12 ^a	
	60	4,74±0,03 ^b	7,24±0,13 ^b	3,18±0,03 ^b	0,18±0,02 ^a	0,04±0,02 ^a	0,64±0,07 ^b	2,10±0,10 ^a	
	120	4,90±0,06 ^b	6,78±0,20 ^b	3,99±0,13 ^{ab}	0,25±0,07 ^a	ny	0,78±0,25 ^a	2,53±0,13 ^b	
0,83 % hidrolizált kukorica + ricotta savó + baktériumos oltás	7	4,69±0,04 ^b	6,33±0,20 ^b	1,70±0,05 ^b	0,04±0,02 ^a	0,11±0,00 ^a	0,39±0,14 ^a	0,91±0,03 ^a	
	15	4,75±0,09 ^b	6,22±0,30 ^c	2,05±0,14 ^b	0,11±0,03 ^{ab}	0,11±0,01 ^a	0,42±0,07 ^b	1,25±0,17 ^{abc}	
	30	4,75±0,05 ^b	6,82±0,26 ^b	2,54±0,05 ^b	0,11±0,02 ^a	0,11±0,02 ^a	0,53±0,07 ^c	1,38±0,05 ^a	
	60	4,76±0,06 ^b	6,75±0,37 ^{bd}	3,25±0,09 ^b	0,18±0,02 ^a	0,07±0,02 ^a	0,71±0,25 ^{abc}	2,06±0,19 ^a	
	120	4,94±0,04 ^b	6,61±0,21 ^b	4,10±0,08 ^b	0,25±0,06 ^a	ny	0,78±0,28 ^a	2,61±0,13 ^b	
Lalsil PS	7	5,10±0,06 ^a	4,52±0,28 ^c	2,19±0,08 ^a	0,07±0,02 ^a	0,11±0,01 ^a	0,39±0,07 ^a	1,29±0,03 ^b	
	15	5,13±0,02 ^c	4,42±0,10 ^d	2,69±0,11 ^a	0,11±0,02 ^{ab}	0,11±0,00 ^a	0,46±0,07 ^c	1,52±0,07 ^{ab}	
	30	5,12±0,04 ^c	4,77±0,13 ^c	3,07±0,06 ^a	0,11±0,02 ^a	0,07±0,02 ^a	0,53±0,11 ^{cd}	1,91±0,10 ^b	
	60	5,14±0,06 ^c	4,77±0,10 ^c	3,78±0,14 ^c	0,18±0,04 ^a	0,04±0,02 ^a	0,78±0,02 ^c	2,73±0,09 ^b	
	120	5,23±0,04 ^c	4,59±0,10 ^c	4,31±0,15 ^c	0,21±0,02 ^{ab}	-	1,06±0,28 ^b	3,06±0,14 ^a	

ny=nyomokban

a,b,c,d: A különböző betűvel jelölt értékek függőlegesen, bontási naponként szignifikánsan (min. P<0,05) eltérnek egymástól

Amikor a hidrolizált kukorica redukáló cukortartalmának mintegy 17%-át a ricotta savó tejcukorjával helyettesítettük, az erjedésdinamikai kísérlet eredményeivel megegyezően a szilázs minősége a csak hidrolizált kukoricával kombinált baktériumos oltással készített szilázs minőségével azonosnak tekinthető, hiszen nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a 0,5% kombinált kiegészítéshez hasonlítva egyik paraméter tekintetében sem, ami a savó szénhidrátjának kedvező hasznosítását igazolja. A ricotta savó szignifikánsan alacsonyabb pH-t, és szignifikánsan több tejsavat eredményezett a kontroll és a *Lalsil PS* kiegészítéssel készült szilázsokhoz képest.

27. táblázat: Hidrolizált kukoricával és ricotta savóval végzett kiegészítés hatása a zöldlucerna erjedésére

(Száranyag: 28,7 %, nyersfehérje: 70,50 g/kg sz.a., n=5)

kezelés	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
		száranyag %-ában					ny.fehérje %-ában
Kontroll	4,79±0,0 ^a	8,39±0,66 ^a	1,60±0,14 ^{ab}	0,17±0,03 ^a	0,14±0,04 ^a	1,36±0,21 ^a	1,54±0,31 ^a
0,5 % hidrolizált kukorica	4,61±0,04 ^b	9,12±0,56 ^b	1,46±0,03 ^a	0,17±0,03 ^a	0,14±0,03 ^a	1,36±0,07 ^a	1,28±0,18 ^a
0,41 % hidrolizált kukorica + ricotta savó	4,70±0,04 ^b	9,19±0,31 ^b	1,67±0,10 ^{ab}	0,17±0,03 ^{ab}	0,14±0,03 ^a	1,32±0,07 ^a	1,37±0,29 ^a
Lalsil PS 10 g/tonna	4,83±0,06 ^a	8,25±0,17 ^a	1,77±0,03 ^b	0,21±0,03 ^b	0,14±0,01 ^a	1,74±0,04 ^a	1,42±0,15 ^a

a,b,c: A különböző betűvel jelölt értékek függőlegesen minimum P<0,05 szinten szignifikánsan különböznek egymástól.

A különböző szárazanyag-tartalmú lucernával, valamint fűvel végzett erjedési modellkísérletek (19-24. táblázat), továbbá a hidrolizált kukorica+ ricotta savó keverékkel lefolytatott kísérletek eredményei (26-27. táblázat) alapján megállapítható az a silózandó zöldtakarmány szárazanyag-tartalmától függő tartósítószer mennyiség, amellyel jó minőségű szilázst lehet előállítani.

A kísérleti eredmények azt igazolják, hogy 30 %-nál kisebb szárazanyag-tartalmú fűből és lucernából csak nagyobb mennyiségű (1,2 illetve 2,0 %) tartósítószer felhasználásával készíthető jó minőségű silózott takarmány, amely dózisok viszont már aránytalanul megnövelik a tartósítás költségeit. További hátránya a 30 %-nál kisebb szárazanyag-tartalommal történő silózásnak, hogy ilyenkor táplálóanyag veszteséget okozó lécsurgással kell számolni, továbbá megnövekszik a szilázs ecetsavhányada is. A túlfonnyasztás a nagy légzési veszteség, valamint tömörítési nehézségek miatt ugyancsak kerülendő. A tartósítószer mennyiségének megállapításakor arra is tekintettel voltunk, hogy a ricotta savónak a kukorica hidrolízisekor történő felhasználása lehetővé teszi a hidrolizált kukorica dózisának mintegy 17-18 %-kal történő csökkentését. Mindezeket figyelembe véve a különböző szárazanyag-tartalmú lucerna, illetve fű silózásakor a következő tartósítószer mennyiség javasolható:

<i>Lucerna</i>		<i>Fű</i>	
Szárazanyag	Tartósítószer	Szárazanyag	Tartósítószer
<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
30-34	1,0	30-33	0,6
35-40	0,5	34-37	0,1-0,4

Egy további modellkísérlet keretében a kifejlesztett szénhidrát alapú biológiai tartósítószer 30% szárazanyag-tartalomig fonnyasztott lucerna esetében több kereskedelmi forgalomban is kapható enzimetartalmú adalékanyaggal (*Goldzym*, *Bactozym*, *Lalsil PS*) is összehasonlítottuk. Az erjedésdinamikai kísérlet eredményeit a 28.a és 28.b táblázatok tartalmazzák. Ezek alapján megállapítható, hogy az erjedés a vizsgált biológiai tartósítószeres esetében a kontroll szilázshoz hasonlóan lassan indult be és az erjedés egész ideje alatt vontatottan haladt előre. Ezt igazolja, hogy a pH az erjesztés 120 napja alatt csak egy vizsgált készítmény, a *Bactozym* esetében süllyed kismértékben 5,0 alá. Az erjesztés sikere, illetve az erjedési veszteség szempontjából meghatározó első napokban a pH mind a kontroll szilázsból, mind pedig a harmadik generációs biológiai tartósítószeresekkel készült kezelésekben a gyors csökkenés helyett enyhén növekedett, vagy legfeljebb stagnált. Ezt elsősorban a tejsavtermelés lassú beindulása magyarázza, ami viszont alapvetően a tejsavtermelő baktériumok nem kielégítő erjeszthető szénhidrát ellátására vezethető vissza. Ez utóbbi feltételezést igazolja, hogy amikor a lucernát a baktériumos oltás mellett 1% hidrolizált kukoricával egészítettük ki, a szilázs az erjesztés 3. napján 49, a 7. napon 57%-kal több tejsavat tartalmazott a kontroll szilázshoz képest. A vizsgált harmadik generációs biológiai tartósítószeres átlagához képest a tejsav többlet az említett két napon átlagosan 72, illetve 73% volt. A különbség az erjesztés további szakaszában a szénhidrát kiegészítéssel készült szilázs, valamint a többi kezelés tejsavtartalma között ugyan mérséklődött, a többlet azonban még a 120. napon is 19,8 (*Bactozym*) és 55,2% (*Lalsil PS*) között alakult. A tejsavtartalomban kialakult jelentős különbségeket a biometriai elemzés során

szignifikánsnak találtuk. A szénhidrát kiegészítéssel készült sziláznak nagyobb tejsavtartalma következtében a pH-ja is alacsonyabb volt a többi kezeléshez képest. A tejsavtartalomhoz hasonlóan ezek a különbségek is szignifikánsak voltak.

A hidrozilált kukorica kiegészítés nemcsak a tejsav-, hanem a szilázs ecetsavtartalma tekintetében is jobb minőséget eredményezett, ami az ecetsavtartalom csökkenésében nyilvánult meg. A szénhidrát kiegészítés a többi kezeléshez képest az erjesztés teljes időszaka alatt szignifikánsan csökkentette a szilázs ecetsavtartalmát. A szilázsfogyasztást befolyásoló tejsav-ecetsav arány az egyes kezeléseknél a következő volt:

	Tejsav részarány, %	Ecetsav részarány, %
Kontroll	49,6	50,4
1,0 % hidrolizált kukorica+baktériumos oltás	60,8	39,2
Goldzym	50,6	49,4
Baktozym	52,1	47,9
Lalsil PS	46,7	53,3

A szilázs propionsavtartalmát illetően nem alakultak ki jellemző különbségek az egyes kezeléseknél között. Ez arra utal, hogy az általunk felhasznált oltókultúrában található propionsavtermelő baktériumfaj (*Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii*) nem szaporodott kielégítő mértékben.

28.a táblázat: A különböző biológiai adalékanyagok hatása a lucerna erjedésére

(Száranyag: 30,0%, nyersfehérje: 56,22g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
Kontroll	3	5,29±0,04 ^b	3,03±0,23 ^b	2,00±0,13 ^b	ny	0,13±0,00 ^b	0,50±0,00 ^{abc}	0,68±0,05 ^{bc}
	7	5,31±0,04 ^{bc}	3,10±0,23 ^b	2,63±0,17 ^b	ny	0,13±0,00 ^b	0,53±0,03 ^{ab}	1,36±0,12 ^b
	15	5,20±0,02 ^b	3,67±0,10 ^b	3,03±0,10 ^b	0,10±0,07	0,13±0,00 ^a	0,70±0,03 ^{bd}	2,03±0,08 ^b
	30	5,13±0,03 ^b	3,50±0,20 ^{ab}	3,47±0,23 ^b	0,13±0,03 ^a	0,07±0,03 ^a	0,80±0,07 ^b	2,23±0,10 ^b
	130	5,03±0,02 ^b	4,13±0,07 ^b	4,20±0,07 ^b	0,20±0,00 ^{ab}	-	1,23±0,10 ^b	3,26±0,04 ^b
1,0 % hidrolizált kukorica kiegészítés + baktériumos oltás	3	4,78±0,11 ^a	4,27±0,37 ^c	1,53±0,13 ^a	-	0,10±0,00 ^a	0,57±0,03 ^b	0,51±0,10 ^a
	7	4,83±0,04 ^a	4,87±0,20 ^c	1,93±0,03 ^a	-	0,10±0,00 ^a	0,57±0,07 ^{ab}	0,91±0,06 ^a
	15	4,83±0,03 ^a	5,30±0,10 ^c	2,53±0,03 ^a	ny	0,13±0,00 ^a	0,57±0,03 ^a	1,61±0,15 ^a
	30	4,77±0,03 ^a	5,40±0,10 ^d	2,90±0,07 ^a	0,07±0,03 ^a	0,10±0,00 ^a	0,67±0,03 ^a	1,76±0,08 ^a
	130	4,81±0,02 ^a	5,43±0,07 ^c	3,83±0,07 ^a	0,27±0,03 ^b	-	0,77±0,10 ^a	2,73±0,11 ^a
Goldzym	3	5,29±0,04 ^b	2,60±0,33 ^{ab}	1,80±0,27 ^{bc}	-	0,10±0,00 ^{ab}	0,47±0,07 ^a	0,76±0,09 ^b
	7	5,28±0,03 ^b	3,13±0,10 ^b	2,20±0,03 ^c	-	0,13±0,03 ^{ab}	0,50±0,03 ^a	1,17±0,04 ^c
	15	5,17±0,01 ^b	3,63±0,20 ^b	2,83±0,07 ^b	0,07±0,03	0,10±0,00 ^a	0,60±0,03 ^{ac}	2,20±0,10 ^c
	30	5,10±0,01 ^c	3,80±0,17 ^{bc}	3,40±0,13 ^{bc}	0,13±0,00 ^a	0,10±0,03 ^a	0,70±0,03 ^a	2,16±0,20 ^{ab}
	130	5,03±0,02 ^b	4,17±0,17 ^b	4,07±0,10 ^c	0,20±0,03 ^a	-	1,03±0,03 ^c	3,46±0,16 ^b

28.b táblázat: A különböző biológiai adalékanyagok hatása a lucerna erjedésére

(Száranyag: 30,0%, nyersfehérje: 56,22g/kg sz.a., n=5)

kezelések	erjedési nap	pH	tejsav	ecetsav	propionsav	i-vajsav	alkohol	NH ₃
			száranyag %-ában					ny.fehérje %-ában
Bactozym	3	5,21±0,02 ^c	2,90±0,13 ^b	1,87±0,10 ^b	-	0,10±0,03 ^{ab}	0,50±0,03 ^{ac}	0,60±0,15 ^{ac}
	7	5,34±0,05 ^c	3,23±0,17 ^b	2,53±0,10 ^b	ny	0,13±0,00 ^b	0,53±0,03 ^{ab}	1,14±0,12 ^c
	15	5,19±0,02 ^b	3,70±0,13 ^b	2,97±0,10 ^b	0,03±0,03	0,13±0,00 ^a	0,63±0,03 ^{cd}	1,81±0,09 ^d
	30	5,05±0,02 ^d	3,87±0,07 ^c	3,23±0,07 ^{cd}	0,07±0,03 ^a	0,13±0,01 ^{ab}	0,80±0,07 ^a	2,11±0,04 ^b
	130	4,94±0,02 ^c	4,53±0,30 ^b	4,17±0,10 ^b	0,20±0,00 ^{ab}	-	1,10±0,03 ^c	3,34±0,07 ^b
Lalsil PS	3	5,33±0,04 ^b	2,30±0,13 ^a	1,63±0,17 ^{ac}	-	0,13±0,03 ^{ab}	0,53±0,07 ^{bc}	0,55±0,02 ^a
	7	5,50±0,06 ^d	2,57±0,20 ^a	2,27±0,13 ^c	ny	0,13±0,00 ^b	0,57±0,03 ^b	1,18±0,11 ^c
	15	5,30±0,01 ^c	3,07±0,07 ^a	2,87±0,07 ^b	ny	0,13±0,00 ^a	0,67±0,03 ^d	2,09±0,03 ^c
	30	5,16±0,01 ^e	3,20±0,10 ^a	3,20±0,07 ^d	0,10±0,00 ^a	0,13±0,00 ^b	0,80±0,03 ^b	2,04±0,13 ^{ab}
	130	5,05±0,01 ^b	3,50±0,20 ^a	4,00±0,07 ^c	0,20±0,03 ^a	-	1,07±0,07 ^c	3,30±0,04 ^b

ny=nyomokban

a,b,c,d: A különböző betűvel jelölt értékek függőlegesen, bontási naponként szignifikánsan (min. P<0,05) eltérnek egymástól

A szilázs alkoholtartalma valamennyi kezelésben fokozatosan növekedett az erjedés során. A legkevesebb alkoholt a baktériumos oltással kombinált szénhidrát kiegészítéssel készített szilázs tartalmazta. Ennek alkoholtartalma az erjedés 120. napján szignifikánsan kisebb volt a többi kezeléshöz képest.

Jelentős, az erjesztés végére szignifikáns különbségek alakultak ki a baktériumos oltással kombinált hidrolizált kukorica kiegészítéssel előállított szilázs, valamint a többi szilázs NH_3 -tartalma között. Minthogy ez az ammónia fehérjebomlásból származik, a nagyobb NH_3 -tartalom egyúttal nagyobb fehérjevesztést jelent.

A vizsgált enzimetartalmú, harmadik generációs biológiai tartósítószerrel lényegében a kontroll szilázssal azonos minőségű, illetve egy-egy paraméter tekintetében a kontrollnál gyengébb minőségű szilázst eredményeztek. Közülük az erjedési paraméterek szempontjából a legjobb minőségű a *Bactozym*-mal, a leggyengébb minőségű pedig a *Lalsil PS*-el készült szilázs volt.

Az oltókultúra mellett enzimeket – elsősorban a növényi sejtfalat bontó enzimeket – is tartalmazó harmadik generációs biológiai tartósítószerrel végzett kísérletekben ezidáig ellentmondó eredmények születtek, ugyanis a kedvező kísérleti eredmények mellett (Knabe et al., 1991; Sheperd et al., 1995; B. Kissné és Bana, 2002; Rodrigues et al., 2001) sikertelen kísérletek is ismertek az irodalomban (White et al., 1990; Campbell et al., 1990; Fredeen és McQueen, 1993; Kozelov et al., 2008) és nem egységesek az enzimetartalmú tartósítószerrel a gyakorlatban szerzett tapasztalatok sem (Kung et al., 2003). A kedvezőtlen tapasztalatok arra

utalnak, hogy a sejtfalbontó enzimek nem minden esetben tudnak annyi nyersrostot lebontani, amennyi elegendő erjeszhető szénhidrátot biztosítana a tejsavtermelő baktériumok számára. Ennek egyik oka nagy valószínűséggel a különböző mikroszervezetekből (mikrogombákból) kinyert enzimek készítmények eltérő összetételében és különböző aktivitásában keresendő. John (1991) azt hangsúlyozza, hogy érdemi nyersrost lebontásra csak olyan készítmény esetében számíthatunk, amelynek jelentős az enzimaktivitása, illetve amelynek enzimkomplexe megfelelő arányban rendelkezik endoglükánáz, xilanáz, valamint β -glükozidáz aktivitással. Az eltérő eredmények okai között említik Kung és mtsai (2003) azt a tényt, hogy a sejtfalbontó enzimek optimális működéséhez szükséges 50°C hőmérséklet, illetve 4,5 körüli pH eltér a silóban uralkodó viszonyoktól. Felvetik Kung és mtsai (2003) azt is, hogy azok a körülmények, amelyek között az egyes enzimek készítmények aktivitását mérjük, ugyancsak eltérnek a silóbeli viszonyoktól. Véleményük szerint egyes kereskedelmi készítmények enzimkoncentrációja olyan kicsi, hogy az eleve megkérdőjelezi azt, hogy az adott készítmény bárminemű kedvező hatást gyakoroljon az erjedésre.

Annak megállapítására, hogy a vizsgált enzimetartalmú biológiai tartósítószer milyen hatást gyakorolnak a lucerna nyersrostjának összetételére, mértük a lucerna NDF-, ADF- és ADL-tartalmának az erjesztés során bekövetkező változását is. Az ezzel kapcsolatos kísérleti eredményeket a 29. táblázatban foglaltuk össze. Megállapítható, hogy nyersrost lebomlására vonatkozó adatok szinkronban vannak az erjedési eredményekkel. Az erjedésdinamikai kísérlet során a legkevesebb tejsavat a *Lalsil PS* tartósítószerrel készült szilázsban találtunk. Ennek megfelelően ebben a

szilázsban a kontroll, valamint a hidrolizált kukorica kiegészítéssel készült szilázsokhoz hasonlóan ebben a szilázsban sem tudunk cellulóz lebomlást megállapítani. Ez arra utal, hogy a *Lalsil PS* celluláz enzimkomplexe gyakorlatilag nem működött. A *Goldzym* és a *Bactozym* esetében ugyan bomlott le cellulóz, azonban a keletkező erjeszhető szénhidrátmennyiség kevés volt a tejsavtermelés érdemi növekedéséhez.

A *Lalsil PS* használatakor a hemicellulózoknak viszont jelentős része, 21,97%-a bomlott le az erjedés alatt. Az a tény, hogy ez nem járt a tejsavtermelés növekedésével, részben azzal magyarázható, hogy a lucerna kg-ként csak 19-20 g hemicellulózt tartalmaz. Említeni kell azonban az okok között azt is, hogy hemicellulóz lebomlásakor szabaddá váló pentózokból a tejsav mellett ecetsav is keletkezik. Ezzel is magyarázható, hogy a különböző kezelések közül a *Lalsil PS* biológiai tartósítószerrel készült szilázsban a legszűkebb a tejsav-ecetsav arány. A *Goldzym* és a *Bactozym* használatakor kevesebb, a hemicellulózoknak csak mintegy 5-7%-a bomlott le.

29. táblázat: A lucerna rostfrakcióinak változása különböző tartósítószerrel történő silózás esetén

(Száranyag: 30,0%, nyersfehérje: 56,22g/kg sz.a., n=5)

Tartósítószer	NDF	ADF	ADL	Cellulóz	Hemi-cellulóz	Lebomlás, %	
	g/kg eredeti anyag					Cellulóz	Hemi-cellulóz
Zöldlucerna	118,26	98,96	19,27	79,69	19,30	-	-
Kontroll	119,31	100,10	21,39	78,71	19,21	1,23	0,47
1% hidrolizált kukorica+bakt. oltás	120,19	100,46	20,12	80,34	19,73	-	-
Goldzym	112,80	94,73	22,17	72,56	18,07	8,95	6,37
Bactozym	115,89	98,26	21,80	76,46	17,63	4,05	8,65
Lalsil PS	116,27	101,21	22,57	78,64	15,06	1,32	21,97

A kísérletben a 120. napi silóbontás alkalmával a súlyvesztés, valamint a szilázs energiatartalmának mérése alapján megállapítottuk a silóban bekövetkezett veszteséget, amely a légzési-, valamint az erjedési veszteséget foglalja magában. Az erre vonatkozó adatokat a 9. ábra szemlélteti. Mint látható, a vizsgált harmadik generációs biológiai tartósítószerrel a *Goldzym*, a *Bactozym* és a *Lalsil PS* a kontroll silázshoz képest alig valamelyest csökkentette a silóban bekövetkező veszteséget. A légzési veszteség tekintetében nem alakulhatott ki érdemi különbség az egyes kezelések között, ugyanis a modellsilók térfogata azonos volt és a megtöltött silók súlya között csak jelentéktelenek voltak az eltérések, amiből az következik, hogy a silókban a lezárást követően azonos mennyiségű levegő maradt a növényi légzés számára. Az egyes kezelések vesztesége közötti különbségek ennek folytán az eltérő minőségű erjedésre vezethetők vissza. A legkisebb veszteséget a baktériumos oltással kombinált

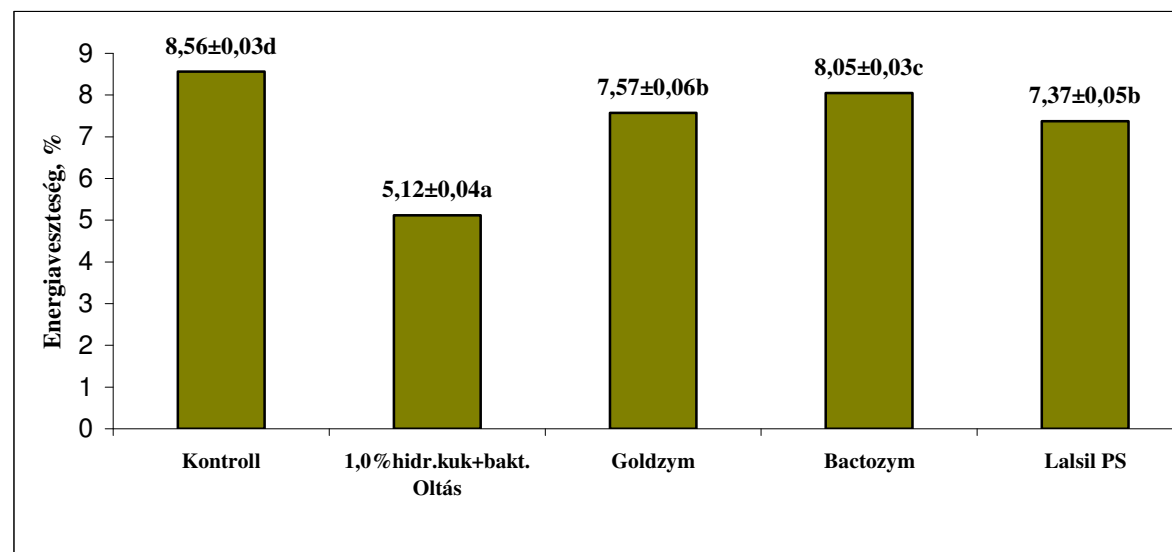
hidrolizált kukorica kiegészítéssel készült szilázs esetében mértük. Ez azzal áll összefüggésben, hogy az erjeszhető szénhidrát kiegészítés és a baktériumos oltás következtében a tejsavtermelő baktériumok rövid idő alatt uralomra jutottak a silóban és a pH gyors csökkentésével nehezítették a káros flóra, elsősorban a coli aerogenes csoport, valamint a fehérjebontó baktériumok működését. Ezt az ebből a kezelésből származó szilázsnak a többinél kisebb ecetsav- és NH_3 -tartalma is igazolja. A többi kezelés esetében mindez az elegendő szénhidrát hiányában csak később és akkor is vontatottan indulhatott meg.

A kontroll szilázs, valamint az enzimetartalmú biológiai tartósítószerrel készített szilázsok nagy ecetsav hányada a korábbiakban taglalt okok mellett a vontatottan induló erjedéssel, illetve az ebből következő lassú pH csökkenéssel is indokolható, ugyanis 5,0 feletti pH esetében a coli aerogenes flórát a kompetitív gátlás érvényesülése ellenére sem lehet az erjesztésből kiszorítani.

Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy az enzimetartalmú biológiai tartósítószer hatékonyságának javítása lényeges további kutatási feladat. A legfontosabb cél az enzimkomplex összetételének és ezáltal aktivitásának a javítása. Ebből a szempontból lényeges, hogy a szóban forgó enzimkomplexnek legyen érdemi endoglükánáz, xilanáz valamint β -glükozidáz aktivitása. Mindezen túl alapvető követelmény az is, hogy az illető tartósítószerben kielégítő legyen az enzimkoncentráció. Enélkül még hatékony enzimkomplex esetében sem számíthatunk jó minőségű szilázusra.

9.ábra: A silóban bekövetkező energiavesztés a lucerna különböző tartósítószerrel történő silózásakor

(Száranyag: 30,0%, nyersfehérje: 56,22g/kg sz.a., n=5)



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

3.3.4.2. Üzemi méretű silózási kísérletek

A modell kísérletek eredményeire alapozva két üzemi méretű silózási kísérletet is végeztünk. Az egyikre a Darnózseli Agrár Zrt. tehenészeti telepén került sor, ahol 2x50 tonna enyhén, 32,7-33,8 % szárazanyag-tartalomig előfonnyasztott lucernát silóztunk fóliahengeres technológiával. A kontroll szilázs az üzemben egyébként is alkalmazott *Lalsil PS* harmadik generációs biológiai tartósítószerrel készült. Dózisa 10 g/tonna zöldlucerna volt. A kísérleti szilázst baktériumkultúrát is tartalmazó 1 % hidrolizált kukorica kiegészítéssel készítettük. A két szilázs minőségére vonatkozó vizsgálati eredményeket a 30. táblázat tartalmazza. Ezek alapján megállapítható, hogy az elvégzett erjedésdinamikai kísérletek eredményeivel megegyezően, a kifejlesztett új tartósítószer a fontosabb paraméterek (pH, tejsav-, NH₃-tartalom, tejsav:ecetsav arány) tekintetében jelentős mértékben javította a szilázs minőségét a *Lalsil PS* biológiai tartósítószerrel készült szilázshoz képest. A kísérleti szilázsban lényegesen kedvezőbb volt a takarmányfogyasztás szempontjából fontos tejsav:ecetsav arány. A kísérleti szilázsban ugyanis 69%:31%, a kontroll szilázsban pedig 57 %:43 % volt az említett arány. A hazai szilázs minősítési eljárás szerint (Schmidt, 2003) a kísérleti szilázst I. (85 pont), míg a kontroll szilázst II. osztályúnak (60 pont) találtuk.

30. táblázat: Hidrolizált kukorica és Lalsil kiegészítés hatása a lucernaszilázs minőségére
(Üzemi kísérlet - Darnózseli)

Paraméter		Kontroll szilázs (Lalsil PS)	Kísérleti szilázs (1% hidr.kuk. + bakt.oltás)
Száranyag	%	32,7	33,8
Nyersfehérje	g/kg sz.a.	67,43	63,53
pH		5,09±0,46 ^a	4,69±0,19 ^a
Tejsav	sz.a.%-ában	5,78±2,57 ^a	8,08±2,87 ^a
Ecetsav	sz.a.%-ában	4,28±1,56 ^a	3,70±1,21 ^a
Propionsav	sz.a.%-ában	0,09±0,09 ^a	0,24±0,18 ^a
i-Vajsav	sz.a.%-ában	0,09±0,06 ^a	0,06±0,02 ^a
i-Valeriánsav	sz.a.%-ában	0,06±0,06 ^a	0,09±0,09 ^a
NH₃	ny.f.%-ában	3,16±1,85 ^a	2,14±0,50 ^a

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

A másik üzemi méretű silózásra ugyancsak 2008-ban, Mosonmagyaróváron, a NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának állatkísérleti telepén került sor, ahol 13,46 t (6,95 t kontroll és 6,51 t kísérleti) előfonnyasztott fűvet silóztunk falközi silóba. A kontroll szilázs esetében a fonnyasztáson kívül semmilyen kezelést nem alkalmaztunk, míg a kísérleti szilázst 0,4 %, baktériumkultúrát is magában foglaló hidrolizált

kukoricával egészítettük ki. A két szilázs kémiai vizsgálatának eredményei a 31. táblázatban találhatók.

31. táblázat: Hidrolizált kukorica kiegészítés hatása a fűszilázs minőségére

(Üzemi kísérlet – Mosonmagyaróvár)

Paraméter		Kontroll szilázs	Kísérleti szilázs
Száranyag	%	33,88	33,90
Nyersfehérje	g/kg sz.a.	36,77	36,79
pH		4,78±0,17 ^a	4,48±0,03 ^b
Tejsav	sz.a.%-ában	3,89±1,15 ^a	5,84±0,71 ^b
Ecetsav	sz.a.%-ában	1,45±0,47 ^a	2,40±0,50 ^a
Propionsav	sz.a.%-ában	0,18±0,03 ^a	0,12±0,03 ^a
i-Vajsav	sz.a.%-ában	0,09±0,03 ^a	0,09±0,03 ^a
n-Vajsav	sz.a.%-ában	2,21±1,30 ^a	0,21±0,12 ^b
i-Valeriánsav	sz.a.%-ában	-	ny
n-Valeriánsav	sz.a.%-ában	0,27±0,06	-
Alkohol	sz.a.%-ában	0,32±0,03 ^a	0,50±0,06 ^b
NH₃	ny.f.%-ában	2,61±0,17 ^a	2,63±0,54 ^a

ny: nyomokban

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

Mint az adatokból megállapítható, a kifejlesztett tartósítószer a fű esetében is egyértelműen javította a szilázs minőségét. A kísérleti szilázsnak jelentősen - relatíve 50 %-kal - nagyobb volt a tejsavtartalma, ebből következően kisebb a pH-ja. A kontroll szilázs instabil, amit a benne található

0,75 %-nyi n-vajsav jelez, ezzel szemben a kísérleti szilázsban csak jelentéktelen mennyiségű (0,07 %) n-vajsav található. A kísérleti szilázs kedvezőbb illózsírsav összetételét igazolta az is, hogy amíg a kontroll szilázsban az összes szervessavtartalomnak csak a 48 %-át tette ki a tejsav részaránya, addig ez az arány a kísérleti szilázsban 68 % volt.

Összefoglalóan megállapítható, hogy az új tartósítószer nemcsak modell, hanem üzemi méretű kísérletekben is bizonyította, hogy jó minőségű, stabil lucerna- és fűszilázst lehet felhasználásával készíteni. A kísérletek azt is igazolták, hogy a kifejlesztett tartósítószerrel a ma forgalomban levő harmadik generációs biológiai tartósítószerhez viszonyítva is kisebb veszteséggel lehet jobb minőségű szilázst előállítani.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

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 szalastakarmányokkal együtt az aktív bendőfermentáció feltételeinek megteremtésében. A kérődző állatok takarmányozásában a szalastakarmányok nemcsak élettani, hanem gazdaságossági szempontból is fontos szerepet töltenek be, ezért lényeges, hogy termeléstől függően táplálóanyag-szükségletük minél nagyobb hányadát szalastakarmányokkal elégítsük ki.

Hazai éghajlati adottságaink közepette és 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. A takarmányok konzerválása azonban veszteségekkel jár. A tartósítás során fellépő veszteségek nagysága, valamilyen adalékanyag felhasználásával mérsékelhető. A természetes erjedőképesség javítására használt adalékanyagok közül napjainkban a biológiai tartósítószeres térhódítása figyelhető meg. A biológiai tartósítószereseknek ma már a 3. generációja van forgalomban, amelyek a tejsavtermelő baktérium-kultúra mellett enzimek készítményt is tartalmaznak. A 3. generációs biológiai tartósítószeresekkel szerzett tapasztalatok azonban meglehetősen ellentmondásosak. Ezeknek a tartósítószereseknek gyakran nem kielégítő a hatékonysága, ami az esetek többségében arra vezethető vissza, hogy a silóban uralkodó körülmények nem minden tekintetben felelnek meg a

tartósítószerben található szénhidrátbontó enzimek optimális működési feltételeinek.

Mindezekre való tekintettel egy olyan 2. generációs biológiai tartósítószer kifejlesztését tűztük ki célul, amellyel a zöldlucernából, valamint fűből kis veszteséggel, jó minőségű, kedvező tejsav:ecetsav arányú, stabil szilázs állítható elő.

A kifejleszteni kívánt tartósítószer két komponensből áll. Szénhidrát szubsztrátként enzimes úton hidrolizált kukoricadarát használtunk, míg a tartósítószer másik lényeges komponensét egy hatékony tejsavtermelő baktériumkultúra képezi.

A tervezett kutatómunka az alábbi fázisokból épült fel:

- A kukorica enzimes technológiájának kidolgozása
- Egy jó hatékonyságú tejsavtermelő baktériumkultúra összeállítása
- Erjedésdinamikai és üzemi silózási kísérletek a hatékony tartósítószer dózis megállapítása céljából

A fenti munkafázisokon belül a következő kérdéseket terveztük vizsgálni:

- Milyen mértékben bontható redukáló cukorra a kukorica keményítője α -amiláz és amiloglikozidáz enzimekkel?
- Befolyásolja-e a kukorica keményítőjének lebonthatóságát a hidrolízis közegének szárazanyag-tartalma?
- Milyen hatással van a hidrolízis idő hossza, illetve az enzimdózis a keményítő lebomlás hatásfokára?
- A hidrolizált kukorica milyen értékű erjeszhető szénhidrátforrás a tejsavbaktériumok számára?

- A silózandó zöldtakarmány szárazanyag-tartalmától függően mennyi hidrolizált kukoricára van szükség stabil szilázs előállításához?
- Fokozható-e a kifejlesztett tartósítószer hatékonysága a tartósítószer redukáló cukortartalmának egy tejipari melléktermékkel (ricotta savó) történő növelésével?

A kukorica hidrolízis kísérletek során, α -amiláz és amiloglükózidáz enzimek hatását vizsgáltuk a kukorica keményítőjének lebonthatóságára. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy 1g α -amiláz/kg kukorica keményítő, és ugyancsak 1g amiloglükózidáz/kg kukorica keményítő dózissal az α -amiláz esetében 20 perces, míg az amiloglükózidázzal 20 órás hidrolízis időben a 30% szárazanyag-tartalmú kukorica keményítőjének a 90 %-a redukáló cukorrá bontható. A lebontás hatékonysága jelentősen függ a közeg szárazanyag-tartalmától. A hidrolízist a két enzim jelentősen eltérő pH és hőmérsékleti igénye következtében két szakaszban kell elvégezni. A hidrolízis kísérletek keretében azt is vizsgáltuk, hogy a készítmény erjeszhető szénhidrát-tartalma növelhető-e olyan módon, hogy a hidrolizálandó kukorica szárazanyag-tartalmát nem vízzel, hanem a tejipar egyik melléktermékével, a ricotta sajt előállításakor keletkező savóval állítjuk be 30 %-ra. A kísérletek során megállapítottuk, hogy a savó kiegészítés következtében 10 %-kal csökkent a keményítő lebomlásának határfoka, ami azonban a két enzim dózisának 30%-kal történő megemelésével korrigálható. A ricotta savó felhasználása mind gazdaságossági, mind pedig energetikai szempontból is előnyös, de kedvező hatású az is, hogy a savó

szárazanyagának 4%-át kitevő tejsav a szilázs pH-jának gyors csökkentésében segít.

A kifejlesztett tartósítószer másik lényeges komponensét egy liofolezzett starter baktériumkultúra alkotja. A starterkultúra összeállításakor négy baktériumfajt vettünk figyelembe, melyek részarányának meghatározására 3 különböző hőmérsékleten és pH értéken állapítottuk meg az egyes mikroba-fajok maximális fajlagos szaporodási sebességét és generációs idejét. Ezen eredmények figyelembe vételével az oltókultúra mennyiségét és faji összetételét 1 g zöldtakarmányra vonatkozóan a következőkben határoztuk meg:

<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

Ezen vizsgálatokat követően erjedésdinamikai kísérleteket állítottunk be, különböző szárazanyag-tartalmú fűvel és lucernával. Ezekben azt kívántuk megállapítani, hogy a kifejlesztett tartósítószer milyen hatással van a szilázsok minőségére, illetve hogy a szárazanyag-tartalom függvényében hogyan változik a stabil szilázs előállításához szükséges tartósítószer mennyisége. A kísérletek során összehasonlítási alapként (pozitív kontrollként) egy-egy harmadik generációs biológia tartósítószerrel is vizsgáltunk. A modellvizsgálatok eredményei alapján megállapítottuk, hogy a hidrolizált kukorica alapú második generációs biológiai tartósítószerrel jó minőségű, alacsony pH-jú, kedvező tejsav:ecetsav arányú szilázst lehet előállítani. Természetesen a besilózott zöldanyag szárazanyag-tartalmától

függően változik a stabil szilázs előállításához szükséges kiegészítés mértéke. A kísérleti eredmények azt igazolták, hogy 30 %-nál kisebb szárazanyag-tartalmú fűből és lucernából csak nagyobb mennyiségű (1,2 illetve 2,0 %) tartósítószer felhasználásával készíthető jó minőségű silózott takarmány, amely dózisok viszont már aránytalanul megnövelik a tartósítás költségeit, továbbá ilyenkor táplálóanyag veszteséget okozó lécsurgással is kell számolni, és megnövekszik a szilázs ecetsavhányada is. A túlfonnyasztás a nagy légzési veszteség, valamint tömörítési nehézségek miatt ugyancsak kerülendő. A tartósítószer mennyiségének megállapításakor arra is tekintettel voltunk, hogy a ricotta savónak a kukorica hidrolízisekor történő felhasználása lehetővé teszi a hidrolizált kukorica dózisának mintegy 17-18 %-kal történő csökkentését. Mindezeket figyelembe véve a különböző szárazanyag-tartalmú lucerna, illetve fű silózásakor a következő tartósítószer mennyiség javasolható:

<i>Lucerna:</i>		<i>Fű:</i>	
Szárazanyag	Tartósítószer	Szárazanyag	Tartósítószer
%	%	%	%
30-34	1,0	30-33	0,6
35-40	0,5	34-37	0,1-0,4

A modell kísérletek eredményeire alapozva üzemi méretű silózási kísérletet is végeztünk előfonnyasztott lucernával, illetve fűvel. A lucernát fóliahengeres technológiával, míg a fűvet falközi silóban erjesztettük. A lucerna esetében 1 % hidrolizált kukorica kiegészítés hatását vizsgáltuk a *Lalsil PS* harmadik geneációs biológiai tartósítószerrel összehasonlítva. A fűvet 0,4% baktériumos oltással kombinált szénhidráttal silóztuk, míg a kontroll esetében a fűvet csak fonnyasztottuk. Az eredmények alapján

megállapítható, hogy az új tartósítószer nemcsak modell, hanem üzemi méretű kísérletekben is bizonyította, hogy jó minőségű, stabil lucerna- és fűszilázst lehet felhasználásával készíteni. A kísérletek azt is igazolták, hogy a kifejlesztett tartósítószerrel a ma forgalomban levő harmadik generációs biológiai tartósítószerhez viszonyítva is kisebb veszteséggel lehet jobb minőségű szilázst előállítani.

Összefoglalva a kapott eredményeket megállapítható, hogy a kifejlesztett tartósítószerrel jó minőségű, kedvező tejsav: ecetsav arányú, stabil szilázst lehetett előállítani, mind a fű, mind pedig a lucerna esetében. Az elvégzett kísérletek azt is bizonyították, hogy minden kísérlet során jobb minőségű, kisebb veszteséggel terhelt szilázst tudunk előállítani a vizsgált harmadik generációs biológiai tartósítószerhez képest.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Olyan kombinált enzimes hidrolízis eljárást dolgozott ki, amellyel a kukorica keményítőjének 90%-a 20 óra alatt redukáló cukorra bontható.
2. Eljárást dolgozott ki a sajt készítés egyik melléktermékének, a ricotta savónak silózási segédanyagként történő hasznosítására.
3. Jó hatékonyságú, hidrolizált kukoricára és ricotta savóra alapozott biológiai tartósítószer fejlesztett ki a közepesen és nehezen erjeszhető zöldtakarmányok silózással történő tartósítása céljára.
4. Erjedésdinamikai kísérletekkel megállapította azt a szárazanyagtól függő tartósítószer adagot, amellyel zöldlucernából és fűből kevés veszteséggel, kedvező tejsav-ecetsav arányú, stabil szilázst lehet előállítani.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Schmidt János professzor emeritusnak, aki témavezetőként a kutatómunkához szükséges feltételeket biztosította, és szakmai iránymutatásával segítette munkámat.

Köszönettel és hálával tartozom a Takarmányozástani Intézeti Tanszék valamennyi munkatársának (Dr. Tóth Tamás, Dr. Zsedely Eszter, Németh Valéria, Tóthné Erdős Gyöngyi, Meszlényi Lászlóné, Tölts Sándorné, Vedródi Istvánné) azért a segítségért, amit a modell silózási kísérletek lebonyolításához, a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez és az adatok értékeléséhez nyújtottak.

Köszönöm a Kar Állattenyésztési és Takarmányozási Kísérleti Telepén dolgozó munkatársaknak (Földes Árpád, Lengyelne Thurner Hajnalka, Szűcsné Rigó Livia, Horváth Zsolt), és a darnózseli Agrár Zrt. tulajdonosainak és munkatársainak az üzemi silózási kísérletek során nyújtott segítségüket.

Végül, de nem utolsósorban köszönet az AG-BAG Hungária Kft.-nek az üzemi silózáshoz szükséges gépek és anyagok biztosításáért.

Köszönöm az NKTH-nak, hogy munkámat a 00958/2005 számú pályázati keretében anyagilag támogatta.

TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

Táblázatok:

1. táblázat	A lucerna és a gyep termesztés alakulása Magyarországon 1996 és 2005 között	8.o
2. táblázat	A zöldtakarmányok silózásakor előforduló átlagos veszteségek a hazai üzemekben	9.o
3. táblázat	Lucernával végzett erjedésdinamikai modellvizsgálatok során alkalmazott kezelések és bontási napok	63.o
4. táblázat	Füvel végzett erjedésdinamikai modellvizsgálatok során alkalmazott kezelések és bontási napok	64.o
5. táblázat	A hidrolízis közeg szárazanyag-tartalmának hatása a kukorica keményítőjének α -amilázzal történő lebontására	69.o
6. táblázat	A hidrolízis közeg szárazanyag-tartalmának hatása a kukorica keményítőjének α -amilázzal és amiloglükózidázzal történő lebontására	70.o
7. táblázat	Az enzimadag növelésének hatása a fermentált anyag redukáló cukor tartalmára	71.o
8. táblázat	A hidrolízis idő csökkentésének hatása a keményítő lebomlás hatásfokára	73.o
9. táblázat	A ricotta savó hatása a keményítő lebomlás hatásfokára	76.o
10. táblázat	A starterkultúra baktériumfajainak szaporodási mutatói 20 °C-on	77.o
11. táblázat	A starterkultúra baktériumfajainak szaporodási mutatói 30 °C-on	78.o
12. táblázat	A starterkultúra baktériumfajainak szaporodási mutatói 40 °C-on	78.o
13. táblázat	A kifejlesztett tartósítószer starterkultúrájában levő baktériumfajok maximális fajlagos szaporodási sebessége és generációs ideje eltérő szénhidrátot tartalmazó táptalajon	80.o
14.a táblázat	A különböző kezelések hatása a fű erjedésére (szárazanyag-tartalom: 31,6%)	92.o
14.b táblázat	A különböző kezelések hatása a fű erjedésére (szárazanyag-tartalom: 31,6%)	93.o
15. táblázat	A különböző kezelések hatása a lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 31,7%)	95.o
16. táblázat	A vízdoldható szénhidrát-tartalom alakulása az erjedés során fű silózásakor	96.o
17. táblázat	A vízdoldható szénhidrát-tartalom alakulása az erjedés során lucerna silózásakor	96.o
18. táblázat	Szárazanyag- és energiavesztés fű, valamint lucerna hidrolizált kukorica kiegészítéssel történő silózásakor	97.o
19.a táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített fű erjedésére (szárazanyag-tartalom:23,3%)	106.o
19.b táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített fű erjedésére (szárazanyag-tartalom:23,3%)	107.o

20.a táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített fű erjedésére (szárazanyag-tartalom:29,6%)	108.o
20.b táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített fű erjedésére (szárazanyag-tartalom:29,6%)	109.o
21.a táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített fű erjedésére (szárazanyag-tartalom:33,7%)	110.o
21.b táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített fű erjedésére (szárazanyag-tartalom:33,7%)	111.o
22.a táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 23,3%)	112.o
22.b táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 23,3%)	113.o
23.a táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 32,3%)	114.o
23.b táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 32,3%)	115.o
24.a táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 38,1%)	116.o
24.b táblázat	A szárazanyag-tartalom hatása a hidrolizált kukoricával kiegészített lucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 38,1%)	117.o
25. táblázat	A légzési és erjedési veszteség alakulása fű és lucerna eltérő szárazanyag- tartalommal, valamint különböző tartósítószerrel történő silózásakor	119.o
26. táblázat	Hidrolizált kukorica és ricotta savó keverékével végzett kombinált kiegészítés hatása a lucerna erjedésére	122.o
27. táblázat	Hidrolizált kukoricával és ricotta savóval végzett kiegészítés hatása a zöldlucerna erjedésére (szárazanyag-tartalom: 28,7 %)	124.o
28.a táblázat	A különböző biológiai adalékanyagok hatása a lucerna erjedésére	128.o
28.b táblázat	A különböző biológiai adalékanyagok hatása a lucerna erjedésére	129.o
29. táblázat	A lucerna rostfrakcióinak változása különböző tartósítószerrel történő silózás esetén	133.o
30. táblázat	Hidrolizált kukorica és Lalsil kiegészítés hatása a lucernaszilázs minőségére (Üzemi kísérlet - Darnózseli)	137.o
31. táblázat	Hidrolizált kukorica kiegészítés hatása a fűszilázs minőségére (Üzemi kísérlet – Mosonmagyaróvár)	138.o

Ábrák:

1. ábra	A hidrolízis idő növelésének hatása a kukorica keményítőjének α -amilázzal történő lebonthatóságára (szárazanyag-tartalom: 20%)	72.o
2. ábra	A hidrolízis időtartam rövidítésének hatása a keményítő lebomlás hatékonyságára (szárazanyag-tartalom: 30%)	73.o
3. ábra	4,7% glükózt tartalmazó tápoldatban szaporított törzsek savtermelése által indukált pH változás	82.o
4. ábra	4,65% savó cukrot tartalmazó tápoldatban szaporított törzsek savtermelése által indukált pH változás	83.o
5. ábra	Liofilezett <i>Lactobacillus plantarum</i> -mal kevert hidrolizált kukoricadara savtermelő mikroorganizmusainak száma a tárolás során	86.o
6. ábra	Liofilezett <i>Lactobacillus plantarum</i> -mal kevert hidrolizált kukoricadara nem savtermelő mikroorganizmusainak száma a tárolás során	86.o
7. ábra	Liofilezett <i>Lactobacillus plantarum</i> -mal kevert hidrolizált kukoricadarában található élesztők száma a tárolás során	87.o
8. ábra	Liofilezett <i>Lactobacillus plantarum</i> -mal kevert hidrolizált kukoricadarában található penészek száma a tárolás során	87.o
9. ábra	A silóban bekövetkező energiaveszteség a lucerna különböző tartósítószerrel történő silózásakor	135.o

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Allen, L.A. – Watson, S.J. – Ferguson, W.S. (1937): The effect of the addition of various materials and bacterial cultures to grass silage at the time of making and subsequent bacterial and chemical changes. *Journal of Agricultural Science*. 27, 294-308.
2. Åman, P. (1985): Chemical composition and in vitro degradability of major chemical constituents in botanical fractions of red clover harvested at different stages of maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36, 775-778.
3. Archibald, J.G. (1953): Sugar and acids in grass silage. *Journal of Dairy Science*. 26. 385-390.
4. Avasi, Z. – Szűcsné, P.J. – Marki-Zayné, I.K. (1999a): Biological preservatives in grass silage. 9th International Conference-Forage Conservation, Nitra. 132-133.
5. Avasi, Z. – Szűcsné, P.J. – Marki-Zayné, I.K. (1999b): Ensilage of lucerne by biological preservatives. 9th International Conference-Forage Conservation, Nitra. 142-143.
6. Avasi, Z. – Szűcsné, P.J. – Marki-Zayné, I.K. (2000): A lucerna silózása biológiai konzerválószerrel. A takarmányozás jelene és jövője az ezredforduló küszöbén. Takarmányozástani Tudományos Napok, Budapest. 47-48.
7. Avasi, Z. – Szűcsné, P.J. – Seale, D. (2008): Ensilage of wilted lucerne treated with different types of biological preservatives. 13th ICFC. 138-139.
8. Axelsson, J. – Eriksson, S. (1949): *Kungliga Lantbruks Högskolau Annaler*. 16, 515-530.
9. Babinszky, L. (2002): Magyarország fehérjegyazdálkodásának helyzete és fejlesztési stratégiája. Agroiinform Kiadó, Budapest
10. B. Kissné K.G. – Bana, B. (2002): Zöldlucerna silózása enzimtartalmú biológiai tartósítószerrel. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 51, 635-645.
11. Bailey, R.W. (1958): Carbohydrates in pasture species. 2. The soluble sugars of red clover (*Trifolium pratense*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 9. 748-753.

12. Baintner, F. – Schmidt, J. – Szigeti, J. – Sipócz, J. (1982): Néhány biológiai tartósítószer összehasonlító vizsgálata. *Állategészségügyi és Takarmányozási Közlemények*, 3, 149-154.
13. Baintner, F. – Schmidt, J. – Szigeti, J. – Varga, J. (1987): Tejsav-baktérium kultúrák felhasználása a takarmánytarósításban. 1. A startertörzsek hatékonyságát befolyásoló néhány tényező vizsgálata. *Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle*, 3, 52-57.
14. Baintner, F. – B. Kissné Kelemen, G. (1989): A celluláz (Phylacell) kezelés hatása a szilázsok minőségére és emészthetőségére. *Acta Ovariensis*, XXXI. 5. 3-11.
15. Baintner, F. – B. Kissné Kelemen, G. –Harangozó, F. (1989): Effect of cellulase and microbial inoculant on the quality and digestibility of maize and mixed maize-sorghum silages. *Proceeding XVI. International Grassland Congress, Nice, France*, 973-974.
16. Baintner, K. – Schmidt, J. (1974): Verfahren der Luzerne Silierung. *Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft*, 18, 295-302.
17. Baker, R.J. – Voelker, H.H. (1958): Preservatives for alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 41. 734.
18. Bolsen, K. – Heidker, J.I. (1984): *Silage Additives, USA Chalcombe, Bucks*
19. Bratzler, J.W. – Cowan, R.L. – Swift, R.W. (1956): Grass silage preservation with sodium metabisulfite. *Journal of Animal Science*, 15, 163-176.
20. Breirem, K. – Ulvesli, O. (1960): Ensiling methods. *Herbage Abstracts*, 30. 1-8.
21. Britt, D.G. – Huber, J.T. – Rogers, A.L. (1975): Fungal growth and acid production during fermentation and re-fermentation of organic acid treated corn silages. *Journal of Dairy Science*, 58, 532-539.
22. Brown, W.O. (1961): The effect of forage harvesting and wilting on the volume and composition of effluent of silage. *Ministry of Agriculture Research and Experiment Records, Northern Ireland*, 11. 125-132.
23. Campbell, C. – Taylor, K. – Matsuoka, C. – Marshall, S. – Buchanan-Smith, J.G. (1990): Inoculants and enzymes as additives for lucerne silage with measurements of changes in structural carbohydrates and pectin during the ensiling period. *Ninth Silage Conference, Newcastle, Summary of papers*, 14-15.

24. Carpintero, M.C. – Holding, A.J. – McDonald, P. (1969): Fermentation studies on lucerne. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 20. 677-681.
25. Clancy, M. – Wangsness, P.J. – Baumgarrdt, B.R. (1972): Effect of conservation method on digestibility. Nitrogen balance and intake of alfalfa. *Journal of Dairy Science*, 60. (4) 572-579.
26. Crawshaw, R. – Thorne, D.M. – Llewelyn, R.H. (1980): The effect of formic acid and propionic acids on the aerobic deterioration of grass silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 31. 685-694.
27. Daniel, P. – Honig, H. – Weise, F. – Zimmer, E. (1970): The action propionic acid in the ensilage of green fodder. *Das Wirtschaftseigene Futter*, 16. 239-252.
28. Dash, S.K. – Voelker, H.H. – Schingoethe, D.J. – Muller, L.D. (1974): Evaluation of whey-treated alfalfa haylage. *Journal of Dairy Science*. 57. 434.
29. Denium, B. (1966): Influence of some climatological factors on the chemical composition and feeding value of herbage. *Proceeding 10th International Grassland Congress, Helsinki*. 415-418.
30. Denium, B. (1984): Chemical composition and nutritive value of herbage in relation to climate. *General Meeting of the European Grassland Federation, Norway*
31. Dent, J.W. – Aldrich, D.T.A. (1963): The inter-relationships between heading date, yield, chemical composition and digestibility in varieties of perennial ryegrass, timothy, cocksfoot and meadow fescue. *Journal of the National Institute of Agricultural Botany*. 9. 261-281.
32. DeVuyst, A. – Vanbelle, M. – Arnould, R. – Vervack, W. – Moreels, A. – Ausloos, M. (1967 a): The value of sodium metabisulfite as a silage additive. *Agriculture*. 15. 3-19.
33. DeVuyst, A. – Vanbelle, M. – Arnould, R. – Vervack, W. – Ausloos, M. – Moreels, A. (1967 b): The value of sodium metabisulfite as a silage additive. *Agriculture*. 15. 107-117.
34. DeVuyst, A. – Vervack, W. – Arnould, R. — Vanbelle, M. – Ausloos, M. – Moreels, A. (1968): Changes in amino acid composition of alfalfa during ensilage.

- Comperitive protective effects of AIV solution, of glucose, of a mixture of starch and malt and of urea. *Annales de Zootechnie*. 17. 375-392.
35. DeVuyst, A. – Arnould, R. – Vanbelle, M. – Deswysen, A. (1975): Investigations on silage additives. *Das Wirtschaftseigene Futter*, 21. 33-41.
36. Dewar, W.A. – McDonald, P. – Whittenbury, R. (1963): The hydrolysis of grass hemicellulose during ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14. 411-417.
37. Durand-Salomen – Zelter, S.Z. (1960): The course of breakdown of carbohydrate in protein in ensiled alfalfa: the effect of AIV acid and sodium metabisulphite as additives. *Proceedings of the 8th International Grassland Congress, Reading*. 510-514.
38. Ely, L.O. (1978): The use of added feedstuffs in silage production. In: *Fermentation of silage- a review*. National Feed Ingredients Association, Iowa, USA. 233-280.
39. Ely, L.O. – Sudweeks, E.M. – Moon, N.J. (1981): Inoculation with *Lactobacillus plantarum* of alfalfa, corn, sorghum, and wheat silages. *Journal of Dairy Science*. 64. 2378-2387.
40. Ely, L.O. – Moon, N.J. – Sudweeks, E.M. (1982): Chemical evaluation of *Lactobacillus* addition to alfalfa, corn, sorghum, and wheat forage at ensiling. *Journal of Dairy Science*. 65. 1041-1050.
41. Fauconneau, G. – Jarrige, R. (1954): Organic acids in fodder plants: variations and attempted identification. *Proceedings of the European Grassland Conference, Paris*. Project No. 224. 278-281.
42. Fredeen, A.H. – McQueen, R.E. (1993): Effect of enzyme additives on quality of alfalfa/grass silage and dairy cow performance. *Canadian Journal of Animal Science*. 73. 581-591.
43. Gallo, M. – Rajčáková, L. – Mylnár, R. (2006): Effect of application biological additives on fermentation Quality of red clover silage. *12th International Symposium- Forage Conservation, Brno*. 214-216.

44. Gordon, C.H. – Derbyshire, J.C. – Wiseman, H.G. – Kane, E.A. – Melin, C.G. (1961): Preservation and feeding value of alfalfa stored as hay, haylage and direct-cut silage. *Journal of Dairy Science*. 55. 1299-1311.
45. Greenhill, W.L. (1964): Buffering capacity of pasture plants with respect to ensilage. *Australian Journal of Agricultural Research*. 15. 511-519.
46. Gross, F. (1969): Directing the silage process with additives. *Proceedings of the 3rd General Meeting of the European Grassland Federation*. Braunschweig. 139-145.
47. Gross, F. – Beck, T. (1970): Investigations into the prevention of aerobic degradation process after unloading of silage with propionic acid. *Das Wirtschaftseigene Futter*. 16. 1-14.
48. Gross, F. – Beck, T. (1972): Comparative investigations on the action of various silage additives. *Das Wirtschaftseigene Futter*. 18. 161-177.
49. Guerrero, L.C. – Guerrero, M.T. (1982): Variación en la composición química del tajonal (*Vigiera dentata*) y su caidad al ensilado solo y con aditivos. *Tecnica Pecuaria*. 42. 17-26.
50. 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.
51. Hartfield, R.D. (1993): Cell wall polysaccharide interactions and degradability. *The Science of Grassland Agriculture*. 285-313.
52. Henderson, A.R. – McDonald, P. (1976): The effect of formic acid on fermentation of ryegrass ensiled at different stages of growth and dry matter levels. *Journal of the British Grassland Society*. 31. 47-51.
53. Henderson, A.R. – McGinn, R. – Kerr, W.D. (1987): The effect of a cellulase preparation applied with or without an inoculum of lactic acid bacteria on the chemical composition of lucerne ensiled in laboratory silos. In: *Summary papers 8th Silage Conf. Inst. Grassl. Agric. Prod., Hurley, UK. (Abstr.)* p 29.
54. Henderson, A.R. – McDonald, P. – Woolford, M.K. (1972): Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 23. 1079-1087.

55. Henderson, A.R. (1973): Determinations of water-soluble carbohydrates in grass. PhD Thesis. University of Edinburgh.
56. Hirst, E.L. – MacKenzie, D.J. – Wylam, C.B. (1959): Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. 9. Changes in carbohydrate composition during the growth of lucerne. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10. 19-26.
57. Honig, H. (1987): Garbiologische Voraussetzungen zur Gewinnung qualitätsreicher Anweklsilage. *KTBL-Schrift 318: Grünfütterernte und Konservierung*. 47-58.
58. Honig, H. – Pahlow, G. (1990): The effect of an enzyme preparation on the fermentation of grass silage. 9th Silage Conference, Newcastle, Summary of papers. 18-19.
59. Jatkauskas, J. – Vrotniakienė, V. (2004): Improvement of grass silage quality by inoculant with lactic bacteria and enzymes. *Veterinarija IR Zootechnika*. 28. 79-82.
60. John, I. (1991): Untersuchungen zum Einsatz von zellwandhydrolysierenden Enzymen zur Verbesserung der Siliereignung von Luzerne. Dissertation. Deutschland, Halle.
61. Jones, E.C. – Barnes, R.J. (1967): Non-volatile organic acids of grasses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 18. 321-324.
62. 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.
63. Kakuk, T. – Schmidt, J. (1988): Takarmányozás, *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest. 514-602.
64. Keller, T. – Nonn, T. – Jeroch, H. (1994): Comparative studies on the efficiency of various biological silage additives for the ensiling of lucerne. *Archiv für Tiererhaltung*. 47. 75-87.
65. Kempton, A.G. – San Clemente, C.L. (1959): Chemistry and microbiology of forage crop silage. *Applied Microbiology*. 7. 362-367.
66. Kizilsimsek, M. – Schmid, R.J. – Kung, L. (2007): Effect of mixture of Lactic Acid Bacteria. *Journal of Dairy Science*. 90. 5698-5705.

67. Knabe, O. (1987): Ermittlung von Einflussfaktoren zur Dynamik der Kohlenhydratfraktion in Grünfütterstoffen und Erschlüssung biotechnologischer Prinzipien und von Silierhilfsmitteln zur Steuerung von Konservierungsprozessen. (Studie) Institut für Futterproduktion-Paulinaue.
68. Knabe, O. – Robowsky, K.D. – Müller, T.H. – Seyfarth, W. – Fehrmann, F. (1991): Einsatz biologischer Siliermittel zur Grünfüttersilierung. *Feldwirtschaft*, 32. (2) 74-76.
69. Kozelov, L.K. – Iliev, F. – Hristov, A.N. – Zaman, S. – McAllister, T.A. (2008): Effect of fibrolytic enzymes and an inoculant on in vitro degradability and gas production of low-dry matter alfalfa silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88. 14. 2568-2575.
70. Kung, L. – Tung, R.S. – Yaciorowski, K.O. – Buffy, K. – Knutsen, K. – Imutis, W.R. (1991): Effects of plant cell-wall-degrading enzymes and lactic acid bacteria on silage fermentation and composition. *Journal of Dairy Science*. 74. 4284-4296.
71. Kung, L. – Stokes, M.R. – Lin, C.J. (2003): Chapter: Silage Additives. In: *Silage Science and Technology*. Eds. Buxton, Muck, and Harrison. American Society of Agronomy. Madison, WI. 305-360.
72. Laidlaw, R.A. – Reid, J.G. (1952): Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. 1. Development of methods for the isolation of free sugars and fructosan contents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 3. 19-25.
73. Lanigan, G.W. (1961): Studies on ensilage. 1. Comparative laboratory study of molasses and sodium metabisulphite as aids to the conservation of lucerne. *Australian J. Agr. Res.* 12. 1023.
74. Leatherwood, J.M. – Mochrie, R.D. – Thomas, W.E. (1959): Chemical changes produced by a cellulolytic preparation added to silages. *Journal of Animal Science*. 18. 1539-1545.
75. Leatherwood, J.M. – Mochrie, R.D. – Stone, E.J. – Thomas, W.E. (1963): Cellulase degradation by enzymes added to ensiled forages. *Journal of Dairy Science*. 46. 124-127.

76. Lesins, K – Schulz, F.H. (1968): Some effects of bacterial inoculation on silage making. *Canadian Journal of Animal Science*. 48. 15-25.
77. Lyttleton, J.W. (1973): In: *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, 1. 63-103.
78. MacKenzie, D.J. – Wylam, C.B. (1957): Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. 8. Changes in carbohydrate composition during the growth of perennial ryegrass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 8. 38-45.
79. MacPherson, H.T. (1952): Changes in nitrogen destruction in crop conservation. 1. The rate and extent of protein breakdown in silage. 2. Protein breakdown during wilting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 3. 362-367.
80. Mahmoud, S.A.Z. – Abdel-Hafez, A.M. – El Sawy, M. – Saleh, E.S. (1976): Sodium metabisulphite as a preservative for silage produced from maize plants. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene*. 137. 291-299.
81. Mann, E.M. – McDonald, P. (1976): The effect of formalin and lower volatile fatty acids on silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 27. 612-616.
82. McAllan, A.B. – Phipps, R.H. (1977): The effect of sample date and plant density on the carbohydrate content of forage maize and changes that occur in silage. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 89. 589-597.
83. McCarrick, R.B. (1962): Effects of additives on silage made from different herbage. *Irish Journal of Agricultural Research*. 1. 267-282.
84. McCollough, M.E. – Neville, W.E. (1960): Factors affecting heifer performance on silage rations. *Journal of Dairy Science*. 43. 444.
85. McDonald, P. – Henderson, A.R. (1962): Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 13. 395-400.
86. McDonald, P. – Purves, D. (1956): Effect of the addition of molasses on the composition and digestibility of field silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 7. 189-196.
87. McDonald, P. – Stirling, A.C. – Henderson, A.R. – Dewar, W.A. – Stark, G.H. – Davie, W.G. – MacPherson, H.T. – Reid, A.M. – Slater, J. (1960): Studies on ensilage. *Edinburgh School of Agriculture, Technical Bulletin, No.24*, 83.

88. McDonald, P. – Stirling, A.C. – Henderson, A.R. – Whittenbury, R. (1964): Fermentation studies on inoculated herbage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 15, 429-436.
89. McDonald, P. – Stirling, A.C. – Henderson, A.R. – Whittenbury, R. (1965): Fermentation studies on red clover. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 8. 459-557.
90. McDonald, P. – Watson, S.J. – Whittenbury, R. (1966): The principles of ensilage. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, 21. 103-110.
91. McDonald, P. – Whittenbury, R. (1973): The ensilage process. *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. Vol. III. Academic Press, London. 33-60.
92. McDonald, P. (1981): *The Biochemistry of Silage*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester.
93. McDonald, P. – Henderson, A.R. (1964): Determination of water-soluble carbohydrates in grass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 15. 395-398.
94. McHan, F. (1986): Pretreatment of coastal bermudagrass with sodium hydroxide and cellulase before ensiling. *Journal of Dairy Science*. 69. 1837.
95. Melvin, J.F. (1965): Variations in the carbohydrate content of lucerne and the effect on ensilage. *Australian Journal of Agricultural Research*. 16. 951-959.
96. Merry, R.J. – Braithwaite, G.D. (1987): The effect of enzymes and inoculants on the chemical and microbiological composition of grass legume silages. *Summary Papers 8th Silage Conference, Hurley*. 27.
97. Muck, R.E. (1988a): Dry matter level effects on silage fermentation products and starch hydrolysis. *Research Summaries*. US. Dairy Forage Research Center, 44-45.
98. Muck, R.E. (1988b): Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, 71, 2992-3002.
99. Muck, R.E. (1993): The role of silage additives in making high quality silage. In: *Silage Production from Seed to Animal*. Syracuse. 106-116.
100. Muck, R.E. – Kung, L. (1997): Effect of silage additives on ensiling. *Conference on Silage: Field to Feedbunk North American Conference, Hershey*. 187-199.

101. Murdoch, J.C. – Holdsworth, M.C. (1958): The use of sodium metabisulphite in silage making. *Journal of the British Grassland Society*. 13, 55-60.
102. Nadeau, E.M.G. – Buxton, D.R. (1997): Cellulase and bacterial inoculant effects on cocksfoot and lucerne ensiled at high dry matter levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 73, 369-376.
103. Naumann, P. (1994): Untersuchungen zur Luzernesilierung bei Einsatz des Milchsäurebakterien – Enzym – Präparates Bactensil 2000. PhD Dissertation. Der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg.
104. Nehring, K. – Heinz, D. – Fridel, K. (1983): Der Einfluss von Cellulase auf die Silierung von eiweissreichen Grünfütterstoffen. *Arch. Anim. Nutr.*, Berlin, 33. 2-3, 251-258. Enzymes to improve preservation and quality of whole crop barley forage. *Can. J. Anim. Sci.* 79. 4. 525-542.
105. Nia, S.A.M. – Wittenberg, K.M. (1999): Use of forage inoculants with or without to improve preservation and quality of whole crop barley forage ensiled as large bales. *Canadian Journal of Animal Science*, 79. 525.
106. Nilsson, P.E. (1956): Some characteristics of the silage mikroflora. *Archiv für Mikrobiologie*, 24. 396-411.
107. Nilsson, G. (1959): Biochemical changes in mikrobe-free silage. *Archiv für Mikrobiologie*, 34. 30-35.
108. Nørgaard Pedersen, E.J. – Møller, E. – Skovberg, E.B. (1968): Experiments on the addition of formic acid and AIV acid in the ensiling of pasture crops. *Tidsskrift for Planteavl*. 72, 356-366.
109. Ohmomo, S. – Tanaka, O. – Kitamoto, K. – Cai, Y. (2002): Review Silage and microbial performance. Old story but new problems. *Jap. Agric. Res. Quarterly*, 36. 2. 59-71.
110. 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.
111. Ohyama, Y. – Masaki, S. – Takigawa, A. – Morichi, T. (1971): Studies on various factors affecting silage fermentation. 10. Changes in mikroflora and organic acid

- composition during ensilage as affected by protein addition at ensiling. *Japanese Journal of Zootechnical Science*. 42, 9-15.
112. Ohyama, Y. – McDonald, P. (1975): The effect of some additives on aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 26, 941-948.
113. Olson, M – Voelker, H. (1961): Effectiveness of enzyme and culture additions on the preservation and feeding value of alfalfa silages. *Journal of Dairy Science*. 44. 1204.
114. O'Leary, J. – Bull, L.S. (1977): Effect of additives on fermentation of direct cut and wilted alfalfa. *Journal of Dairy Science*. 60. 159.
115. Orla-Jensen, S. – Orla-Jensen, A.D. – Kjaer, A. (1947): On the ensiling of lucerne by means of lactic acid fermentation. *Journal of Microbiology and Serology*. 12, 97-114.
116. Orosz, Sz. (2009): A szilázsfüvek új generációja: az „édes füvek”. *Takarmányozás*. 12, 4-10.
117. Owen, F.G. (1971): Silage additives and their influence on silage fermentation. *International Silage Research Conference, Washington D.C.* 79-112.
118. Owens, F.N. – Meiske, J.C. – Goodrich, R.D. (1970 a): Corn silage fermentation. 1. Effects of crude protein sources and sodium bisulfite as energy constituents. *Journal of Animal Science*. 30, 455-461.
119. Owens, F.N. – Meiske, J.C. – Goodrich, R.D. (1970 b): Corn silage fermentation. 2. Effects of crude protein sources and sodium bisulfite as nitrogenous constituents. *Journal of Animal Science*. 30, 462-466.
120. Pahlow, G. – Honig, H. (1986): Wirkungsweise und Einsatzgrenzen von Silage-Impfkulturen aus Milchsäurebakterien. *Das wirtschaftseigene Futter*, 32. 20-35.
121. Papendick, K. – Bruhn, G.A. (1970): The action of lactic acid bacteria and other additives on silage. *Das Wirtschaftseigene Futter*. 16, 15-24.
122. Papendick, K. – Singh-Verma, S.B. (1972): The effect of propionic acid and formic acid as silage additives. *Das Wirtschaftseigene Futter*. 18, 293-304.
123. Pedersen, T.A. – Olsen, R.A. (1972): Quantitative studies on the microflora of effluents from grass silage added formic acid. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole*. 51, 1-13.

124. Petterson, K. (1988): Ensiling of forages. Factors affecting silage fermentation and quality. Dissertation. Uppsala.
125. Playne, M.J. – McDonald, P. (1966). The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17. 264-268.
126. Podkowka, W. – Pauli, H. (1973): Ensiling experiments with meadow grass and various silage additive. *Das Wirtschaftseigene Futter*. 19, 31-37.
127. Poos, M.I. – Bull, R.W. – Hemken, R.W. – O’Learly, J. – Bitzer, M.J. – Hatton, R.H. (1977): Effect of silage additive and stage of maturity of wheat silage on silage characteristics and performance of growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. 60. 100.
128. Rauramaa, A. – Setälä, J. – Moision, T. – Hiekkilä, T. – Lampila, M. (1987): The effect of inoculants and cellulase on the fermentation and microbiological composition of grass silage. I. Biochemical changes in the silages. *J. Agric. Sci. Finl.* 59. 361-370.
129. Rendig, V.V. – McComb, E.A. – Hu, C.L. (1964): Some non-fermentable free sugars in the leaf-petiole fraction of alfalfa (*Medicago sativa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 12. 421-423.
130. Rodrigues, M.A.M. – Cone, J.W. – Sequeira, C.A. – Mascarenhas-Ferreira, A. (2001): Effect of the addition of cell wall degrading enzymes on fermentation kinetics of perennial ryegrass silage. *Journal of Agricultural Science*. 136. 4. 443-449.
131. Rydin, C. (1963): Studies on fermentation process in silage. Malt-cereal mixtures and straw as supplements in biological ensiling. *Lantbruckshögskolans Annaler*. 29. 45-61.
132. Santi, E. – Gabba, R. (1980): Preservatives for ensiling. *Annali della Facolta di Agraria, UCSC (Piacenza)*. 20. 121-134.
133. Saue, O. – Breirem, K. (1969): Formic acid as a silage additive. *Proceedings of the 3rd General Meeting of the European Grassland Federation, Braunschweig*. 161-172.
134. Savyrina, T.A. – Kolenko, P.S. – Larianov, P.S. – Bocarova, M.J. (1973): The microflora of wet feeding stuffs conserved with organic acids. *Zhivotnovodstro*. 7. 12-14.

- 135.Schingoethe, D.J. (1976): Feeding whey to ruminants. *Feedstuffs*. 48. 16.
- 136.Schingoethe, D.J. – Beardsley, G.L. (1975): Feeding value of corn silage containing added urea and dried whey. *Journal of Dairy Science*. 58. 196-201.
- 137.Schingoethe, D.J. – Skyberg, E.W. – Rooke, J.A. (1980): *Journal of Animal Science*. 50. 625-629.
- 138.Schmidt, J. (1976): Pillangósvirágú növények silózása abrakkiegészítéssel. XVIII. Georgikon Napok, Keszthely. 238-249.
139. Schmidt, J. (1984): A tömegtakarmányok szerepe a kérődzők takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 33. (4) 303-310.
- 140.Schmidt, J. (1997): Pillangós zöldtakarmányok és gyepnövények tartósítási technológiájának fejlesztése. Fehérjegyazdálkodásunk helyzete és fejlesztési feladatai. Tudományos Konferencia Mosonmagyaróvár, Proc. 69-75.
- 141.Schmidt, J. (1998): Sejtfalbontó enzimeket tartalmazó harmadik generációs biológiai tartósítószer fejlesztése. Beszámoló jelentés. Mosonmagyaróvár.
- 142.Schmidt, J. (2001): Korszerű módszerek a zöldlucerna erjesztéses tartósítására. *Takarmányozás*. 4, 12-16.
- 143.Schmidt, J. (2003): A takarmányozástan alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- 144.Schmidt, J. – Kaszás, I. – B. Kissné Kelemen, G. – Sipőcz, J. (1993): Silierung der Grünluzerne mit zellwandhydrolysierten Enzymkomplex enthaltenden biologischen Siliermitteln. *Acta Agronomica Óvariensis*, 35. 2. 125-135.
- 145.Schmidt, J. – Sipőcz, J. (2000): Harmadik generációs biológiai tartósítószer fejlesztése. XXVIII. Óvári Tudományos Napok. V. 13-19.
- 146.Schmidt, J. – Szakács, Gy. – Cenkvári, É. – Sipőcz, J. – Urbánszky, K. – Tengerdy, R.P. (2001): Enzyme assisted ensiling of alfalfa with enzymes by solid substrate fermentation. *Biores. Technol.* 76. 207-212.
- 147.Seale, D.R. – Henderson, A.R. – Pettersson, K.O. – Lowe, J.F. (1986): The effect of addition of sugar and inoculation with two commercial inoculants on the fermentation of lucerne silage in laboratory silos. *Grass and Forage Science*. 41. 61-70.

148. Selmer-Olsen, I. – Henderson, A.R. – Robertson, S. – McGinn, R. (1993): Cell wall degrading enzymes for silage. 1. The fermentation of enzyme-treated ryegrass in laboratory silos. *Grass and Forage Science*. 48. 1. 45-54.
149. Sheperd, A.C. – Maslanka, M. – Quinn, D. – Kung, L. (1995): Additives containing Bacteria and Enzymes for Alfalfa Silage. *Journal of Dairy Science*. 78. 565-572.
150. Sherrod, L.B. – Hollingsworth, L.D. (1971): Nutritive value of sorghum silage treated with biological additive. *Journal of Animal Science*. 22. 57.
151. Shockey, W.L. - Dehority, B.A. – Conrad, H.R. (1985): Effects of Microbial Inoculant on Fermentation of Alfalfa and Cor. *Journal of Dairy Science*. 68. 3076-3080.
152. Shockey, W.L. - Dehority, B.A. – Conrad, H.R. (1988): Effects of Microbial Inoculant on Fermentation of Poor Quality Alfalfa. *Journal of Dairy Science*. 71. 722-726.
153. Smith, L.H. (1962): Theoretical carbohydrate requirement for alfalfa silage production. *Agronomy Journal*. 54. 291-293.
154. Smith, D. (1971): Efficiency of water extraction of total nonstructural carbohydrates from plant tissue. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 22. 445-447.
155. Smith, D. (1973): The nonstructural carbohydrates. In: *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. Vol. I. Academic press, London. 105-155.
156. Somogyi, M. (1952): Notes on sugar determination. *The Journal of Biological Chemistry*. 195. 19-23.
157. Speijers, M.H.M. – Fraser, M.D. – Fychan, R. – Theobald, V.J. – Winters, A. (2002): Evaluation of different silage additives for ensiling lucerne and red clover. XIII. International Silage Conference of Scottish Agriculture College, Auchincruive. 112-113.
158. Spoelstra, S.F. (1990): Effect of cell wall degrading enzymes on silage composition at different ensiling conditions. *Proceedings of the 9th Silage Conference*. Newcastle-Upon-Tyne.

159. Sprague, M.A. – Taylor, B.B. (1970): Forage composition and losses from orchardgrass silage as affected by maturity and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 62, 749-753.
160. Stokes, M.R. (1992): Effects of an enzyme mixture an inoculant, and their interaction on silage fermentation and dairy production. *Journal of Dairy Science*. 75. 764-772.
161. Suhaimi, M. – Bruyneel, B. – Verstraete, W. (1987): Ensilage of ammonia-treated straw in combination with whey by means of alkaline-adapted lactic acid bacteria. *Journal of Applied Bacteriology*. 63. 125-132.
162. Svensson, L – Tveit, M. (1964): Effect of different supplements on the fermentation process in silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 15. 78-82.
163. Szűcsné, P.J. – Avasi, Z. – Kovács, T. (2005): Biológiai tartósítószer hatása a lucerna erjedésdinamikájára és a szenázs aerob stabilitására. *Holstein Magazin*. 2005/3. 26-28.
164. Tatterson, I.N. (1976): The preparation and storage of fish silage. *Proceedings of the Torry Research Station Symposium on Fish Silage*. Paper I. 10.
165. Tengerdy, R.P. – Weinberg, Z.G. – Szakács, G. – Wu, M. – Linden, J.C. – Henk, L.L. – Johnson, D.E. (1991): Ensiling Alfalfa with Additives of Lactic Acid Bacteria and Enzymes. *Journal of the Science of Food and Agricultural*. 55. 215-228.
166. Thomas, J.W. (1978): Preservatives for conserved forage crops. *Journal of Animal Science*. 47. 721-735.
167. Tyrolova, Y. – Vyborna. A. (2008): Effect of the stage of maturity on the leaf percentage of lucerne and the effect of additives on silage characteristics. *Czech Journal of Animal Science*. 53. 330-335.
168. Uvelsi, O. – Saue, O. (1965): Comparison of different additives used in ensiling forage crops 1953-1959. *Meldinger fra Norges Landbrukshogskole*. 44. 12.
169. Van Vuuren, A.M. – Bergsma, K. – Frol-Kramer, F. – Van Beers, J.A.C. (1989): Effect of addition of cell wall degrading enzymes on the chemical composition and the in sacco degradation of grass silage. *Grass and Forage Science*. 44. 223-230.
170. Virtanen, A.I. (1933): The AIV method of processing fresh fodder. *Empire Journal of Experimental Agriculture*. 1. 143-155.

171. Waite, R. – Boyd, J. (1953): The water-soluble carbohydrates of grasses. 2. Grasses cut at grazing height several times during the growing season. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 4. 257-361.
172. Waite, R. (1957): water-soluble carbohydrates of grasses. 3. First and second year growth. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 8. 422-428.
173. Waldo, D.R. – Keys, J.E. – Gordon, C.H. (1975): Parahormaldehyde compared with formic acid as a direct cut silage preservative. *Journal of Dairy Science*. 58. 922-930.
174. Watson, S.J. – Nash, M.J. (1960): The conservation of grass and forage crops. Oliver and Boyd, Edinburgh and London.
175. Weimer, P.J. Lopez-Guisa, J.M. – French, A.D. (1990): Effect of cellulose fine structure on kinetics of its digestion by mixed ruminal microorganisms in vitro. *Applied and Environmental Microbiology*. 56. 2421-2429.
176. Weinberg, Z.G. – Muck, R.E. (1996): New trends and opportunities in the development and use of inoculant for silage. *FEMS Microbiol. Rev.* 19. 53-68.
177. Weise, F. (1967): The action of feed quality sugar as a safety additive for grass silage. *Lanwirtschaftliche Forschung*. 20. 171-184.
178. Weissbach, F. – Reuter, B. – Schmidt, L. – Scherbarth, L. (1986): Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Verfahrens der Welksilageproduktion durch den Einsatz von Siliermitteln. *Feldwirtschaft*. 27. (4) 160-166.
179. White, J.S. – Bolsen, K.K. – Hart, R.A. (1990): Effect of inoculant and enzyme additives on preservation and nutritive value of alfalfa silage. *Journal of Animal Science*, 68, Suppl. 1. (Abstr.) 579.
180. Whiter, R.E. – Kung, L. (2001): Effect of silage additives on ensiling. Conference on Silage: Field to Feedbank North American Conference, Hershey. 187-199.
181. Whittenbury, R. (1961): An investigation of the lactic acid bacteria. Ph.D. Thesis, University of Edinburgh.
182. Wieringa, G.W. (1960): Some factors affecting silage fermentation. Proceedings of the 8th International Grassland Congress, Reading. 497-502.
183. Wiernga, G.W. (1961): The influence of green forages on fermentation. *Futtermkonservierung*. 7. 27-35.

184. Wieringa, G.W. (1962): The influence of chemical composition of grass on its suitability for ensiling. *Landbouwkundig Tijdschrift*. Wageningen. 74. 261-267.
185. Wieringa, G.W. – Beck, T. (1964): Investigations on the use of cultures of lactic acid bacteria in the preparation of silage in small containers. 1. Obtaining active *Lactobacillus* cultures for inoculation trials. *Das Wirtschaftseigene Futter*. 10. 34-44.
186. Wieringa, G.W. (1969): Influence of moisture and nutrient content of forage plants on fermentation processes. Proceedings of the 3rd General Meeting of the European Grassland Federation, Braunschweig. 133-137.
187. Wignall, J. – Tatterson, I. (1976): Fish silage. *Process Biochemistry*, December. 17-19.
188. Wilkins, R.J. – Wilson, R.F. (1971): Silage fermentation and feed value. *Journal of the British Grassland Society*. 26. 108.
189. Wilkinson, J.M. (1978): The ensiling of forage maize: effects on composition and nutritive value. *Forage Maize*. London: Agricultural Research Council (E.S. Bunting, B.E. Pain, R.H. Phipps, J.M. Wilkinson, and R.E. Gunn, Eds.) 346.
190. Winters, A.L. – Fychan, R – Jones, R. (2001): Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. *Grass and Forage Science*. 56. 181-192.
191. Woolford, M.K. (1975): Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C1-C12) as potential silage additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 26. 219-228.
192. Woolford, M.K. (1984): *Silage Fermentation*. Microbiological Series, 14. Marcell Dekker Inc., New York.
193. Wylam, C.B. (1953): Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. 3. Carbohydrate breakdown during wilting and ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 4. 527-531.
194. Zelter, S.Z. (1960): Fermentation behavior of lucerne ensiled by different methods. Proceedings of the 8th International Grassland Congress, Reading. 505-510.
195. Zimmer, F. (1964): Cereal grist and malt as additives in silage making. *Das Wirtschaftseigene Futter*. 10. 257-261.

196. Zhang, T. – Li, L. – Wang, X. – Zeng, Z. – Hu, Y. – Cui, Z. (2009): Effects of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on fermentation, aerobic stability, bacteria diversity and ruminal degradability of alfalfa silage. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 25.6. 965-971.