

DIPLOMADOLGOZAT

Hirják Attila

**Kaposvár
2023**



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök Szak

**Erjesztéssel tartósított tömegtakarmányok erjedésdinamikai
összehasonlító vizsgálata**

Készítette:	Hirják Attila D8L1PL nappali tagozat
Belső konzulens:	Dr. Tóthi Róbert egyetemi docens
Intézet/Tanszék:	Élettani és Takarmányozástani Intézet, Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszék

Kaposvár
2023

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	4
Irodalmi áttekintés.....	9
Szilázsajtók tápláléértéke: az állatok termelésére és egészségére gyakorolt hatásuk	9
A szilázsok előállításában résztvevő fizikai, kémiai és biológiai folyamatok	11
A szilázsok minőségét befolyásoló tényezők	15
A kukorica szilázsáról	17
Cirok, mint silókukorica alternatíva	19
Anyag és módszer	22
A kísérleti adatok statisztikai értékelése.....	23
Kísérleti eredmények	24
Eredmények.....	27
Összefoglalás.....	33
Irodalomjegyzék.....	34

Bevezetés

A különböző gabona keverékek vetése már hosszabb ideje a növénytermesztés részét képezi. Egyes esetekben a növények egymással való szimbiotikus tulajdonságait lehetett kihasználni, így növelve a hozamot, illetve elkerülve a monokultúrák káros mellékhatásait. Az egyes fajok kiegészítették egymást, kölcsönös előnyöket biztosítottak, például a talaj vízkészletének hasznosítását növelték. Egyfajta biztonságot is jelentettek a keverékek hiszen, ha az egyik faj kedvezőtlen időjárás vagy kártevő miatt kiesett, akkor a többi faj még mindig biztosíthatott annyi termést, amit fel tudott használni a termelő. Ezen felül az eltérő gyökérzettel rendelkező növényi komponensek javították a talaj szerkezetét és a tápanyagok hozzáférhetőségét. A hüvelyesekről köztudott, hogy légköri nitrogén megkötésével javítják a talaj nitrogén ellátottságát, így jó állapotú és nem kimerített talajt hagyva maguk után. Ugyanakkor a keverékek alkalmazhatóak bizonyos kártevők és betegségek kivédésére is. Természetesen emellett növelik a biodiverzitást, ami előnyös lehet az élővilág és az ökoszisztéma számára. Manapság a kukorica egyoldalú dominanciáját felváltotta a különböző keverékekkel való kiegészítés, azonban teljes leváltásról nem beszélhetünk.

A gabonakeverékek jelentőségét mutatja, hogy alkalmazásuk egészen az ókorig nyúlik vissza. A hagyományos gazdálkodási rendszerekben a gazdák gyakran termesztettek különböző növényeket együtt ugyanazon a területen, ezzel javítva a talaj termékenységét és kezelve a kártevőket és betegségeket, bár nem biztos, hogy ez tudatosan történt. McAlvay és mtsai (2022) kutatása során kiemelte a gabonakeverékeknek használatát, amelyekben gyakoriak voltak gyomnövényként a később nemesített vadzab és vadrozs. A modern mezőgazdaság 20. századi megjelenésével a monokultúras termesztési rendszerek egyre inkább elterjedtek, mivel ezeket hatékonyabbnak és termelékenyebbnek tartották. Ezzel szemben a keverékek alkalmazása háttérbe szorult. A világ számos területein ma is a monokultúras növénytermesztést részesítik előnyben. Az 1970-es és 1980-as években kutatások folytak a gabona keverékeken alapuló növénytermesztési rendszerekről, amelyek két vagy több növény együttes termesztését jelentették ugyanazon a szántóföldön. E kutatások megállapították, hogy ezeknek a keverékeknek a használata számos előnnyel járhatnak, beleértve a terméshozam növekedését, a talaj egészségének javulását, valamint a kártevők és betegségek okozta nyomás csökkenését. Ezek eleinte azonban bonyolultnak és nehezen kezelhetőnek bizonyultak, ami korlátozta a növénytermesztők általi elfogadását. Donald (1963) azt írja, főként fűfélék és lóhere keverékeivel végzett kísérletében, hogy a keverék hozama alacsonyabb, mint a nagyobb hozamú tiszta állományé, és nagyobb, mint a kisebb hozamú állományé. A vizsgált keverékek

nála vagy nagyobb, vagy kisebb hozamot hoztak, mint a tiszta vetések átlagai, így arra jutott, hogy kísérlete szerint nincs érdemi bizonyíték arra, hogy két legelőfaj jobban ki tudja használni a környezetet, mint egy. Papastylianou (1990) jelentésében ezzel szemben a gabonákkal végzett kísérletében hívja fel figyelmet arra, hogy a keverékek az állatok önkéntes takarmányfelvételére pozitív hatással bírt. A közelmúltban a kutatások olyan gabonakeverékek kifejlesztésére összpontosítottak, amelyek könnyebben kezelhetők és a vetésközi rendszerekhez hasonló előnyöket biztosítanak. Ezek a keverékek gyakran két vagy több gabonafajt tartalmaznak, amelyek növekedési szokásaik és erőforrás-felhasználásuk tekintetében kiegészítik egymást. A keverékek például tartalmazhatnak egy sekély- és egy mély gyökerű fajt. Emellett a modern technológiákat, például a precíziós mezőgazdaságot és a távérzékelést is használják a gabonakeverékek optimalizálására, a fajok és a telepítési sűrűség optimális kombinációjának meghatározásával egy adott területen.

A különböző gabonakeverékek használatának előnyei és hátrányai megnehezítik az alkalmazásuknak elterjedését, ahogy az a kiemelt KSH táblázatában is látható (1. táblázat), évről évre kevesebb területen takarítanak be őszi vagy tavaszi keverékeket.

Betakarított terület (ezer hektár)	2017	2018	2019	2020	2021
Tavaszi takarmánykeverékek	5	3	3	2	2
Őszi takarmánykeverékek	8	7	5	4	5

Betakarított mennyiség (tonna)	2017	2018	2019	2020	2021
Tavaszi takarmánykeverékek	59 748	39 852	38 721	25 328	23 956
Őszi takarmánykeverékek	125 821	104 778	72 223	50 112	71 293

1. táblázat: Az őszi- és tavasztakarmány-keverékek betakarított területének és hozamának alakulása az elmúlt évek alatt. Forrás: KSH.hu

Ezzel párhuzamosan, az általánosan elterjedt silókukorica termesztése egyre nagyobb kihívást jelent. A kukorica több tényező együttes eredéséből fakadóan válik problémássá, ilyen az éghajlat változás, a hozam függése az adott évjárártól és a gombásfertőzésekkel szembe nem álló toxinok jelenléte. Mégis, kedvező táplálóanyagtartalmi adottságai felvetik a kérdést, hogy

egyáltalán pótolható vagy leváltható másik alternatívára, hiszen a keményítő és az energia szolgáltatás terén nehéz a kukoricával szemben versenytársat felállítani.

A klímaváltozás során fellépő problémák nem ismeretlenek a gazdálkodók számára. A kukoricatermesztés nagymértékben függ az időjárási viszonyoktól, és különösen érzékeny az éghajlatváltozás hatásaira. Az emelkedő hőmérséklet, a gyakoribb aszályok és a kiszámíthatatlan csapadékviszonyok mind hozzájárulnak a kukoricatermés csökkenéséhez. A hőmérséklet emelkedésével a kukoricanövények vízigénye is nő, ami az öntözésre való nagyobb rászorultsághoz vezet. Sok régióban azonban a vízkészletek már most is szűkösek, és a megnövekedett vízigény megterheli a meglévő készleteket. Az utóbbi évek szárazsága miatt évek kellenek a talajból hiányzó víz visszapótlására. Ráadásul az időjárás kiszámíthatatlanabbá válásával a gazdák nehezen tudják megjósolni, hogy mikor takarítsák be a kukoricát, ami tovább bonyolítja a folyamatot. E kihívásokkal szemben az új technológiák és gazdálkodási módszerek - például a szárazságtűrő kukoricafajták és a konzerváló mezőgazdaság - felé fordulnak, hogy alkalmazkodjanak a változó éghajlathoz és fenntartsák a kukoricatermést. Az időjárás hektikussága azonban a számító növénytermesztő számításait is keresztbe húzhatják. Ha a tavalyi évet vizsgáljuk, akkor azt tapasztaljuk, hogy ahol szárazság volt ott nem, hogy szemes, de nem ritkán lesilózható kukorica sem maradt. A KSH adatait elemezve egyértelmű, hogy a tavalyi évben rendkívül kevés területen sikerült a kukorica termesztése [2.]. Illetve ott, ahol kényszer aratták a silókukoricát, a csöveken kevés vagy semmi szem nem tudott kifejlődni, így a takarmány energia tartalma rendkívül lecsökkent. Így azok a gazdálkodó szervezetek, amelyek saját felhasználásra termesztettek kukoricát és az aszály miatt termés nélkül maradtak, óriási árat fizettek a kukoricaszilázstól való függésért. Ugyanakkor egyes régiókban nem tapasztalható az országos átlaghoz hasonló károsulás, ami szintén csökkenti a kukorica megbízhatóságát (2. táblázat).

A szilázs rendkívül fontos összetevője a tejtermelő tehenéltartással foglalkozó cégeknek, ezért kénytelenek voltak a 2022-es aszályos év után a táplálóanyagtartalmi értékek kárán más alternatíva felé fordulni, vagy más régiókból silótakarmányt vásárolni. Utóbbi esetben felmerülhet problémaként a vásárolt siló minősége, és gazdasági oldalról a kiadásokra való hatása. A megnövekedett takarmány szállítási kiadások csökkentésére ugyan intézkedett rendelet formájában a Magyar Kormány (28/2022. (IX. 17.) AM rendelet, tömegtakarmány szállítási költségei után igénybe vehető támogatás), ez azonban sokszor nem fedezhette a valós költségeket. A legtöbb esetben azonban nem is azonnal jelentkezett a probléma, hiszen sokan rendelkeztek tavalyiról megmaradt siló tartalékokkal. Ha ezért ebben az időben nem vásároltak szükséges takarmányt, akkor a csökkent kínálat és minőség könnyen komplikáltabbá tehetette a

termelés színvonalának fenntartását. Azoknak, akiknek sikerült silókukoricát betakarítaniuk, az aflatoxinnal kellett megküzdeniük. A kukorica is érzékeny a gombafertőzésekre, különösen a száraz, aszályos időszakban. Ezekből a gombákból származnak azok a másodlagos anyagcsere termékek, a toxinok, amelyek az emberekre és az állatokra egyaránt károsak lehetnek. A leggyakoribb gombafertőzés az *Aspergillus flavus*, amely egy aflatoxin nevű toxint termel. Az említett gombától származó toxin a kukoricán keresztül károsíthatja az állatokat, illetve a teheneken át a tejtermékeket, végül eljut az emberig. Mivel a toxin karcinogén, a fertőzött tej fogyasztása egészségügyi kockázatot jelent. Ez kimagasló problémát a háztáji termelőknél okozhat, ahol nehéz az ellenőrzés és önkéntesen nem biztos, hogy megtörténik. De a nagyobb cégek esetében is jelentős problémát okozhat a toxin, mivel a toxinkötők alkalmazása egyrészt beszerzés szempontjából is költség növelők, valamint a vitaminok és a mikroelemek megkötésével azok pótlásával járó plusz ráfordítás is növeli a kiadást.

	Termésátlag, kg/hektár				
	2 018	2 019	2 020	2 021	2 022
Pest	26 230	25 500	27 950	30 040	15 010
Fejér	40 290	39 880	34 420	29 220	18 570
Komárom-Esztergom	44 200	38 740	41 090	39 160	27 910
Veszprém	32 010	24 310	30 300	24 130	21 490
Győr-Moson-Sopron	30 820	28 220	31 910	28 150	27 050
Vas	28 210	27 090	32 850	24 560	22 910
Zala	39 400	40 050	39 760	28 430	26 990
Baranya	40 030	41 000	31 250	32 700	26 860
Somogy	32 970	38 120	36 830	25 490	28 140
Tolna	30 010	33 850	29 800	24 110	21 100
Borsod-Abaúj-Zemplén	27 680	29 780	31 500	29 240	16 230
Heves	21 570	26 020	31 990	27 150	9 430
Nógrád	21 780	23 620	19 830	17 140	15 000
Hajdú-Bihar	30 510	32 000	38 860	26 220	12 480
Jász-Nagykun-Szolnok	30 170	31 590	35 700	21 800	8 750
Szabolcs-Szatmár-Bereg	26 130	34 220	37 810	33 000	16 060
Bács-Kiskun	25 180	30 040	34 160	19 720	13 900
Békés	33 930	31 290	37 150	25 110	12 810
Csongrád-Csanád	29 820	32 330	33 260	22 280	11 870
Ország összesen	30 920	31 500	33 720	26 720	17 550

2. Táblázat: A vármegyéenkénti eltérések a termesztett silókukorica hozamában 2018-2022 között. Forrás: KSH.hu

A kukorica leváltásának egyik lehetséges megoldása a korai betakarítású gabonakeverékek használata. Ezeket a keverékeket, amelyek olyan gabonafélék kombinációjából állnak, mint a búza, az árpa és a zab, illetve hüvelyesek, a száraz időszak előtt lehet betakarítani és későbbi felhasználásra szenázst vagy szilázst készíteni belőlük. A korai betakarítással a gazdák elkerülhetik az aszály és a kiszámíthatatlan időjárás okozta kockázatokat, amelyek gyakran hatással vannak a kukoricatermesztésre. Továbbá, mivel ezek a gabonafélék a kukoricánál

ellenállóbbak az aszályokkal szemben, megbízható alternatívát kínálnak, amely segíthet biztosítani az állatállomány folyamatos takarmányellátását. A korai betakarítású gabonakeverékek további előnye, hogy javítják a talaj egészségét, és csökkentik a műtrágyák és növényvédő szerek szükségességét. Emellett korán kerülnek le, így a másodvetés lehetősége is fennáll.

Irodalmi áttekintés

Szilázsfajták táplálóértéke: az állatok termelésére és egészségére gyakorolt hatásuk

A szilázsok, szenázsok alapvetően hüvelyesekből, fűfélékből, kukoricából és ezek különböző arányú keverékeiből készülnek. Mindegyik kissé eltérő módon hat a termelésre, illetve jelentősen befolyásolhatják a tehéntartásból származó tej táplálóanyagtartalmát. Dewhurst (2013) tehenekkel végzett vizsgálata során megállapította, a fűszilázsokhoz képest a hüvelyes szilázsokból többet fogyasztottak az állatok, amit a bendőfermentáció, a fizikai lebontás és a bendőből való kilépési sebességgel magyaráz. Az emészthetőség hüvelyes és kukorica szilázsoknál alacsonyabb a fűszilázsokhoz képest, mégis előbbieknél volt magasabb a tejhozam. Emellett az emészthetőség csökkenésének üteme szintén lassabbnak bizonyult hüvelyes és kukorica szilázsoknál. A táplálóanyagtartalmi paraméterek is különbséget mutattak, ugyanis hüvelyes szilázs fogyasztásával csökkent a tej zsírkoncentrációjának aránya, a zsírsavak közül pedig a 18:2 n-6 és a 18:3 n-3 zsírsavak szintje mutatott növekedést. A bendőben a csökkent biohidrogénezés oka a takarmány áthaladási sebességének gyorsulásával magyarázható. A hüvelyesek magas fehérje- és N-tartalma nem okozott lebontási problémát, mivel a takarmányból származó N alacsony hatékonysággal épül be a tejbe, és a vizeletben halmozódik fel. Ez a negatív mellékhatás a kukorica szilázs keverékbe építésével megszüntethető, különösebb termelési potenciál csökkenés nélkül. A kukorica szilázs szárazanyag tartalma közvetlenül befolyásolja a tejtermelést; az éretlen vagy túlrett kukoricatermés mindkét esetben csökkentő hatással bír. Előbbi jellemző igaz volt a 2022-es évben az aszály okozta korai vagy vész betakarítással előállított silókukoricára. A fűszilázsok esetében, a kevesebb fogyasztás ellenére magasabb fehérségi pontszámot és jobb textúrát adó tejet produkáltak a tehenek, aminek oka a magasabb β -karotin-szinttel függ össze. Egy régebbi kutatásban, amelyet Setälä és mtsai (1985) végzett 96 féle fűszilázzsal, a nyersfehérje és a szárazanyag emészthetőségének változását vizsgálták. Nyersrostnál azt találták, hogy a többlet rost inkább védte a fehérjét az emésztés során, míg a szárazanyagban megnövekedett nyersfehérje kedvezett a megváltozott arányok miatt kedvezett a fehérje emésztésnek. A szárazanyag emészthetőségét a nyersrost szintén csökkentette, az N-mentes kivonható anyagok pedig növelték azt.

A szilázsok állatokra és emberekre gyakorolt lehetséges egészségügyi hatásáról Driehuis és mtsai (2018) az írják, hogy a megfelelően elkészített silónál csökkent valószínűséggel fordulhat

elő kémiai és mikrobiológiai egészségügyi kockázat. A *Clostridium* törzsből a szilázsokkal is összefüggésbe hozható patogén faj a *C. botulinum*. A *botulinum* faj által előállított olyan fehérjetoxin, amely botulizmust okozó idegméregként hat. Ennek a toxinnak 7 csoportja ismert (A-G), amelyből a C, D állatokra, a B pedig állatra és emberre nézve lehet fertőző. Mivel a *Clostridium* fajok 4,5 pH felletti tartományban, illetve magas takarmánynedvességben és vízáktivásban szaporodnak jól ezért, ha a savanyítás 3 napon belül sikeresen csökkenti a pH-t, akkor jellemzően nem tudnak gondot okozni. Azonban a szilázs összetételére is ügyelni kell, mivel vannak (a későbbiekben részletezett) takarmánynövények, amelyek pufferkapacitásuk révén megnehezítik a pH csökkenést, például a hüvelyesek. A bacillusok aerob vagy fakultatív anaerob spóráképző baktériumok, amelyek közül a *Bacillus cereus* jelenthet különösen problémát. Az élelmiszeren keresztül emberre is fertőző kórokozó. Többek között a talaj, a szilázs és más takarmányok, valamint az alomanyagok lehetnek spóráinak forrásai. Az aerob spóráképzők a szilázs felszíni rétegében és penészes területein könnyen szaporodnak, ami aerob romlást indít. 4,6 pH alatt gátolt a terjeszkedése, azonban a sérült, aerob körülményeket produkáló részekben hamar felszaporodik, majd a spórák érintetlenül áthaladnak a marha bélrendszerén, ahonnan kijutva a fejési műveletek során a nyers tejbe kerülhet. A *Listeria monocytogenes* egy fontos betegség, a listerózis okozója, amely mind állatot és embert is megbetegítő fertőzést idéz elő. Két formában lehet jelen; az enyhébb tüneteket produkáló, nem invazív; és a súlyos betegségekért felelős invazív változat. A fertőző kórokozó főforrása a szilázs, a beteg állatoknál agyvelőgyulladást, méhfertőzést okozhat, amely vetéléshez vezet. 0-45 °C közötti hőmérsékleten és alacsony, 4,3-as pH-n is szaporodó képes, illetve ami még fontosabb, hogy a stresszes körülményeket is hosszabb ideig képes eltűrni, például a jól konzervált szilázsban. Származhat ürülékből, talajból, növényi vegetatív részekről, felszíni vizekből. A felületi aerob romlást mutató szilázsokban könnyen elszaporodhat, ezért a helytelenül vagy nem jól tömörített szilázsok a legérzékenyebbek rá. A nyerstejben való előfordulása a *B. cereus*-nál említett módon, ürüléken keresztül történhet, de emellett a megbetegített állat tején keresztül is fertőzhet, illetve tüdőgyulladást is okoz a teheneknél. Az *E. coli* baktériumok ismert törzset reprezentálnak, mivel képviselőjük gyakran nem patogén, a bélflóra normális alkotó eleme. A fertőző ágens a shiga toxintermelő törzs, röviden STEC. Ez az enterobaktérium családjába tartozó, fakultatív anaerob kórokozó az enyhe bélpanaszoktól a súlyos megbetegedésekig terjedő, mint például a vérzéses vastagbélgyulladás, a hemolitikus urémiás szindróma és a végstádiumú vesebetegség okozója. A szarvasmarhákban nem okoz tünettel járó betegséget, ürülékkel ürül. A jól elkészített szilázsban nincs jelen, azonban a magas pufferkapacitású szilázsokban, a lassabb pH csökkenés miatt, több mint két hétig kimutatható

(Ogunade és mtsai, 2016). A levegő beszívargása ennél a törzsnél is jelentősen növeli a további elfertőződés kockázatát, ezzel növelve egy kialakuló körforgás veszélyét. A szarvasmarha-tuberkulózisért felelős *Mycobacterium bovis* a szilázsba főleg vadállatok által kerülhet be. Az 5 alatti pH-értéknél csökken az aktivitása, szaporodása gátolt, azonban az aerob körülmények során tapasztalható pH növekedés elősegíti fertőzését. Ha lehetséges mindenképp kizárandó a vadon élő állatok hozzáférése a siló kijárat oldalához és a takarmányvályúkhhoz. A rosszul kezelt szilázsoknál jellemző a penészgombák jelenléte, amelyek közül az *Aspergillus fumigatus* nemcsak állatokban, hanem emberekben is okozhat fertőzést, a belélegzett spóráin keresztül. Másrészt a mikotoxinok termelésében is szerepet játszik, amelyek további egészségügyi kockázatot jelentenek. A csökkent tüdőfunkcióval rendelkező személyeknél különösen veszélyes lehet a kórokozó. A mikotoxinok több, növényi részekről származó penészgombák által is jelen lehetnek a szilázsokban. Ezek közül kiemelt jelentősége az aflatoxin termelő penészgombák okoznak komoly problémát. Az aszályos időszakok elősegítik a terjeszkedését, így a 2022-es évben különösen nagy problémát jelentett, illetve hatása a következő évben is érezhető, hiszen a felhasznált és 1 év múlva kibocsátott, takarmányozásra is alkalmas ipari melléktermékek is toxinokkal fertőzöttek. Az aflatoxin tejbe való átvitelével az emberi egészségre nézve is veszélyt jelent. A zsírba épülve egy nehezebben ürülő toxinról van szó, ezért a védekezés alapját a megelőzés, illetve a már fertőzött takarmány esetében a toxinkötők alkalmazása adja. Utóbbi esetében megjegyzendő, hogy sokszor a hasznos vitaminok, ásványi anyagok is kivonásra kerülnek a toxin mellett. A leírt egészségügyi kockázatot jelentő tényezők elkerülhetőek a megfelelő silózási gyakorlatok, és a megfelelő alapanyag felhasználásával.

A szilázsok előállításában résztvevő fizikai, kémiai és biológiai folyamatok

A gazdálkodók és az állattenyésztők számára a szilázs fontos takarmányforrás, hiszen hosszú távú tárolhatóságával az állatok számára egész évben rendelkezésre áll. A szilázs minőségének biztosítása érdekében azonban az előállítása során számos fizikai és kémiai folyamatnak kell végbe mennie. A szilázs előállításában fontos szerepet játszanak az enzimek, a mikroorganizmusok és az olyan környezeti tényezők, mint a hőmérséklet és a nedvességtartalom. Az előállítás első lépését Chiba és mtsai (2005) több lépésben foglalták össze. A megfelelő időpont kiválasztása a betakarításra kiemelkedő jelentőségű, a táplálóanyagtartalomra, szárazanyag tartalomra és érettségre való hatás miatt. Emellett a megfelelő méretre szecskázás is a betakarítógép feladata. A nedvesség tartalom beállítása a kezdeti érési folyamatokat befolyásolja, akár csak az elégséges taposás, a gyors, teljes lezárása

a silónak és a takarás esetén nagy súlyok alkalmazása. Abban az esetben, ha később történt a betakarítás vagy az évjárat okozta nehézségek miatt kevés a cukor, akkor melasszal vagy egyéb mellékanyagokkal ezeket a tényezőket ellensúlyozni lehet. Fontos a siló készítése során teljeskörűen a madaraktól, rágcsálóktól vagy akár emberi károktól való védelmet is ellenőrizni. Illetve, lényeges a rövid munkaidő tartása a silók feltöltésekor, a szilázs táplálóanyagtartalmi paramétereinek megőrzése érdekében.

Az erjedési folyamatokért baktériumok felelnek, amelyek közül a legfontosabbak a tejsavbaktériumok. Pahlow és mtsai (2003) vizsgálták a különböző baktérium törzsek szerepét az szilázsok érése során. Azt tapasztalták, hogy a tejsavbaktériumok jelentős szerepük ellenére rendkívül kis számban vannak jelen betakarítás előtt. Ez annak köszönhető, hogy a kedvezőtlen körülmények fennmaradásáig a többi mikroorganizmushoz hasonlóan a tejsavbaktériumok is nyugalmi fázis állapotában vannak. A megfelelő szilázs készítés következtében számuk sokszorosra lesz, de már vágás után, az aerob körülmények mellett is 100-szorosára nőhet. Ennek oka a betakarítógép által felaprított növényi szövetekből származó növényi sejttartalom mikroflórával való keveredése lehet, amely szaporodásra serkenti ezeket a baktériumokat. A tejsavbaktériumokkal szemben, az enterobaktériumok szaporodására nem egyértelműen hat a betakarítás, számuk ingadozó és rendszertelennek bizonyul. Az enterobaktériumok általában a második legnépesebb baktériumcsoportja a silónak, így a tejsavbaktériumokkal versengő pozícióban vannak. Elsősorban ecetsavat termelnek, illetve a nitritek és nitrogénoxid termelésért felelősek. A már említett törzsek nem csupán a növények vágatlan állapotában vannak jelen, hanem a betakarítás után is kimutathatóak, ellentétben az élesztőkkel, amelyek a betakarítás előtti, álló növényen fordulnak elő. Az élesztők közül egyesek a fermentáció későbbi szakaszában dominálhatnak, aerob körülmények között is, azonban ezek csupán 10%-át teszik ki a teljes élesztőflórának. A penészgombák szintén aerob körülmények között növekednek, de vannak a csökkent oxigénhez alkalmazkodott fajok is, illetve egyesek az alacsonyabb kémhatás és a szerves savak jelenlétét is jobban tolerálják. A toleráns fajok közül a silóban nyomokban rendelkezésre álló oxigént legjobban a *Byssoschlamys nivea*, *Monascus ruber* vagy *Penicillium roqueforti* képesek kihasználni. A clostridiumok és a bacillusok nemzetségének tagjai ritkán fordulnak elő lábon álló növényeken. Ezek elsősorban a talajból és az állati trágyából származó szennyeződésből származnak, és mindkét baktériumcsoport magas pH-n tud optimálisan szaporodni, így jelenlétük a hibás erjedési folyamatokra vezethető vissza. Megtelepedésük után azonban gyorsan szaporodnak és rontják a siló minőségét. Az ecetsavbaktériumok jellemzően a kukorica szilázsokban okozhatnak aerob romlást, a propionsavbaktériumok pedig befolyásolhatják az erjedési és tárolási tulajdonságokat.

Pitt és mtsai (1991) és Limin Kung (2010) mind a silózandó növény szárazanyag és beltartalmával kapcsolatban kutattak, amelyek a szilázs erjedési folyamatát befolyásoló tényezők közül az egyik legfontosabbak. A szárazanyag- és tápanyagtartalomra a legveszélyesebb a levegőnek való túlzott kitettség, és az ez által, a levegőben jól fejlődő, nemkívánatos mikrobák anyagcseréjének meghosszabbítása. Ez ugyanis rossz erjedéshez, vagyis a tejsavbaktériumok szaporodását gátló, ezáltal tápérték csökkenéshez vezethet. Az ilyen, aerob romlásnak indult szilázs gyorsan felmelegszik és megromlik, elveszítve a szárazanyag tartalma nagy részét, ez a szám akár 30-40% is lehet. Azonban nem kell ilyen mértékű romlás ahhoz, hogy jelentős veszteség keletkezzen. Egy két napnyi levegőnek való kitettség hatására 6% is lehet az anyagvesztés, ráadásul a kiváló minőségű silótakarmányok általában a könnyen romlóak. A táplálóanyagtartalmi paraméterek közül is több instabillá vagy érzékennyé teheti a szilázst. Ezek közül a magas keményítőjű és cukorkoncentrációjú növények hajlamosak arra, hogy élesztőgombát tartalmazzanak. Ezért ügyelni kell ezeknek a betakarításakor és silózásakor a megfelelő körülmények megteremtése. Ez gyakorlatban sokszor a tejsavbaktériumok gyors felszaporítását célzó kezeléseket jelenti. Azonban a tejsav gyenge gombaölő képességgel rendelkezik. Ezzel szemben az ecetsav és a propionsav jó gombaölőknek bizonyulnak, így gombafertőzés gyanújánál az ilyen mikroorganizmusokat tartalmazó oltószerek alkalmazása jobban visszaszorítja az élesztő és penészgombákat, mint a tejsavbaktériumok. Megjegyzendő, hogy csakis ellenőrzött körülmények között igaz az előbbi állítás, ugyanis kontrol nélkül nem csak az ecetsavat, de a vajsavat termelő baktériumok is elszaporodhatnak, és bár utóbbi a legalkalmasabb visszaszorítani a gombákat, azonban az egyéb káros tényezők, így a nagyobb szárazanyagvesztés és fehérjebontás elkerülése érdekében nem alkalmazandók. Ügyelni kell a silózás időzítésére is, ugyanis a nagy melegben a mikrobák növekedése gyorsabb ütemű, ami csökkenti a kockázatmentes időszakot a levegővel való érintkezés szempontjából. A levegő gyors kiküszöbölése mellett a takarmány egyenletes eloszlása, illetve a megfelelő siló méret és az aerob romlás megelőzéséhez szükséges mennyiségű napi takarmány használata is csökkenti a fertőzés kockázatát.

Természetesen maga a szilázs alapanyagát adó növényfaj is hatással van a fermentáció kimenetelére. Buxton és O'Kiely (2003) a különböző szilázs típusok közti különbségek vizsgálatával rámutatott a fű, hüvelyes és kukorica alapú szilázsok erjedése közötti eltérésekre. A pufferkapacitás, vagyis a kémhatás változásával szembeni ellenállóság ismeretében jól meghatározható egy adott szilázs fermentálhatósága. Elmondható, hogy általánosságban a hüvelyes növények magas pufferkapacitással rendelkeznek, a silókukorica alacsony, a fűfélék pedig köztes értékkel. A pufferkapacitást a különböző anionok; szerves sók, szulfátok, nitrátok

és kloridok adják, a fehérjék körül belül 10-20%-át adják ennek az értéknek. A takarmánynövény vízkoncentrációja szintén fajtól is függhet. A víz fontos összetevő, mivel az erjedést és az aerob romlást is befolyásolja, felesleg esetén szennyvízként jelentkezhet a silóban. Tömeget is ad, így hozzájárul a siló tömörödéséhez, illetve az anaerob körülmények kialakulásához. Ha a nagy szárazság hatására csökken a nedvesség, akkor az élesztő- és penészgombák dominanciájával lehet számolni, azonban a túlzott nedvesség a már említett problémákon kívül az elhúzódó erjedéshez vezet, és tápanyagok von ki a takarmányból. Ezeket a szempontokat mérlegelni kell, és csak akkor hagyni száradni a lekaszált kultúrnövényt, ha az a nedvesség tartalma miatt indokolt.

Pahlow és mtsai (2003) szerint a fermentáció fázisai négy lépésben írhatóak le. Ezek a kezdeti aerob; a fő fermentációs; a stabil és a kijuttatási fázis. A kezdeti aerob szakasz a betakarítástól az oxigén kimerüléséig tart, ahol a levágott növények még lélegeznek, és a tömörítés hatására egyre inkább deaktiválódnak a penész- és élesztőgombák. Minél rövidebb ez a szakasz, annál jobb minőségű szilázs kerül előállításra, hiszen csak mérsékelten bomlanak le a cukrok, így kevesebb a szárazanyag veszteség. A főfermentáció során az anaerob környezetnek köszönhetően az enterobaktériumok, clostridiumok, illetve néhány élesztő törzs versenyeznek a lactobacillusokkal. Ahogy növekszik a tejsav termelés, úgy csökken az enterobaktériumok, clostridiumok élettere. A stabil fázisban a savas környezet és az oxigén hiány hatására az aerob mikroorganizmusok száma jelentősen csökken. A szénhidrátok és fehérjék hidrolízisét a savtűrő enzimek képesek már csak fenntartani. A végső pH függ a silózott növény fajtól is. Ebben a szakaszban a siló hosszabb ideig is eltartható. Ezt a konstansnak tűnő állapotot a kijuttatási fázis pontos betartásával meg lehet őrizni. Ilyenkor a legsérülékenyebb a silótakarmány, mivel a magas tejsav és maradék szénhidrát a romlásért felelős élesztőgombák szubsztrátjai. A levegő bejutásával szaporodni kezdő penészgombák, élesztőgombák és ecetsavbaktériumok savakat, cukrokat és fehérjéket fogyasztják el, hőt szabadítva fel, ezzel jelentős változásokat okozhatnak a kémiai összetételben, továbbá a kémhatás emelkedésével más mikroorganizmusok, amelyeket az alacsony pH szint eddig gátolt, elszaporodhatnak, és tömeges romláshoz vezethetnek. A szilázsnak megfelelő réteg eltávolításával és a siló épségének óvásával ez elkerülhető. Kleinschmit és Kung (2006) tejsavas erjedés során két irányt figyelt meg, a tejsavbaktérium típusától függően. Az egyik esetben a homofermentatív útvonalon szinte kizárólag tejsav képződik (>85%), és kevesebb energia felhasználása mellett zajlik le. A másik pedig a heterofermentatív út, ahol a tejsavbaktériumok a hexóz-fermentációból származó szárazanyag veszteséget mutatnak a CO₂-termelés, valamint a tejsav-, ecetsav- vagy etanoltermelés miatt. Bár a heterolaktikus útvonal szárazanyag veszteséget

okoz, az ecetsavkoncentráció részleges növelése javítja a szilázs aerob stabilitását, mivel az ecetsav gátolja az élesztők aktivitását a kijuttatási fázisban.

A szilázsok minőségét befolyásoló tényezők

A különböző szilázsok minőségi paramétereit több tényező is befolyásolja. Vannak a betakarítás előtti és utáni faktorok, amelyek kihatnak a szilázs veszteségeire, ilyen a növényi anyag nedvességtartalma, az erjesztési folyamat során az oxigén jelenléte és az adalékanyagok, például a baktérium oltóanyagok, amelyek használatától függően nagymértékben változhat a minőség. Mahanna és Chase (2013) szerint a meglévő silóban a fermentált takarmányok etetési szakasza kulcsfontosságú, mégis gyakran elhanyagolt. A szilázs szárazanyag-veszteségének akár 50%-a másodlagos aerob romlás miatt következik be. Azt is figyelembe kell venni, hogy a fű- vagy fűvel kevert hüvelyes szilázsok aerob szempontból stabilabbak, mint a gabonaszilázsok. Általában a gondot a nagy felület bontása után megtelepedő, az aerob stabilitási problémákat okozó élesztőgombák, penészgombák vagy aerob baktériumok megnövekedett populációja okozza, illetve az erjesztetlen vízben oldódó szénhidrátok feleslege. A minőséget negatívan befolyásoló folyamatok kezdete megelőzhető már a tárolószervezetek körültekintő tervezésekor. Siló tároló létesítésekor figyelembe kell venni az etetett napi tömegtakarmány mennyiségének mértékét. Fontos, hogy a hagyományos, tornyos silókból télen legalább 5, nyáron pedig legalább 10 cm vastagságú takarmány kerüljön felhasználás során eltávolításra. A silóterek vagy bunkerek megfelelő homlokzati kezelése minimalizálhatja az oxigén expozíciót, ezért nagyon fontos szerepe van az évi ellenőrzésnek és a megfelelő tömítők alkalmazásának. A termelőknek mérlegelniük kell a silóból egy nap alatt felhasznált takarmány mennyiségét és a felszíni veszteségek minimalizálása érdekében az állatlétszám alapján használt napi takarmányhoz igazítani annak méretét. A megfelelő méretű silóval való rendelkezés mellett a betakarítás utáni betárolás a legmeghatározóbb a szilázs minőségi paramétereinek kialakításában. Johnson és mtsai (2002) kutatásuk során megfigyelték, hogy a részecskeméret, a csomagolási sűrűség és az aerob stabilitás mind összefüggenek egymással. Ugyanis nagyobb fokú tömörítés esetében, a kiszorított levegővel az oxigén se tud behatolni a szilázsba. Minél jobb a tömörítés mértéke, annál kisebb az oxigénnek való kitettség mértéke, amely növeli a takarmány aerob stabilitását. Vizsgálatukban a kukoricaszilázs emészthető anyagtartalma az érés során növekedett, amelyet az aerob stabilitásnak tulajdonítottak. A tömörítés a mechanikai feldolgozás, kezelés segítségével is növelhető. A megfelelő szemcseméret nem csak a szükséges sűrűség, hanem a fermentációs

folyamatok kedvező lezajlásban is jelentős szereppel bír. További módszerek közé tartozik, a megfelelő erjedési folyamatok elérése érdekében, az oltóanyagok használata. Tejsavtermelő baktérium törzsszel való oltás nagyban hozzájárul az aerob stabilitás kialakulásához az által, hogy elszaporodásukkal csökkentik pH-t, illetve ezzel redukálják is a káros folyamatokat indító törzsek szaporodásához szükséges feltételeket. A szilázsoltóanyagok gyakorlati jelentősége már régóta ismert, Weinberg és Muck (1996) kutatása szerint azonban nem csak a silótakarmányok eltarthatóságára hatnak ezek az adalékanyagok, hanem az állatok teljesítményére is. Egyes oltóanyagok probiotikum tartalommal rendelkeznek a mikroflórára való kedvező hatások miatt. A beoltott szilázsok stabilitására és a termelésre való hatásával kapcsolatban végzett átfogó kísérlete alapján Kristensen és mtsai (2010) az egyes oltóanyagok közül a homofermentatív (vagyis olyan tejsav termelő baktérium törzsek, amelyek elsődleges anyagcsere terméke a tejsav) oltóanyagok nem befolyásolták negatívan a szilázs erjedését vagy aerob stabilitását a kontroll csoporthoz képest. A heterofermentatív (ahol a tejsav mellett széndioxid, ecetsav, etanol, hangyasav, glicerin is keletkezik az anyagcsere során) *L. buchneri* alkalmazása növelte a kukoricaszilázs aerob stabilitását, méghozzá az általános stabilitási idő megduplázásával. Az említett szer emellett növelte a siló pH-értékét és az ecetsav, propionsav, propanol, propil-acetát, propilénglikol arányát, viszont csökkentette a siló tejsavtartalmát. Mindemelett a szerzők szerint nem csökkent a tejtermelés, pontosabban nem befolyásolta termelést a kiegészítőszer alkalmazása, az oltatlan kontrollhoz viszonyítva. Viszont kiemelhető itt is, hogy ezeknek a mérési adatoknak bemutatását a tej mennyiségére korlátozzák, vagyis táplálóanyagtartalmi paramétereket nem ismertetnek, vagy nem mértek. Az *L. buchneri*vel további vizsgálatokat végeztek Tabacco és mtsai (2011), amelyben alátámasztják a stabilitás növelésének tényét, illetve megállapították, hogy más törzsekkel való keverés esetén is fennmaradt ez a tulajdonság. Ezek az oltóanyagok segítenek a szilázs erjedését a heterolaktikusabb erjedés irányába terelni, csökkentik az élesztőgombák számát, és így növelik azt az időt, amíg a szilázs stabil marad a levegőn való expozíció után. A kezelések mindenképpen segítik az aerob károsodás elkerülését vagy csökkentését, azonban a lezárás megfelelő alkalmazása nélkül ezek hiába valók. Savoie (1988) a fóliás takarás szerepét emeli ki vizsgálatában, illetve annak vastagságának mértékét. Elméleti modelljének kidolgozása óta a megnövekedett UV sugárzásnak is ellenálló anyag használta ajánlott, illetve egyre többféle anyagból készült fóliák alkalmazása lehetséges. Borreani és mtsai (2007) egy fekete-fehér, koextrudált oxigénzáró fóliát hasonlítottak össze az akkor még hagyományos polietilén fóliával. Eredményeik szerint az oxigénzáró fólia a romlás és emészthető anyagtartalom csökkenését megfékezi, különös tekintettel azokra a kritikus pontokra, amikor nem megfelelő

menyiségű szilázs kerül eltávolításra takarmányozás során, vagy nagyon magas a környezeti hőmérséklet. Ezen felül a megfelelő technikai elemek és előírások betartása mellett is további stabilitás javulást lehet elérni, ilyen fólia alkalmazása mellett. A szilázsok táplálóanyag összetételének és aerob stabilitásának védelme érdekében az említett eljárások alkalmazása és a technológiai protokoll betartása segíthet. A betakarítás előtti prevencióra hívja fel a figyelmet Wilkinson és Davies (2012) a penész- és élesztőgombákkal kapcsolatban. Kutatásuk szerint öt tényezőt kell ellenőrizni és jelenlétük alapján számítani a gombás fertőzésekre: elhalt növények jelenléte a betakarított kultúra alján; a növekedés utolsó napján, hetében megrekedt és időjárás által károsított növények; az előrehaladott érettségi stádiumban lévő növények; a betakarítást megelőző érэшullás; rossz időjárási körülmények között, 2 napig szántóföldön fonnyasztott takarmánynövény. Fontos, hogy a szilázs minőségét befolyásoló tényező a szilázs ammónia tartalma. Spoelstra (1985) szerint az ammónia jelenlétét mérni azért szükséges, mert az a fehérjebontásból származik, így annak mértékének indikátora. A szilázs magas ammóniaszintje a tejelő tehenek szárazanyagfelvételének és tejtermelésének csökkenéséhez vezethet, ezért az ammónia értéke nem haladhatja meg az összes nitrogén 10%-át (Podkowska és mtsai, 2018).

A kukorica szilázsról

A kukoricaszilázs magas tápértéke, ízletessége és emészthetősége miatt népszerű takarmány az állatállomány számára. A szilázs tápanyagtartalma olyan tényezőktől függően változik, mint a termés érettsége a betakarításkor és az alkalmazott tartósítási módszer. Általánosságban elmondható, hogy a kukoricaszilázs jó energia-, fehérje- és rostforrás, és általában elsődleges takarmányként használják a tejelő és húsmarha takarmányozásban. A kukoricaszilázsok táplálóanyagtartalmi értékeinek különbségeivel kapcsolatban kutattott Khan és mtsai (2014). Azt találták, hogy a kukorica esetében nagy tápértékbéli ingadozásokat okozhat az aktuális évjárat jellemzői. A tápanyag-összetételt, így az emészthetőséget is a betakarításkori érettség, így a tábla homogenitása is befolyásolja. A túl korán silózott kukoricának alacsony a keményítő/NDF aránya, ami csökkenti a szárazanyag bevitelt. Tejelő teheneknél ez a termelés minőségének szempontjából is probléma, mivel alacsonyabb tej- és tejfehérje hozamot eredményez. Az optimális érettség feletti betakarítás szintén csökkenti az említett paraméterek értékeit. Megjegyzik, hogy a kukorica viszonylag alacsony nyersfehérje tartalommal rendelkezik, azonban az jól emészthető. A fűszilázsokból származó tejtermelés növelhető a megfelelő arányú kukoricaszilázs takarmányba keverésével. Grant és Ferraretto (2018) a kukoricaszilázs szarvasmarhákra gyakorolt hatását vizsgálta, az emésztési tényezőket

figyelembe véve. Azt tapasztalták, hogy a takarmány NDF-tartalma, emészthetősége és szemcsemérete befolyásolja a rostfelvételt, a rágási viselkedést, a bendőforgalmat és végső soron a tejtermelés hatékonyságát. A hosszabb szecska méret és a rost arányának növelése emeli a rágás időt, és fokozza a válogatási kedvet. A rágási idő azért megemlíthető, mert az állatok pihenéssel eltöltött idejéből vehet el, ami termelési problémákat idézhet elő. Ha a takarmány NDF emészthetősége magasabb vagy csökken az NDF-tartalom, illetve kisebb a szemcse méret, akkor redukálódik a rágási idő. Az NDF-emészthetőségének javítására irányuló stratégia lehet a lignin vagy az emészthetetlen frakciók koncentrációjának csökkentése. A lignin tartalom az éréssel folyamatosan növekszik, ezért az optimális betakarítási idő kiválasztása kritikus a kukorica szilázs esetében. Emellett a különböző hibrideknek eltérő NDF tartalma lehet. Bender és mtsai (2016) vizsgálatukkor megállapították, hogy a fű alapú szenázsok NDF tartalma magasabb az erjesztett kukorica és a lucerna értékeinél, viszont a kukorica könnyebben emészthető rostokat tartalmaz. Az említett módszereken kívül, különböző adalékanyagokkal további módon befolyásolható a kukoricaszilázs. Nkosi és mtsai (2011) szerint jelentősen javítható a kukoricaszilázs minősége az oltóanyagokkal. Ezek ugyanis javítják az erjedést, a látszólagos emésztést, a N-visszatartást. Kísérletükben használt tejsavbaktérium oltóanyag nem csökkentette a pH-t, ami a várákosokkal nem megegyező. A vízben oldódó szénhidrátok mennyisége fontos a tejsavbaktériumok számára, mivel ez tartalmazza a növekedésükhöz szükséges szubsztrátokat. A kezelést követő 90. napon a kontroll szilázs magasabb arányban tartalmazott ilyen szénhidrátokat, vagyis az oltott szilázsokban a tejsavbaktériumok többlet jelenléte a nagyobb hasznosított anyagokból kimutatható volt. Emellett a homofermentatív oltvány (*L. lactis*) használata miatt a tejsav mennyiségének növekedésével egyidejűleg az ecetsav és propionsav koncentrációja csökkent a kontrolléhoz képest. Heterofermentatív baktérium esetében, amilyen a *L. buchneri* is, az ecetsav és propionsavtartalom is növekedett a kukorica szilázsban. Érdekes módon, az első oltóanyag (*L. lactis*) esetében az aerob stabilitás csökkenéséről számolnak be, míg a második esetben növekedett ez az érték. Assis és mtsai (2014) kukoricaszilázson végzett kísérletük eredményéből kiemelik, hogy a különböző oltóanyagok nem alkalmasak a szilázs tápértékének növelésére, mindazonáltal az erjedési paraméterek javításával a minőségen képesek javítani. Több baktérium törzzsel való kísérletezés után arra jutottak, hogy a tejsavbaktériumokkal beoltott kukoricaszilázsok megfelelő minőségének elérése szempontjából az erjedési idő a leglényegesebb tényező. Ugyanis a betakarítás után a lehető leggyorsabban el kell érni az ideális erjedéshez szükséges feltételeket, a minőségi szilázs készítés érdekében. A baktériumon kívül használhatóak kémiai adalékanyagok is az erjedés folyamatának befolyásolására, ezeket vizsgálta Tyrolová és mtsai

(2017). Szervetlen savakat, például hangyasavat vagy kénsavat használtak a szilázs tartósításának javítására közvetlen savasítással, míg szerves savakat, például propionsavat, benzoesavat és szorbinsavat a szilázs aerob stabilitásának növelésére. Eredményeik szerint a vízben oldódó szénhidrátok szintje az erjedés első 10 napja alatt gyorsan csökkent a baktériummal beoltott és a kontroll csoport esetében, ám a kémiai adalékanyaggal kezelt sziláznál ezt nem tapasztalták. Ebből arra lehet következtetni, Nkosi és mtsai (2011) eredményeivel szemben, hogy a vízben oldódó szénhidrátot a kontroll szilázs baktériumai is képesek ugyan olyan mértékben hasznosítani, mint az oltott csoporté. Illetve, ami még fontosabb, hogy kémiai adalékanyag alkalmazása során az erjedés későbbi időszakában is fennmaradhat annyi hasznosítható szénhidrát forrás, ami az aerob körülmények (bontás után) során a problémás törzsek elszaporodásához vezethet. Ennél fogva ez a módszer a fermentáció gátlása során a hasznos baktériumok terjeszkedését is akadályozza. Ezt bizonyítja a kevesebb tejsavbaktérium szám is. Emellett a kémiai eljárással kezelt csoportnál az ecetsav aránya magasabb volt, a többi szilázshoz képest. Ettől függetlenül mindegyik szilázs hasonlóan, 4-es pH alatti értékre redukálódott a 10. napra. Loučka és mtsai (2014) egy más megközelítésből, több évjárat összehasonlítása alapján vizsgálta a kukorica szilázst. Arra jutottak, hogy az adott évjárat közvetetten vagy közvetlenül, de jelentősen hat a kukorica szilázs minőségére. A vizsgált év hatása nem volt érzékelhető a takarmány szárazanyagtartalmánál, viszont a hőmérsékleten és a csapadékon keresztül közvetve befolyásolta azt. A hidegebb és csapadékosabb időszakok, valamint a későbbi melegebb és szárazabb körülmények általában magasabb rost- és alacsonyabb nyersfehérje tartalmat eredményeznek a silóban, míg az optimális esetben, magasabb szárazanyag hozamra lehet számítani, és ezzel lényegesen magasabb heterolaktikus erjedés és nagyobb keményítőtartalom tapasztalható. Newton és mtsai (2012) különböző genotípusú kukoricákon végzett kutatása szerint a kukoricaszilázsok átlag nyersfehérje tartalma szárazanyagra vetítve 6-9%, a szárazanyagtartalma 30-35% közé esik. A minták közül egyik sziláznak sem emelkedett a pH-ja 4 fölé. Nejlon és Kung (2003) szerint a kukorica NDF-tartalmát befolyásolja a vágás magassága, ám az értékek kimagasló különbséget nem mutatnak, így az 41-45% közé tehető.

Cirok, mint silókukorica alternatíva

Olaszországban egyre több régióban terjedt el a cirok szilázsként való alkalmazása az aszály okozta problémák miatt, mivel már régebb óta ismert, hogy cirok a kukoricához képest jobban tűri a szárazságot és az alacsony termékenységű talajokat (Stone és mtsai, 1996). 20 évvel

később már Schneider és mtsai (2020) a klímaváltozás során bekövetkező aszályok miatt veszélyeztetetnek tartják a kukorica szilázs készítést és a környezeti stressz körülményekkel szemben ellenállóbb cirkot ajánlják szilázsokhoz. Vetése késő április és május elejére tehető, és 4-5 hónap múlva betakarítható. Nem csak az aszályt, de a túlzott csapadékot is elviseli, írja az agrarszektor.hu [3]. Ennek ellenére nem tartozik a legnépszerűbb takarmánynövények közé Magyarországon. A cikk szerint ennek oka abban rejlik, hogy a gazdáknak a cirok vetőmagjáért többet kell fizetni, de ezt a KSH kimutatása takarmánynövények esetén cáfolja [4]. Tápanyag igénye kedvezőbb, mint a kukoricáé, itt azonban figyelembe kell venni a fajta sajátosságokat. A magvas.hu oldalán több mint 7 hazai cirok jellemzőit gyűjtötték össze [5], és ennél jóval többféle vetőmag van forgalomban. A fajták kiemelendő jellemzője a tannin jelenlétének mértéke. A tanninok másodlagos növényi vegyületek, amelyek az emésztést és takarmánnyelvét rontó hatásukról ismertek. Számos kutatás, így Huang és mtsai (2018) is arról számolt be, hogy a kondenzált tanninok jótékony vagy káros hatással is lehetnek a kérődzőkre, az állatok által elfogyasztott mennyiségüktől, típusuktól és kémiai szerkezetüktől, valamint a takarmány többi részének összetételétől, különösen a takarmány nyersfehérje koncentrációjától függően. Kutatásiakból arra a következtetésre jutottak, hogy a takarmányban lévő tannin alacsony vagy közepes (<50 g/kg) koncentrációban előnyös a kérődzők számára a fehérje hasznosulásának javítása szempontjából anélkül, hogy negatívan befolyásolná a takarmánnyelvét és a tápanyagok emésztését. Mindazonáltal, mivel a fehérje kicsapó képesség, az antimikrobiális, antiparazita és antioxidáns hatás a tanninok legfontosabb tulajdonságai, ezért ezeket figyelembe kell venni a kérődző állatok takarmányozásában való felhasználásuk szempontjából. A tannin vegyes megítélése miatt egyes cirok fajták, például az Arack, Farmsugro 180 tannintól mentesek, míg a GK Emese esetében kiemelik, hogy ugyan van 1% alatti tannin tartalom, de az az állatok emésztését, étvágyát nem befolyásolja, viszont szerepe van a gombás fertőzések elleni védelemben.

Podkówka és Powkowka (2011) összehasonlításából, amelyet cirok, kukorica és cirok-kukorica (1:1) szilázsokon végeztek, kiderül, hogy a cirok szilázs alacsony szárazanyag-tartalma mellett (20,88%), a nyers hamu, nyersrost tartalma magasabb, míg nyersfehérje, nyerszsír és az N-mentes anyagok aránya alacsonyabb a kukorica szilázsánál. Ebből kifolyólag cirok mellé szükséges lehet egyéb takarmány kiegészítők alkalmazása. A fermentációs jellemzők szerint a cirok szilázs tejsavtartalma elmaradt a kukoricáétól. Nikosi és mtsai (2012) ezzel szemben az édes cirokból készült szilázsánál nagyobb tejsav koncentrációt mutatott ki, mint kukorica kontrol esetében. Ebből következően cirok szilázs esetében az eltérő fajok használata, eltérő eredményeket hoznak. Valószínűsíthetően a cirok fajták közötti különbségeknek köszönhető az

is, hogy az aerob romlásra való érzékenység vizsgálatával kapcsolatban Podkowska és Powkowska találtak a cirok stabilitását támogató, ellenző és a kukorica szilázssal szignifikáns különbséget nem mutató tanulmányokat. Ezzel kapcsolatban tapasztalta Manarelli és mtsai, hogy egy szacharinban gazdagabb cirokfajta magasabb oldható szénhidráttartalommal rendelkezett, ami az élesztőgombák elszaporodásához vezetett. Ennek hatására a silókon belül alkohol képződött. Következésképp szerves anyag vész el, illetve megnövekedik az állatok takarmány elutasítása is. Ez mindenképpen egyféle bizonytalanságot jelent cirok szilázsként való alkalmazásában, hiszen régióktól eltérhet az elérhető vetőmag, gazdaságilag pedig kockázatot jelent a nem megfelelő fajta használat. Ennek az aerob romlásra való érzékenységnek csökkentésére, illetve a jobb minőségű szilázs készítésben van fontos szerepe a tömörítésnek, írja Sucu és mtsai (2016). Sucu és munkatársai kiemelik, hogy a tömörítés, mint szilázs készítés fontos technikai eleme, megfelelő alkalmazás esetén növeli ciroknál is a szerves anyag mennyiségét és a takarmány energia tartalmát (13%-kal cirok, 21%-kal kukorica szilázs esetében). Mivel a kukorica magas energiatartalmú takarmány, ezért minden a cirok energiatartalmát növelő eljárást alkalmazni kell ahhoz, hogy valós alternatíva legyen. Nem csupán a takarmány energia szintje az, amit növelni kell cirok esetében, hanem ezen felül a keményítőtartalomban is elmarad a kukoricától. Cattani és mtsai (2017) arról számol be, hogy több tanulmány szerint laktáló tehenek esetében a cirok szilázssra való átállás után nem jelentkeznek a tejhozamot befolyásoló eredmények. Az azonban megjegyzendő, hogy ezek a takarmányok keményítő kiegészítésként kukoricaliszttal lettek keverve. Ezen felül pedig a tejösszetétel változását ezek a tanulmányok nem vizsgálták, pedig a különböző tejfeldolgozási lehetőségeket ez befolyásolja leginkább. Ezek a vizsgálatok azt sugallják, hogy a megfelelő eljárások és növényhasználat mellett a kukorica helyettesíthető.

Külföldi irodalmi adatok szerint a nagy oldható szénhidráttartalommal rendelkező őszi gabonakeverékekből (pl. búza, őszi árpa, tritikálé és zab), illetve az kimagasló cukortartalommal rendelkező olaszperjéből és gabonakeverékek együttes termesztéséből előállított szilázs jól felhasználható a tejelő tehenek takarmányozásában. A szilázsok erjeszthetőségére vonatkozóan azonban egyelőre csak kevés információval rendelkezünk, ezért egy erjesztési modellvizsgálat keretében értékeltük két keverék erjeszthetőségi paramétereit.

Anyag és módszer

A kísérletet Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campusának kísérleti telepén végeztük el. Két különböző takarmánykeveréket (kereskedelmi termékek, Agroteam S.p.a., Torrimpietre (RM), Via di Granaretto, 26, 00054 Olaszország) vizsgáltunk:

Dakota (40% olaszperje + 30% őszi zab + 10% őszi búza + 5% őszi árpa + 15% őszi tritikálé)

Missouri (40% őszi tritikálé + 30% két őszi zab fajta + 20% őszi árpa + 10% őszi búza)

A kísérleti területen mindkét keverékre 3-3 hektár jutott. Tarlóművelésként mélylazítást és tárcsás művelést hengerrel kombinálva végeztek. A vetés előtt 351 kg/ha műtrágyát juttattak ki (NPK aránya: 16:16:16). A magágyat egy Kongskilde VibroFlex 7400 kultivátorral készítették, emelt ágyon.

A takarmánykeverékek vetése szeptember 29-én történt (75 kg vetőmag/ha), 3 cm mélyen, John Deere 740 A típusú vetőgéppel. A tenyészidőszakban nem alkalmaztak növényvédő szereket. Betakarítás május 4-én történt: Olaszperje: BBCH 51, kalászhányás előtti fenológiai stádium. A keverékeket 32-35%-os szárazanyag-tartalom mellett (24 óra fonnyasztást követően, silózási adalékanyag nélkül) 9 mm-es hosszúságúra szecskáztuk és 5 ismétléssel laboratóriumi körülmények között tartósítottuk és tároltuk. A minták összetételét megvizsgáltuk még silózás előtt (3. táblázat). A keverékek erjedésdinamikai vizsgálatát három alkalommal végeztük el. Kísérleti keverékenként öt mintát bontottunk fel a silózás 7., 14. és utolsó, vagyis a 90. napján (n=15/kezelés).

(n = 20)

Összetevők		
	Missouri	Dakota
Szárazanyag, g/kg	186	173
Nyersfehérje, g/kg DM	125	95
Neutrális detergens rost, g/kg DM	566	532
Összes cukor, g/kg DM	168	140

3. táblázat: A keverékek táplálóanyag-összetétele közvetlenül a silózás előtt

Meghatároztuk az összes keverék szárazanyag, nyersfehérje, nyersrost, neutrális detergens rost (NDF), sav detergens rost (ADF), nyerszsír, nyershamu és összes cukortartalmát. A friss és a

keverékszilázsok kémiai elemzését az AOAC (2006) és Van Soest és mtsai. (1991) szerint végeztük. Közvetlenül a felbontást követően minden laboratóriumi silóból 25 g homogén mintát vettünk. A mintát 100 ml desztillált vízzel összekevertük. 10 perces, keverővel végzett hidratálás után a hígított anyagot egy szöveten keresztül átszűrtük, majd digitális pH-mérővel (Metrohm 744, Svájc) meghatároztuk a pH-t. A tejsav mennyiségét nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás (HPLC) módszerrel mértük (Megias és mtsai. 1993). Az ecetsavat, a vajsavat, a propionsavat és az etanolt gázkromatográfiával mértük (Crompak, Model CP 9002, Hollandia), Playne (1985) leírása szerint. Az ammónia koncentrációt módosított Berthelot-módszerrel határoztuk meg (Chaney és Marbach, 1962).

Az aerob mezofil mikroorganizmusok és a penész- és élesztőgombák számát a silózott takarmány három vizsgált napján (7, 14 és 90 nap) a MATE laboratóriumában határoztuk meg a szabványos laboratóriumi protokollok (EN ISO 4833-1:2013 és EN ISO 21527-1:2008) szerint, szabványos diszperziós lemezes módszerrel (Pitt és Hocking, 2009). Az összes mikrobiológiai számot grammonként, kolóniaképző egységekben (CFU g⁻¹) fejeztük ki, és log₁₀-re transzformáltuk, hogy normális eloszlást kapjunk.

A kísérleti adatok statisztikai értékelése

Az adatokat az ANOVA GLM eljárásával elemeztük SAS 9.1 szoftver (SAS Inst. Inc., Cary, North Carolina, USA) segítségével. A szignifikáns különbségeket, az átlagok post hoc összehasonlítását követően Tukey-teszttel értékeltük. A P<0,05 szignifikanciaszintet használtunk. A táplálóanyag-összetételre, a fermentációs jellemzőkre és a mikrobiológiai számra vonatkozó változókat, a három vizsgált napon, a különböző takarmánykeverékek és ezek kölcsönhatását a következő modell segítségével számítottuk ki:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

ahol Y_i a megfigyelés az i^{th} -ik felbontott nap, j^{th} a takarmánykeverékek és ezek kölcsönhatása, μ az általános átlag, α_i az i^{th} -ik felbontott nap hatása, β_j a j^{th} -ik takarmánykeverék hatása, γ_{ij} a felbontott napok és a takarmánykeverékek kölcsönhatása és ε_{ij} az átlag standard hibája.

Kísérleti eredmények

Táplálóanyag tartalom

A minták táplálóanyagainak mérése a 7. napon

	SZA	NYF	NZS	NYR	NDF	ADF	cukor
Missouri	30,46 ^a	10,24 ^a	2,16	29,94 ^a	56,88 ^a	32,42	17,26 ^a
Dakota	36,00 ^b	9,4 ^b	2,1	28,08 ^b	52,9 ^b	32,28	18,54 ^b
SEM	0,542	0,382	0,177	0,504	1,095	1,174	2,591
P	< 0,05	< 0,05	ns	< 0,05	ns	ns	ns

4. táblázat: A keverékek táplálóanyagtartalma az erjedés 7. napján

A minták táplálóanyagainak mérése a 14. napon

	SZA	NYF	NZS	NYR	NDF	ADF	cukor
Missouri	35,54	9,98	2,44	29,94 ^a	57,56 ^a	32,56 ^a	18,38 ^b
Dakota	34,60	10,38	2,68	27,90 ^b	53,34 ^b	30,38 ^b	14,04 ^a
SEM	1,052	0,749	0,157	1,287	1,685	1,232	0,658
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	< 0,05

5. táblázat: A keverékek táplálóanyagtartalma az erjedés 14. napján

A minták táplálóanyagainak mérése a 90. napon

	SZA	NYF	NZS	NYR	NDF	ADF	cukor
Missouri	33,06	11,70 ^b	2,96 ^a	35,10	66,66 ^a	38,16 ^a	13,30 ^b
Dakota	32,38	12,56 ^a	3,74 ^b	34,10	61,92 ^b	34,48 ^b	10,28 ^a
SEM	1,199	0,935	0,201	1,434	3,313	3,817	1,479
P	ns	ns	< 0,05	ns	ns	ns	ns

6. táblázat: A keverékek táplálóanyagtartalma az erjedés 90. napján

Fermentációs jellemzők

A keverékek fermentációs jellemzőinek változása a fermentáció előrehaladtával:

Missouri

	pH	Etanol	Ecetsav	Tejsav	összes zsírsav	Tejsav/ecetsav	Tejsav%	Ammónia
7. nap	6,09 ^b	1,09 ^a	0,24 ^a	3,11 ^a	3,36 ^a	16,55	92,88 ^b	1,41 ^a
14. nap	5,85 ^b	1,11 ^a	0,17 ^a	2,87 ^a	3,04 ^a	24,06	94,58 ^b	1,65 ^a
90. nap	5,03 ^a	3,54 ^b	0,42 ^b	4,35 ^b	4,97 ^b	10,39	87,46 ^a	3,99 ^b
SEM	0,185	1,718	0,11	0,548	0,626	9,266	2,909	0,395
P	< 0,05	ns	< 0,05	< 0,05	< 0,05	ns	< 0,05	< 0,05

*7. táblázat: A keverékek fermentációs jellemzőinek változása a fermentáció előrehaladtával
Missouri keverék esetében*

Dakota

	pH	Etanol	Ecetsav	Tejsav	összes zsírsav	Tejsav/ecetsav	Tejsav%	Ammónia
7. nap	6,19 ^b	0,68 ^a	0,19 ^a	2,98 ^a	3,17 ^a	17,04	94,05	1,57 ^a
14. nap	6,07 ^a	1,16 ^a	0,29 ^a	2,94 ^a	3,23 ^a	14,80	89,96	2,03 ^a
90. nap	5,30 ^a	4,77 ^b	0,41 ^b	4,08 ^b	4,59 ^b	10,27	88,54	4,42 ^b
SEM	0,113	1,830	0,102	0,697	0,674	8,374	4,830	0,373
P	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	ns	ns	< 0,05

*8. táblázat: A keverékek fermentációs jellemzőinek változása a fermentáció előrehaladtával
Dakota keverék esetében*

Mikrobiológiai jellemzők

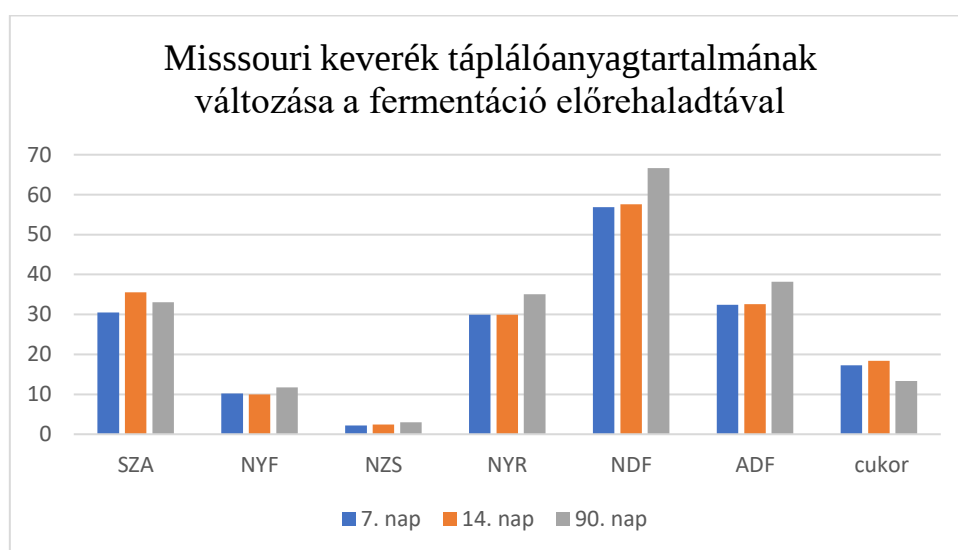
A keverékek mikrobiológiai jellemzői az erjedés egyes mintavételi napjain

	7. napon		14. napon		90. napon	
	aerob mezofil mikroorganizmusok száma (log10 cfu/g)	penész- és élesztőgombaszám (log10 cfu/g)	aerob mezofil mikroorganizmusok száma (log10 cfu/g)	penész- és élesztőgombaszám (log10 cfu/g)	aerob mezofil mikroorganizmusok száma (log10 cfu/g)	penész- és élesztőgombaszám (log10 cfu/g)
Missouri	7,93	7,29 ^b	8,01	6,91	7,22	6,73
Dakota	7,80	5,92 ^a	8,29	5,61	7,44	5,03
SEM	0,271	0,601	0,547	1,153	0,601	1,414
P	ns	< 0,05	ns	ns	ns	ns

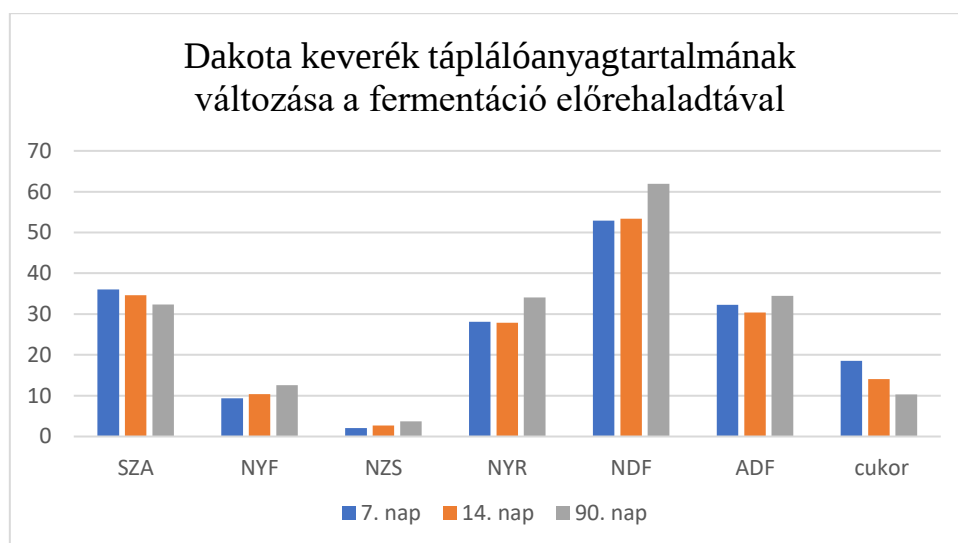
9. táblázat: A keverékek mikrobiológiai jellemzői az erjedés egyes mintavételi napjain

Eredmények

A vizsgálati adatok eredményeit összevetve megállapítható, hogy a táplálóanyagtartalmi paraméterek értékei között nem mutatható ki jelentős különbség a 7. és a 14. napon mért értékek között (4., 5. táblázat). Ebben az esetben mindkét keverék eredménye változatlan, kivéve a Dakota keverék esetében tapasztalható cukor arány változást (B. ábra), az utolsó mintavételi eredmények szerint a 90. napra különböző eltérések mutatkoznak (6. táblázat). A teljes, 90 napos periódust vizsgálva az tapasztalható, hogy a szárazanyag-, ADF és cukortartalom esetében jelentős különbségek alakultak ki.



A. ábra: Táplálóanyag változás Missouri esetében



B. ábra: Táplálóanyag változás Dakota esetében

Közel azonos módon csökkent mindkét keverék pH-ja, a 90. napon adódó különbségek a kezdeti, bázis pH-ból származnak (7., 8. táblázat). A szilázsok kémhatásának legnagyobb értékű változása nem a kezdeti időszakra tehető. Ennek értéke a vizsgálat végéig 5 pH feletti maradt, ami nem teljesen zárja ki a *Clostridium*, *Listeria* és *Mycobacterium* fajok szaporodásának lehetőségét (Driehuis és mtsai, 2018, Ogunade és mtsai, 2016). A magasabb pH érték gyakran a betakarított növény pufferkapacitásával magyarázható, amely főleg hüvelyes növények esetében jellemző (Buxton és O’Kiely, 2003). Ebben az esetben a keverékek nem tartalmaztak ilyen alkotót, vagyis további a pufferkapacitást növelő tényezők okozhatták a magas pH-t. Ezek a már említett szerves sók, szulfátok, nitrátok és kloridok lehetnek, illetve a fehérjék körül-belül 10-20%-át adják ennek az értéknek. Utóbbi értéke mindkét keverék esetében 11% feletti, így feltételezhető, hogy fehérje magas aránya befolyásolta a szilázsokban tapasztalható pH eredményt. Emellett a kísérletben nem történt baktériummal való oltás, ami szintén javíthatja a kezdeti kémhatás csökkenés ütemét (Assis és mtsai, 2014).

A jó minőségű szilázs eléréséhez a betakarított takarmány tápanyag paramétereinek megőrzése szükséges (Chiba és mtsai, 2005). A két keverékben hasonlóan növekedett az NDF-tartalom, ezzel szemben csökkent a cukor mennyisége (A., B ábra), viszont a fehérjéknél jelentős eltérés tapasztalható (4., 5. és 6. táblázat). Nyersfehérje mérések során Missouri keverék esetében egy enyhe csökkenés figyelhető meg, míg a Dakota-nál több, mint 30%-os növekedés tapasztalható. Ezzel egy időben Dakotánál találtunk nagyobb mennyiségben ammóniát, ami a fehérje bomlását jelző indikátor (Spoelstra, 1985). Vagyis Dakota keverék esetében a nagyobb fehérje bontás ellenére magasabb lett a fehérje aránya a vizsgálat végére. A Dakota keveréknél azonban egy lineáris redukálás látható a száraz anyagra vetítve, illetve a cukor arányának csökkenése okozta koncentráció változás lehet az előidézője ennek a hirtelen növekedésnek. Az erjedési adatokból arra lehet következtetni, hogy a cukor mennyiség optimális volt a megfelelő fermentációhoz. A túl magas cukor vagy keményítő esetén ugyanis tapasztalni kellett volna az élesztőgombák elszaporodását (Limin Kung, 2010). A cukor és vízben oldható szénhidrátok viszont szükségesek a tejsavbaktériumok növekedéséhez, ennek alacsony szintje gátolta volna a *Lactobacillus*ok növekedését a korai szakaszban (Nkosi és mtsai, 2011).

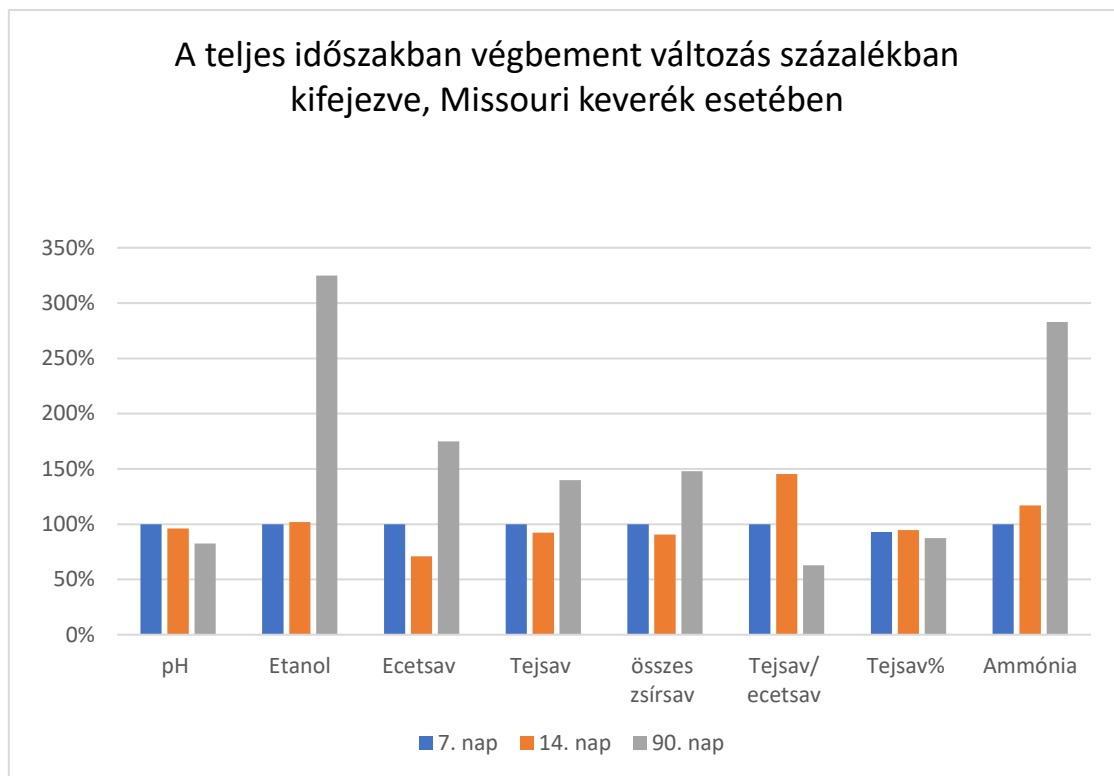
Összes cukor	Silózás előtt	7. napon	14. napon	90. napon
Missouri	16,8	17,26	18,38	13,3
Dakota	14,0	18,54	14,04	10,28

10. táblázat: A cukor arányainak változása a silózás előtti állapottól a 90. napig.

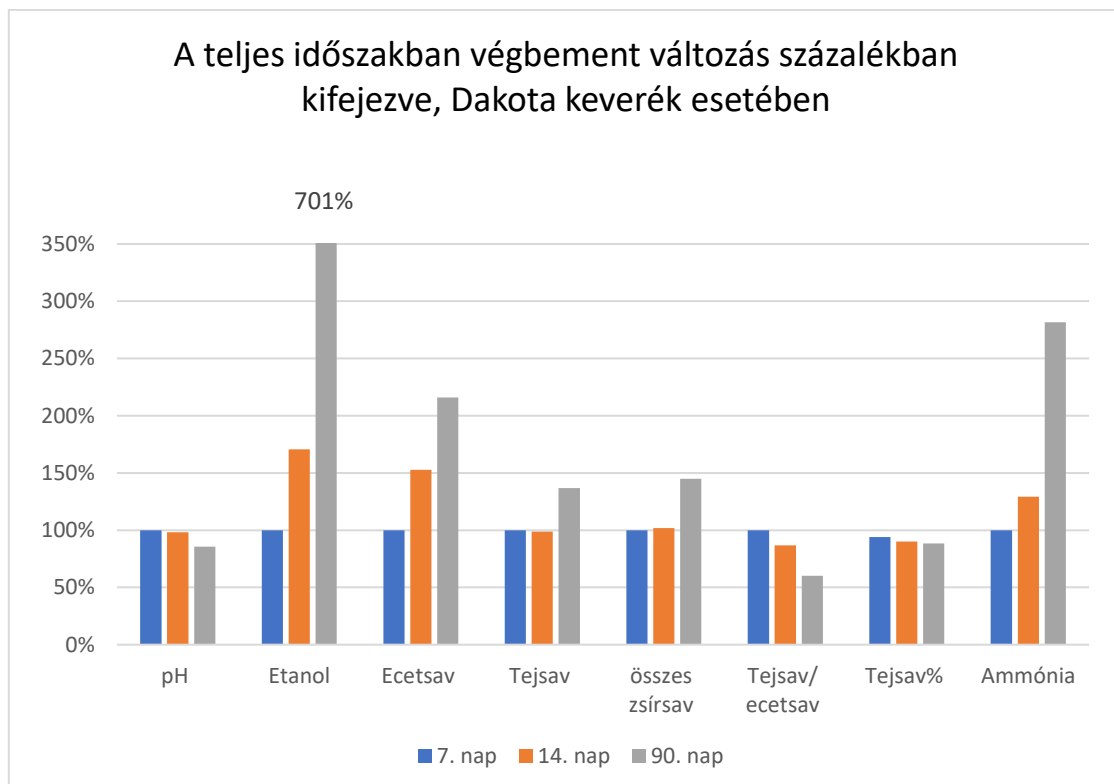
A fermentációt jellemző zsírsavak közül a tejsavbaktériumok által termelt tejsav dominált (7., 8. táblázat), ami a szilázs erjedésének minőségét javítja (Pahlow és mtsai, 2003). Megfigyelhető az is, hogy az összes zsírsav 85%-nál nagyobb arányban van jelen a tejsav, így valószínűsíthető, hogy homofermentatív úton erjedtek a szilázsok (Kleinschmit és Kung, 2006). A tejsav mellett a várokozásnak megfelelően az ecetsav került kimutatásra, amely a mérések alatt Missouri keveréknél csökkenő tendenciát mutatott a 14. napon, majd megugrott a 90. napra; Dakota esetében pedig egyre növekedő arányban szerepelt (C., D. ábra). Ez a változás a kijuttatási időszakban pozitívan befolyásolja a szilázs minőséget, hiszen az ecetsav jobban gátolja az aerob romlást idéző baktériumok szaporodását (Limin Kung, 2010). Elképzelhető, hogy a fermentációs folyamat során a heterofermentatív erjedésért felelős tejsavbaktériumok kerültek előtérbe, mivel ezen az útvonalon képződik jelentős ecetsav (Kristensen és mtsai, 2010). Ezt igazolja a megnövekedett etanol aránya is, amely a Dakota esetében hét, Missourinál háromszoros növekedést mutatott az első és utolsó mérési eredmények között (C., D. ábra).

A szilázsok aerob stabilitása nem romlott a vizsgált időszak alatt, mind a Missouri és Dakota keverékeknél folyamatosan csökkenő értékben voltak kimutathatók a penész- és élesztőgombák (9. táblázat). Az aerob mezofil mikroorganizmusok száma mindkét esetben enyhe növekedést mutatott a második a mérés során, majd az elsőhöz képest is alacsonyabbat a harmadik alkalommal, ami a növekedő ecetsav arányával, illetve a stabilitás növekedésével lehet összefüggésben.

A fermentációs jellemzők eredményeinél az előzőkkel hasonlóan a 90. napon tapasztalható jelentős változás (4., 5. és 6. táblázat). Ezek között szembetűnő az etanol és az ammónia arányainak módosulása (C., D. ábra). Szintén a 7. és a 14. nap értékeinek vizsgálatánál a tejsav/ecetsav arányának alakulása kiemelkedő, tekintettel arra, hogy ezek a változások ebben az esetben egy hét alatt végbementek (7., 8. táblázat). Ezeknél az adatoknál tapasztalható változások nagyságrendje még markánsabban láthatóak ábrákon szerepeltetve (C. ábra, D. ábra).

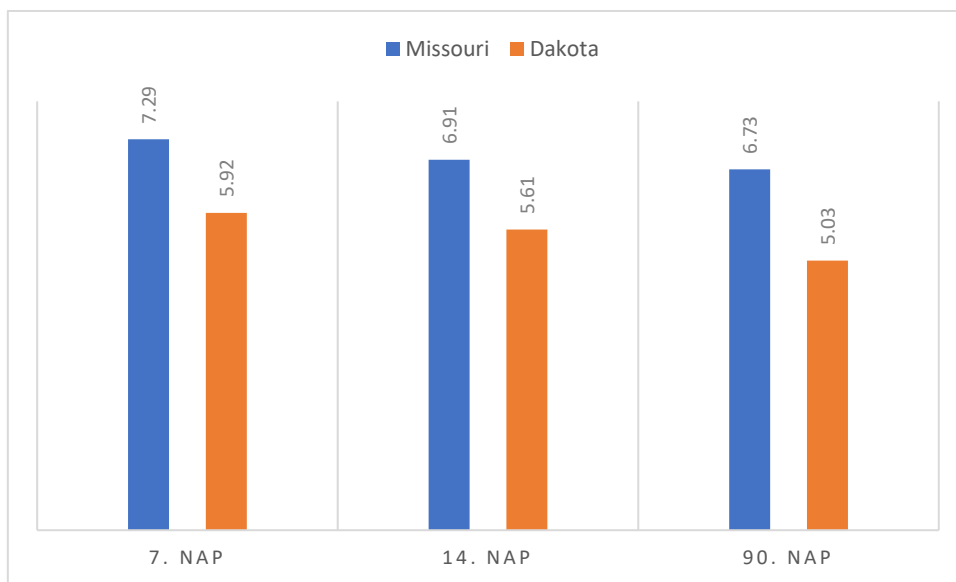


C. ábra: Az adott időszakban mérhető változás százalékban kifejezve, Missouri keverék esetében.

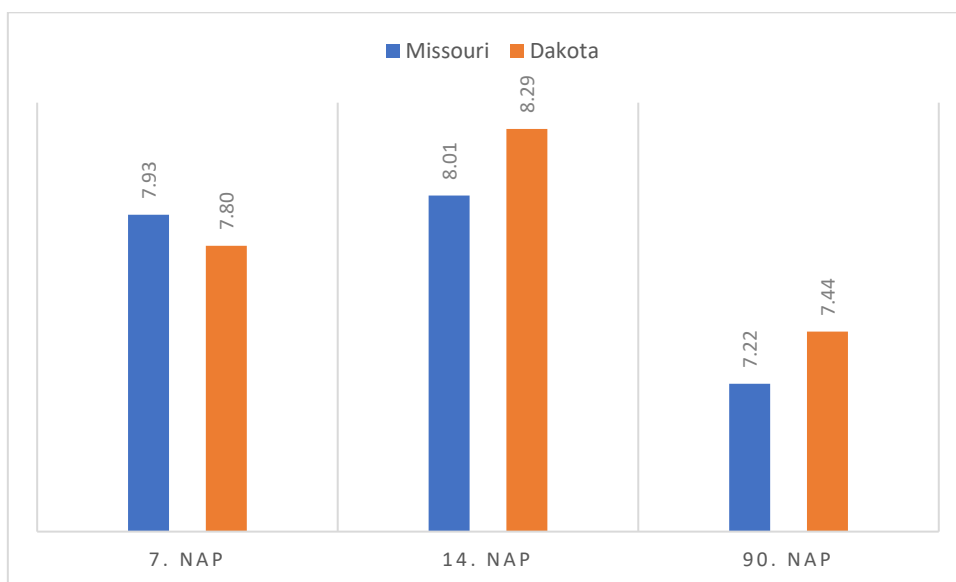


D. ábra: Az adott időszakban mérhető változás százalékban kifejezve, Dakota keverék esetében.

A mikrobiológiai jellemzők mérése során a penész- és élesztőgombák számának folyamatos csökkenése jellemző (E. ábra). Az aerob mezofil mikroorganizmusok száma mindkét keverék esetében növekedésnek indult a fermentáció kezdeti szakaszában, majd az első mért érték alá csökkent a 90. napra (F. ábra).



E. ábra: A penész- és élesztőgombák számának változás a fermentáció során (log10 CFU/g).



F. ábra: Az aerob mezofil mikroorganizmusok számának alakulása a fermentáció során (log10 CFU/g).

Silókukoricával összehasonlítva a keverékeket elmondható, hogy egyes paraméterekben jobban teljesítenek, másokban elmaradnak attól. A nyersfehérje szembetűnő módon magasabb a

kukoricától megszokott szinthez képest, ami átlagosan 6-9% közötti értékkel bír (Newton és mtsai, 2012). Ezért a keverékek a már említett, alacsony fehérjével rendelkező cirok mellé jó kiegészítés lehetnek. A szárazanyag tartalom szintén a kukorica átlag értékei, 30-35% közé esik. Mind Dakota és Missouri esetében a fermentáció során növekedett a nyersrost aránya, ami csökkent a szárazanyag emészthetőségét (Setälä és mtsai, 1985). Ugyanakkor a szárazanyagban megnövekedett nyersfehérje javítja a nyersfehérje emészthetőségét, ezért a Dakota keveréknél felmerül kérdésként, hogy ez mennyire lehet jelentős, a többi keverékhez képest. Ugyanis a kukorica szilázs jelentősége a könnyen emészthető nyersfehérjében rejlik (Khan és mtsai, 2014). A pH érték a kukorica szilázsánál jellemzően 4 vagy az alatti, míg a Missouri és Dakota esetében ez 5 és 5,5 közötti volt. A savas kémhatás stabilitása fontos szerepet játszik a szilázs romlásának megakadályozásában, hiszen az aerob mikroorganizmusok csak semlegeshez közelebbi értéken képesek növekedni. Ezért fontos szerepe van a kémhatást befolyásoló kiegészítőszernek. A keverékek NDF-tartalma is meghaladta a kukoricaszilázsánál jellemző értékeket (Nejlon és Kung, 2003). Ez a fű alapú erjesztett takarmányok esetében nem is meglepő, hiszen a fűfélék NDF-tartalma jellemzően magasabb, mint a kukoricaszilázsoké (Bender és mtsai, 2016). A kukorica NDF-tartalma tovább csökkenhet, ha az, például aszályos időjárás miatt túl korán kerül betakarításra (Khan és mtsai, 2014), míg a korán lekerülő Missouri vagy Dakota esetében ez nem jellemző. A cukor mindkét keverék esetében a vágást követő, silózás előtti méréskor mutatott értékét meghaladta a második minta, majd a 90. napra a silózás előtti érték alá csökkent (Z. táblázat). A különbség ennek csökkenésnek az intenzitásában rejlik, ugyanis Missouri esetében 14. napig lassan növekedett a cukor koncentráció, majd a 90. napig hasonlóan lassú tempóban redukálódott. Dakota esetében az első héten bekövetkező hirtelen növekedést a következő héten egy azonnali csökkenés követett, majd beállt a lassú redukálás.

Mindenképpen kiemelendő, hogy az etanol képződés valószínűleg a megfelelő tejsavbaktérium alkalmazásával elkerülhető, és további minőség javulás várható a mikrobiológiai összetétel és stabilitás szempontjából. Ezen felül az állatok is szívesebben fogyasztanak az ilyen takarmányt. Az őszi keverékek szecskaméretének változtatásával befolyásolható a nyári időszakban az állatok takarmány felvétele. A kukorica helyettesítéséhez azonban szükséges lehet egyéb kiegészítőket alkalmazni, például burgonyát a keményítő pótlására. A kísérlet nem tért ki arra, hogy ilyen jellegű takarmány etetése hogyan befolyásolja a termelést, ilyen vizsgálatokból kevés, vagy nem a hazai körülményeket reprezentáló kutatás áll rendelkezésre.

Összefoglalás

Összefoglalva elmondható, hogy az erjesztett takarmányok szerepe a tartalék takarmányképzés, és így a nehézkes időszakok átvészélése szempontjából is egyre növekszik jelentőségük, mivel a klímaváltozással ezeknek az időszakoknak a hossza és ideje két egymást követő évben sem egyforma. A keverékek alkalmazása nem véletlenül nyúlik vissza a mezőgazdaság elejéig, szerepük pedig egyes országokban még inkább felértékelődött. A kukoricaszilázs összetétele, emészthetősége és energiatartalma kedvező a tejtermelő tehenek számára és ma már gyakorlatilag alapvetően ez adja a tömegtakarmányok bázisát. Az elmúlt évek alatt bekövetkező klíma változás és az időjárás hektikussága azonban fenyegeti a kukoricatermelés biztonságát, az aszályok jelentős károkat okoznak mind a hozam csökkenés szempontjából, mind az aratható kukorica minőségének rontásán, annak toxinfertőzésén keresztül. A kísérlet során két májusban, korán betakarított őszi gabona- és fűkeveréket vizsgáltunk. A keveréket a 7., 14. és 90. napon mintáztuk és elemeztük. Azt tapasztaltuk, hogy az elvárásoknak megfelelően, jól erjeszthetőek ezek a keverékek és stabilan megtartják takarmányértéküket. Egyes paraméterek, mint az 5-ös pH érték és az etanol megnövekedett aránya kedvezőtlenek az erjedés szempontjából, ezért az alacsonyabb pH szint érdekében, illetve az etanol képződés elkerülése szempontjából mindenképpen ajánlott tejsavbaktérium oltványt alkalmazni silózás során, ezzel is növelve a hasznos zsírsavak mennyiségének képződését és az anaerob stabilitást. Külön kiemelendő, a Dakota keveréknél tapasztalható nyersfehérje arány pozitív változása, amely a megfelelő növény fajták, a betakarítás pontos időzítésével még tovább fokozható. A mikrobiológiai jellemzők megfelelően alakultak, Az aerob mikroorganizmusok és a penész-élesztőgombák száma arra utal, hogy az erjedés állapota stabil. A hipotézis, miszerint a silókukorica kiváltható ezekkel a keverékekkel, akkor igazolható, hogy ha hazai körülmények között is megvizsgáljuk az állatok teljesítményét és a tőlük származó produktum táplálóanyagtartalmi paramétereit, csökkentett vagy kukoricától mentes keverék takarmány etetése esetén. A keverékek alkalmazhatóak lehetnek az aszályos körülmények között termett, toxinos takarmány hígítására is. A jövőben ezeket a feltételezéseket további tanulmányokkal és kísérletekkel szükséges megvitatni.

Irodalomjegyzék

- Assis F. G., Ávila V., Pinto C. L. da S., Schwan J. C. (2014): New inoculants on maize silage fermentation. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43:8, 395–403.
- Bender R. W., Lopes F., Cook D. E., & Combs D. K. (2016): Effects of partial replacement of corn and alfalfa silage with tall fescue hay on total-tract digestibility and lactation performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99:7, 5436–5444.
- Borreani G., Tabacco E., Cavallarin L. (2007): A New Oxygen Barrier Film Reduces Aerobic Deterioration in Farm-Scale Corn Silage. *Journal of Dairy Science* 90:4701–4706.
- Buxton D.R., O’Kiely P. (2003): Preharvest plant factors affecting ensiling. *Silage Science and Technology*. 199–250.
- Cattani M., Guzzo N., Bailoni L. (2017): Effects of Total Replacement of Corn Silage with Sorghum Silage on Milk Yield, Composition, and Quality. *J Animal Sci Biotechnol*, 1(8).
- Chaney A. L. Marbach E. P. (1962): Modified Reagents for Determination of Urea and Ammonia. *Clinical Chemistry*, Vol. 8. Iss. 2. 130–132.
- Chaney A. L.; Marbach E. P. (1962): Modified Reagents for Determination of Urea and Ammonia. *Clinical Chemistry*, Vol. 8. Iss. 2. 130–132.
- Chiba S., Chiba H., Yagi M. (2005): A guide for silage making and utilization in the tropical regions. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries 29.
- Dewhurst R. J. (2013): Milk production from silage: comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. *Agricultural and Food Science*, 22:1, 57–69.
- Donald C. M. (1963): Competition Among Crop and Pasture Plants. *Advances in Agronomy* 2(113), 249-253.
- Driehuis F., Wilkinson J. M., Jiang Y., Ogunade I., Adesogan A. T. (2018): Silage review: Animal and human health risks from silage. *Journal of Dairy Science*, 101:5, 4093–4110.
- Grant R. J., Ferraretto L. F. (2018): Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4111–4121.
- Johnson L. M., Harrison J., Davidson D., Mahanna W. C., Shinnors K. J., Linder D. (2002): Corn Silage Management: Effects of Maturity, Inoculation, and Mechanical Processing on Pack Density and Aerobic Stability. *Journal of Dairy Science*, 85, 434–444.
- Khan N. A., Yu P., Ali M., Cone J. W., Hendriks W. H. (2014): Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95:2, 238–252.
- Kleinschmit D.H., Kung, L. (2006): A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of Dairy Science*, v. 89 4005–4013.

Kristensen N. B., Sloth K. H., Højberg O., Spliid N. H., Jensen C., Thøgersen R. (2010): Effects of Microbial Inoculants on Corn Silage Fermentation, Microbial Contents, Aerobic Stability, and Milk Production Under Field Conditions. *Journal of Dairy Science*, 93:3764–3774.

Kung L. (2010): Aerobic stability of silage. University of California, 1-14.

Loučka R., Hakl J., Jirmanová J., Tyrolová Y. (2014): Yearly Variation in Maize Silage Fermentation and Nutritive Quality. *Grass and Forage Science*, 70(4), 674–681.

Mahanna B., Chase L. (2003): Practical Applications and Solutions to Silage Problems. *Silage Science and Technology, Agronomy Monograph no. 42*: 880-881.

Manarelli D. M., Previdelli M. A., Retore M., Miranda F., José M. S., Orrico A. C. A., Borquis R. R. A., Crone C., Oliveira F. (2019): Productive performance and quantitative carcass traits of lambs fed saccharine sorghum silage. *Pesq. agropec. bras.*, (54).

Martin T. N., Vieira V. C., Menezes L. F. T., Ortiz S., Bertoncelli P., Storck L. (2012): Bromatological characterization of maize genotypes for silage. *Maringá*, v. 34, n. 4, p. 363-370.

McAlvay A. C., DiPaola A., D'Andrea A. C., Ruelle M. L., Mosulishvili M., Halstead P., Power A. G. (2022): Cereal species mixtures: an ancient practice with potential for climate resilience. *A review. Agron. Sustain. Dev.*, 5:42.

McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E. (1991): *Biochemistry of silage*. Chalcombe Publication 340 p.

Megias M. D., Martínez-Teruel A., Gallego J. A., Núñez J. M. (1993): Chemical changes during the ensiling of orange peel. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 43. Iss. 3–4. 269-274.

Megias M. D., Martínez-Teruel A., Gallego, J. A., Núñez J. M. (1993): Chemical changes during the ensiling of orange peel. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 43. Iss. 3–4. 269-274.

Neylon J. M., Kung L. (2003): Effects of Cutting Height and Maturity on the Nutritive Value of Corn Silage for Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*, 86:6, 2163–2169.

Nkosi B., Vadhani P. V., Brijwani K., Nanjunda A., Meeske R. (2012): Effects of bacterial inoculants and an enzyme on the fermentation quality and aerobic stability of ensiled whole-crop sweet sorghum. *SA J. An. Sci.*, 3:42.

Nkosi B., Meeske R., Langa T., Thomas R. (2011): Effects of bacterial silage inoculants on whole-crop maize silage fermentation and silage digestibility in rams. *South African Journal of Animal Science*, 41:4.

Ogunade I. M., Kim D. H., Jiang Y., Weinberg Z. G., Jeong K. C., Adesogan A. T. (2016): Control of *Escherichia coli* O157:H7 in contaminated alfalfa silage: Effects of silage additives. *Journey Dairy Science* 99: 4427–4436.

Pahlow G., Muck R.E., Driehuis F., Oude S.J.W.H., Spoelstra S.F. (2003): Microbiology of ensiling. *American Society of Agronomy* 31–94.

Papastylianou I. (1990): Response of Pure Stands and Mixtures of Cereals and Legumes to Nitrogen Fertilization and Residual Effect on Subsequent Barley. *Agriculture Science*, 1(115), 15-22.

Pitt J., Hocking A. (2009): Fungi and Food Spoilage. Blackie Academic and Professional, London.

Pitt R.E., Muck R.E., Pickering N.B. (1991): A model of aerobic fungal growth in silage. Grass and Forage Science, v. 46:301–312.

Playne M. J. (1985): Determination of ethanol, volatile fatty acids, lactic and succinic acids in fermentation liquids by gas chromatography. Journal of the Science of Food and Agriculture Vol. 36, Iss. 8. 638-644.

Podkówka Z., Gęsiński K., Podkówka L. (2018): The influence of additives facilitating ensiling on the quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) silage. Journal of Central European Agriculture, 19(3), 607–614.

Podkówka Z., Podkowska L. (2011): Chemical Composition and Quality of Sweet Sorghum and Maize Silages. Journal of Central European Agriculture (JCEA), 12:2, 294-303.

Queiroz O. C. M., Ogunade I. M., Weinberg Z., Adesogan A. T. (2018): Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. Journal of Dairy Science, 101(5), 4132–4142.

Savoie P. (1988): Optimization of plastic covers for stack silos. Journal of Agricultural Engineering Research 41: 65-73.

Schneider C. R., Kasper N. F., Arraes T. C., Ramão É. A. M., Berinin R., Fernandes T., Ramão C. J., Castagnara D. D. (2020): Use of rizostar in the production of sorghum silages. RSD, 10:9.

Setälä J., Tesfa A., Rauramaa A., Poutiainen E. (1985): Factors Affecting In Sacco Degradation of Dry Matter and Crude Protein in Grass Silage. Agricultural and Food Science, Vol. 57, 139-146.

Soest van P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Spoelstra S. F. (1985): Nitrate in silage. Grass and Forage Science, 40(1), 1–11.

Stone L. R., Schlegel A. J., Gwin R. E., Khan A. (1996): Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. JEBAS, 2(5), 143-150. Maize silages and their mixtures. Agricultural and Food Science 22: 57–6.

Sucu E., Kalkan H., Canbolat Ö., Filya I. (2016): Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. R. Bras. Zootec., 10:45, 596-603.

Tabacco E., Piano S., Chion A. R., Borreani G. (2011): Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. Journal of Dairy Science 94:5589–5598.

Tyrollová Y., Bartoň L., Loučka R. (2017): Effects of biological and chemical additives on fermentation progress in maize silage. Czech Journal of Animal Science, 62(No. 7), 306–312.

Weinberg Z. G., Muck R. E. (1996): New Trends and Opportunities in the Development and Use of Inoculants for Silage. FEMS Microbiology Reviews, 19, 53-68.

Wilkinson J. M., Davies D. R. (2012): The Aerobic Stability of Silage: Key Findings and Recent Developments. Grass Forage Science, 68(1), 1-19.

Internetes források:

- [1] https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html
- [1] https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0015.html
- [2] https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0082.html
- [3] <https://www.agrarszektor.hu/noveny/20210614/igy-tortenik-a-cirok-termelese-mi-a-cirok-hogy-nez-ki-a-szemes-cirok-mag-mennyi-a-cirok-ara-es-a-cirok-vetomag-ara-30562>
- [4] https://www.ksh.hu/stadat_files/ara/hu/ara0013.html
- [5] <https://magvas.hu/index.php/tavaszi-vetomagok/egyeb-szemes-takarmanyok/szemes-cirok/szemes-cirok-szakmai-informaciok/>

Függelékek

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Hirják Attila
A Hallgató Neptun kódja: D8L1PL
A dolgozat címe: Erjesztéssel tartósított tömegtakarmányok erjedésdinamikai összehasonlító vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Élettani és Takarmányozástani Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év 10. hó 13. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

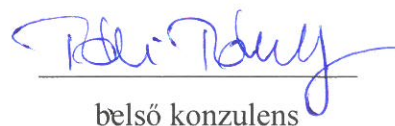
NYILATKOZAT

Hirják Attila Péter (D8L1PL) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem***²

Kelt: Kaposvár, 2023. november 7.


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.