



FUNDAMENTUMOK II.

AZ ERJEDÉS SZAKASZAI

Dr. Orosz Szilvia
Állattenyésztési
Teljesítményvizsgáló Kft.

Ez a cikksorozat egyaránt szól az egyetemi hallgatóknak, a fiatal pályakezdő szakembereknek és a senior gyakorló kollégáknak. Az alapokat írjuk le, de megfűszerezzük a gyakorlat ízével és hozzáadjuk

az újdonságok sóját is. Amennyiben a silózás szabályosan zajlik le, a folyamat az alábbi, 1-4. fő szakaszra tagolható.

I. Az önmelegedés szakasza

A zöldtakarmányok sejtjei a növény betakarítása után nem hálnak el azonnal, a növényi légzés tovább folytatódik, amíg az oxigén rendelkezésre áll. Az ún. **autooxidáció** során a szénhidrátok CO_2 -ra és vízre bomlanak, miközben jelentős mennyiségű hő szabadul fel.

A tejsavbaktériumok a környezet hőmérséklet-változására érzékenyek. Egyik csoportjuk 15–35 °C-on (hidegerjesztők), másik csoportjuk 40–50 °C-on (melegerjesztők) szaporodik leggyorsabban. A 40–50 °C hőmérséklet hatására azonban a táplálóanyagok 10–20%-a elvész, mert a szénhidrátokból sok hő, víz keletkezik, a fehérjék egy része pedig denaturálódik, emészthetőségük csökken. A melegerjesztés táplálóanyag-vesztése ezért elérheti a 35–40%-ot, szemben a hidegerjesztéssel, ahol csupán 15%. A tömörítés közvetlenül befolyásolja a hőmérséklet változását a silázsban: nem elégséges tömörítés hatására levegős marad a takarmány, a sejtek légzése később áll le, tovább tart az önmelegedés

szakasza, következésképpen a hőmérséklet emelkedik a silázsban. A tömörítés akkor megfelelő, ha az előző napokban besilózott takarmány hőmérséklete nem emelkedik 30 °C fölé. A novemberben még gőzölgő kukoricasilázs arra utal, hogy laza a silókazal és karamellizáció várható.

A jól tömörített silóban a takarmány maghőmérséklete tehát nem haladja meg a 30 °C-ot, a felszíni rétegekben pedig a 35 °C-ot. Ennek a szakasznak a hossza a tömörítés mértékétől függően 1–2 nap és 1–2 hét között változhat.

Attól függően, hogy erjedés milyen hőmérsékleten zajlik le, az erjedésnek két alaptípusát különböztetjük el (1–2. ábra):

1. melegerjesztést és
2. hidegerjesztést különböztetünk meg.

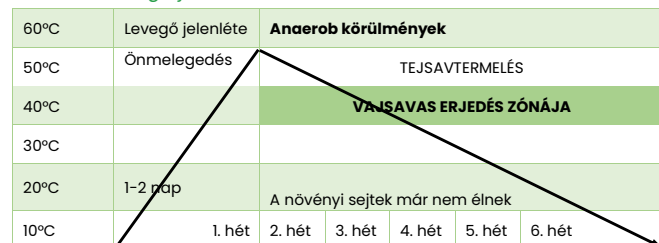
Kezdetben, amíg a silózás során lejátszódó biológiai folyamatok törvényszerűségeit nem ismerték, a **melegerjesztéses silózás (zsombolyázás)** volt gyakorlatban. A módszernek az előfeltétele a takarmány



laza összerakása, aminek az eredménye a növényi sejtek erőteljes légzésén keresztül a gyors felmelegedés. A melegekjesztés esetében feltétel, hogy 24 órán belül a takarmány hőmérséklete 50 °C fölé emelkedjen. Amint a növényanyag elérte az 50 °C-os hőmérsékletet, tömörítéssel és gyors lezárással anaerob viszonyt kell kialakítani, ami kedvez a termofil (melegekjesztő) tejsavtermelő baktériumoknak. A termofil tejsavtermelő baktériumok hatására intenzív tejsavas erjedés játszódik le. Az intenzív légzés következtében azonban a **szárazanyag-veszteség meghaladhatja a 20%-ot is** (elillanó CO₂, vízgőz, hőtermelés). További hátránya, hogy csökken a takarmány fehérjeértéke, mert a tartós hőhatás miatt **a fehérje egy része denaturálódik (karamellizálódik), emészthetősége jelentős mértékben (20%-ban) csökken (Maillard-reakció). A laktációs nettó energia-tartalom pedig kb. 10%-kal csökken. A karamellizáció látható jele, hogy vöröses-barna elszíneződésű lesz a kész szilázs/szenázs.** A karamellizáció a nagy szárazanyag-tartalmú alapanyagokra jellemző a taposási nehézségek miatt (> 40% szárazanyag-tartalom). Ezért ilyen esetben kisebb szecskamérettel (<1 cm) segítjük a levegő kiszorítását. Emellett a kisebb tömörségű, hosszú szálú és szárazabb bálaszénázásokra is jellemző a bemelegedés.

A melegedés a **vajsavas erjedés kockázatát is növeli lucernaszilázsokban és szenázásokban, fű- és korai betakarítású gabonaszilázsokban**, mivel a szaprofita vajsavtermelő baktériumok a 35–38 °C-os tartományt kedvelik szaporodásukhoz. A vajsav megjelenése arra utal, hogy az erjedés az ideálisnál magasabb hőmérsékleten zajlott le, mivel a vajsavat termelő mikroorganizmusok számára a 35–38 °C a kedvező tartomány. A vajsav gyakran társul a

1. ábra: A melegekjesztés vázlata



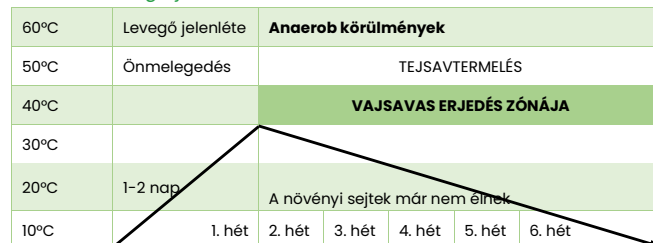
Napjainkban a veszteségek minimalizálása és a vajsavtermelő baktériumok kiszorítása érdekében a **hidegekjesztés** gyakorlatát folytatjuk. A silóban kialakuló hőmérsékletet a tömörítés mértékével tudjuk szabályozni. A takarmány tömöríthetőségét a szárazanyag-, nyersrosttartalom, illetve a

propionsav, a kapronsav és a valeriansav mérhető jelenlétével. Ezek megjelenése másodlagos erjedést jelez, illetve azt mutatja, hogy vontatott, az ideálisnál hosszabb ideje tartó erjedésről van szó, mely során a pH-csökkenés nem volt eléggé gyors. Így a káros mikroorganizmusok elszaporodhattak. Az ilyen szilázs nem stabil, az idő előrehaladtával penészesedés, az élesztők elszaporodása és silóbontás után aerob romlás várható. Nagyobb táplálóanyag-veszteséggel kell továbbá számolni a káros mikroorganizmusok táplálóanyag-felhasználása és a gázképződés miatt. A vajsav megjelenése feltételezi a *Clostridium* törzsbe tartozó baktériumok jelenlétét. Ezen baktériumok spórái ezután a tejbe bekerülve gázképződést eredményeznek, ezáltal az adott tej alkalmatlanná válik a kemény sajt gyártásra. A vajsav a szilázst elfogyasztó állat bendőmikroflóráját is károsíthatja anyagcsere zavart okozva.



Karamellizált kukoricaszilázs jellemzően vöröses-barna elszíneződéssel – jó alapanyagból rossz szilázs (Fotó: Orosz, 2014)

2. ábra: A hidegekjesztés vázlata



szecskaméret határozza meg. Ahhoz, hogy fenn tudjuk tartani az ideális maghőmérsékletet (20–25 °C), a szecskázott takarmányt alaposan kell tömöríteni, elérve a 200–260 kg szá./m³ térfogatsúlyt (eredeti anyagban: 650–800 kg szilázs/m³).



2. Az ecetsavképződés szakasza

A növény felületén található mikrobák (epifita flóra) közül azok, amelyek aerob körülmények között tevékenykednek, gyorsan elszaporodnak. Ahogy már korábban írtuk, a **Coli aerogenes csoport** tagjai (*Aerobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella nemzetség*), fakultatív anaerobok és jelentős mennyiségű ecetsavat termelnek. Először ezen **Coli aerogenes baktériumfajok** jelennek meg, amelyek – többek között – **ecetsavat termelnek**. Ezek a baktériumfajok egyrészt levegőtlen viszonyokat teremtenek (elfogyasztják a maradék oxigént), és így elősegítik a már ekkor működésbe lépő anaerob tejsavbaktériumok szaporodását. Másrészt a képződő ecetsav hatására a takarmány pH-ja olyan mértékben csökken, hogy végül saját életműködésük is leáll. Ez a szakasz – a takarmány minőségétől függően – legalább néhány óráig, legfeljebb 1–3 napig tart.

A túlzott mértékű ecetes erjedés a vizes és/vagy laza szilázsokra jellemző. Ebben a szakaszban az aerob ecetsavtermelő baktériumok (*Acetobacter xylinum*, *Acetobacter rascens*) akkor válhatnak dominánssá, ha lazán tömörített a silókazal és/vagy vizes az alapanyag (30% alatti szárazanyag-tartalom esetében). Korai betakarítású silókukorica- és cirokszilázsokra jellemző leginkább ez a folyamat. A ecetsavtermelő baktériumok elleni védekezés alapja ezért a 30% feletti szárazanyag-tartalom biztosítása, a hatékony taposás, a nagy tömörség elérése (az oxigén kizárása

a céltömörség elérésével: 240 kg szá./m³), a gyorsan kialakuló alacsony kémhatás és a homofermentatív baktériumokat tartalmazó starterkultúrával való beoltás.

A szilázsok tehát mindenképpen tartalmaznak ecetsavat. Ideális esetben az ecetsav 0,5% nedves anyagban kifejezve, ami 15 g/kg szá. abszolút értéknek megfelelő. Arányaiban az ecetsav nem több, mint 15% az összes savra vonatkoztatva optimális esetben. A gyakorlatban átlagosan 30% alatt elfogadhatónak tekintjük az arányt. Más kifejezőmód szerint: 3:1 tejsav:ecetsav arálynak megfelelő érték már elfogadható (az összes sav mennyiségétől függetlenül).



Karamellizált, vizes, heterogén szálszerkezetű gabonaszilázs – kár az alapanyagért (Fotó: Orosz, 2012)

3. A tejsavképződés szakasza

Az ecetsavképződés és a tejsavképződés szakaszát nehéz egymástól különválasztani. A **tejsavképződés** szakaszának hozzávetőleges kezdete az erőteljesebb tejsavképződés megindulásának, illetve a coli aerogenes baktériumfajok pusztulásának időpontjára tehető. Ezután a tejsavtermelő baktériumok gyors szaporodásával tovább savanyodik a szilázs. Az a tejsav-koncentráció (1–3%), amely már a tejsavtermelő baktériumok működését is akadályozza (4,0–4,2 pH), kedvező esetben 1–3 nap alatt elérhető. Ideális körülmények között a főerjedési szakasz 2–3 nap, vontatott erjedés során azonban 10–14 napig is elhúzódhat.

Az erjedést serkentő silózási adalékanyagok (inokulánsok, starterkultúrák) felgyorsítják a kémhatás csökkenését, ezáltal szelektíven gátolva a nem pH-toleráns káros baktériumokat (pl. rothasztó

baktériumokat), segítve a pH-toleráns tejsavtermelő baktériumokat és csökkentve a táplálóanyag-veszteség mértékét. Ez a segítség a nehezen erjeszthető és vontatottan erjedő alapanyagok, például a lucerna esetében, létfontosságú tényező.

A szerves savak alapján kielégítő minőségű az a silózott takarmány, amelyben az összes savtartalomnak legalább 70%-a tejsav, kevesebb, mint 30%-a ecetsav, és a vajsav csak nyomokban fordul elő. **Kiváló minőségről akkor beszélhetünk, amikor a tejsav aránya meghaladja a 75%-ot**, az ecetsav aránya kevesebb, mint 15% az összes sav mennyiségén belül, abszolút mennyisége nem éri el a 0,5 g/100 g nedves anyag értéket, a tejsav/ecetsav arány legalább 3:1, vajsav pedig még nyomokban sem mutatható ki a takarmányban.



4. Az erjedés lecsillapodásának szakasza

Abban az esetben, ha olyan alacsony pH-értéket sikerül elérni (kritikus pH), amelyen az anaerob baktériumok is befejezik tevékenységüket, akkor megkezdődik a mikrobiális erjedés lecsillapodásának időszaka. Ez a szakasz 17–21 napig tart, mely alatt teljesen **megszűnik**

mindenféle mikrobiális tevékenység, kialakul a "stabil szilázs". Silózási adalékanyag használatakor, könnyen erjedő alapanyag esetében a kritikus pH-érték 2–5 nap alatt elérhető. A mikrobiális lecsillapodáshoz azonban több idő szükséges.

5. Másodlagos erjedés (káros)

Ha a takarmányban a tejsavképződés nem eléggé erőteljes, és ha nem sikerült elérnünk a kritikus pH-t, másodlagos erjedési folyamatok indulnak be. A folyamatban elsősorban a **vajsavtermelő baktériumok** vesznek részt. Mindez táplálékanyag-veszteséggel jár, miközben csökken a szilázs stabilitása. A másodlagos erjedés a vizes lucernaszilázsokra/szenázsokra, vontatottan erjedt vizes és instabil gabona-, valamint fűszilázsokra jellemző 90 nap feletti tárolási idő mellett.



Ennek a romlott lucernaszilázsnak a bűzös, vajsavas szagát még a képen keresztül is érezzük. (Fotó: Orosz, 2005)

6. Aerob romlás (káros)

Ha a szilázst nem elegendő mélységben termeljük ki minden nap (min. 20–40 cm/nap évszaktól függően), vagy nincs megfelelő eszköz (nincs silómaró vagy blokkvágó a vontatott keverő-kiosztó kocsin) a levegő nagy felületen érintkezik a takarmánnyal és utóerjedés indul be. A kifejezés nem pontos, mert ebben az esetben **aerob romlásról** van szó, nem pedig erjedésről. Ennek mértékét befolyásolja a szilázs **aerob stabilitása**, azaz levegővel való érintkezés után az anyagnak a romlási folyamatokkal szembeni védekezése. Az aerob romlás során az **ecetsavtermelő baktériumok**, az **élesztő- és penészgombák** szaporodnak el.

1. A **kukoricaszilázs**, a **cirokszilázs**, a korai betakarítású rozs- és a fűszilázs érzékenyebb az aerob romlásra, mint a lucernaszilázs/szenázs.
2. A **nagy szárazanyag-tartalmú fű- és gabona-szenázsokban** a maradványcukor-tartalom különösen hajlamosító tényező az aerob romlásra, melegekedést eredményezve. Ilyen esetben a takarmánykonyhában való 1 napos előkészítés is túl hosszú lehet.
3. A **nagyobb tömörségű, kisebb porozitású silófal** stabilabb, később melegszik, mint a laza silókazal fala.
4. Az aerob stabilitás a silózásakor, megelőző célzattal alkalmazott **silózási adalékanyagokkal** javítható

(pl. gombaölő hatású anyagok, illetve fungicid anyagokat termelő baktériumok alkalmazásával).

5. Az aerob romlás megelőzésében rendkívüli szerepe van a **silófalkézelésnek** (a depó szélessége, a megnyitott felület nagysága, a naponta kitermelt réteg vastagsága, a kitermelés során alkalmazott műszaki eszközök: silómaró vagy blokkvágó). Erről még részletesen írunk.
6. Amennyiben a pH a semleges irányba tolódik el, a **rothasztó baktériumok** is elszaporodhatnak.
7. A silófalban a szántóföldi eredetű **Aspergillus gomba** is tovább tud szaporodni, és ha van elegendő ideje (2–3 nap), további **aflatoxin-képződés** várható.

