

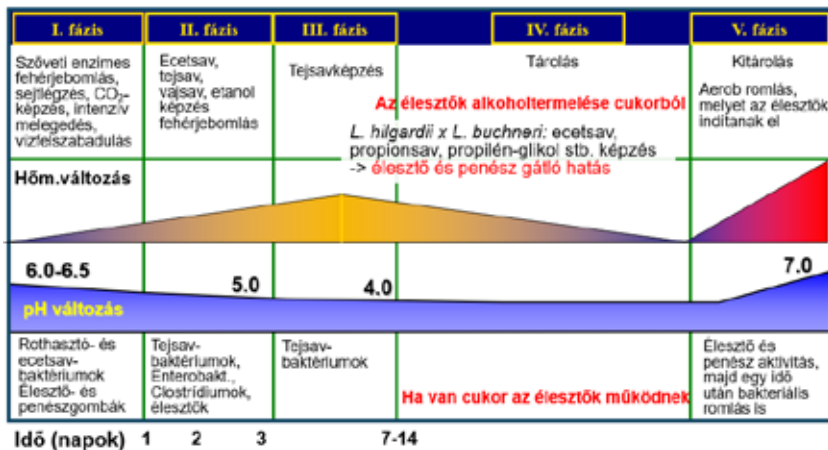
AZ ERJESZTETT TÖMEGTAKARMÁNYOK „NEM LÁTHATÓ” VESZTESÉGEI II.

A SZILÁZSOK ÉLETÚTJA A MIKROBIOLÓGIA TÜKRÉBEN

Vas Ádám, Dr. Kovács Tamás
Kokoferm Kft.

A silózási veszteségeket bemutató cikksorozatunk második részében a tömegtakarmányok „nem látható” veszteségeit (energia, táplálóanyag, emészthetőség), illetve az azokért felelős mikrobiológiai és biokémiai folyamatokat taglaljuk. Ez jóval komplexebb része ennek a tématerületnek, ehhez mérten a jelentősége is fajsúlyosabb. A jelenlegi és a jövőben várható gazdasági környezetben egyre hangsúlyosabbá válik a minél nagyobb arányú függetlenedés, azaz az input anyagok kapcsán a kiszámíthatatlan piaci változásoknak való kitettség mérséklése. Ennek egyik kulcs eleme a magas minőségű, koncentrált és mikrobiológiailag tiszta, saját előállítású tömegtakarmány.

Az erjesztett tömegtakarmányok életútját 5 szakaszra (1. ábra.) szokta osztani a szakirodalom. Eszerint meghatározhatunk: **I. silózási** (sejtlégzés és aerob mikroba tevékenység), **II. anaerob erjedési** („ecetes erjedés”), **III. tejsavas erjedési** (tejsavastermelés), **IV. tárolási** (nyugalmi állapot) és **V. kitérési** (aerob fázis) szakaszokat. Ezen siló életszakaszok mentén igyekszünk végig kalauzolni a Kedves Olvasót és egy kis betekintést adni a szilázsokban, szenázsokban zajló változó mértékű veszteséget okozó mikrobiológiai folyamatokba.



1. ábra: a szilázs életszakaszai

I. Silózási szakasz

Az erjesztett tömegtakarmányok első életfázisa a szántóföldi betakarítást, a silódepóba történő besilózást és takarást foglalja magában, egészen addig a pontig, amíg az oxigén el nem fogy a rendszerből. Ennek az ideje jó esetben, jó technológiával, megfelelően gyors starter használata mellett 3-5 óra

(1. fénykép), de egy rosszul elkészített szilázsban akár 2-3 napig is eltarthat. Ez idő alatt még zajlik a növényi sejtlégzés és enzim aktivitás, amelyek az aerob mikróbákkal (rothasztó baktériumok, élesztő- és penészgombák stb.) párhuzamosan bontogatják a növény értékes energiát és táplálóanyagot szolgáltató vegyületeit (pl. fehérjék->ammónia). Fogyasztják a könnyen emészthető cukrokat, amelyeket szén-dioxiddá, vízzé és alkohollá alakítanak jelentős hőfelszabadulás kíséretében. Ennek következtében a betárolt siló hőmérséklet-növekedése, a pórusok közé szorult oxigén mennyiségének függvényében, az optimális 10-12 °C-ot jóval meghaladhatja, ami a megmaradt növényi fehérjék denaturálódásához, azaz emészthetőségük csökkenéséhez vezet. Az alapanyag kiindulási hőmérsékletéhez képest minden 10 °C-os hőmérséklet növekedés +1,5-2% erjedési szárazanyag-veszteséget eredményez. A szilázs depó hőmérséklete továbbá hatással van az erjedés sebességére, illetve az azt uraló mikróbák faji összetételére és egymáshoz viszonyított arányára is. A tejsavas erjedés szempontjából fontos tejsavtermelő baktériumok hőmérséklet optimuma 27 és 38 °C között van.



1. fénykép: egy néhány órája hermetikusan tökéletesen lezárt siló, amelynél a termelődő CO₂ felpofozza a fóliát.

Hatékony és feszített silózási technológiával: optimális fenológiai fázis, tarlómagasság, szecsakahossz, tömörítés, 6-12 órán belüli fóliatakarás, valamint korszerű silázs-oltóanyagok alkalmazásával eredményesen minimalizálhatók a potenciális veszteségek ebben a szakaszban. **A silótartósítók közül célszerű olyan terméket használni, amely tartalmaz gyorsan savanyító, az alapanyag kiindulási pH-értékéről azonnal indító, ozmo- és termotoleráns (60°C-ig életképes) tejsavtermelő baktérium törzset (pl. *Pediococcus pentosaceus* NCIMB 12455 vagy *Pediococcus acidilacticii* CNCM I-3237).** Ezek a legújabb kutatások szerint a gyorsaságuk és kiemelkedő aktivitásuk mellett igen jelentős **oxigén megkötő ké-**

pességgel is rendelkeznek. Ennek köszönhetően az oxigén még korábban fogy el a silóból, így a tejsavtermeléshez szükséges oxigénmentes (anaerob) környezet is hamarabb alakul ki. Ez tovább csökkenti a növényi respiráció és az aerob mikróbák okozta veszteségeket.

II. Anaerob erjedési szakasz („Ecetes erjedés”)

Az oxigén elhasználódása után az anaerob mikroorganizmusok (tejsavtermelő baktériumok, Enterobaktériumok, Clostridiumok, élesztők stb.) felszaporodnak és elkezdik felhasználni (erjeszteni) elsősorban a növényi cukrokat, de bontják a keményítőt, a fehérjét. Sőt a képződő szerves savakat (pl. tejsav) is, ami még vontatottabbá teszi az erjedés folyamatát. Ezekből a saját sejtjeik felépítése mellett tej-, és illózsírsavakat (ecetsav, propionsav, vajsav stb.), alkoholt, biogén aminokat (putreszcin, kadaverin, hisztamin), ammóniát és szén-dioxidot állítanak elő. A képződő szerves savak elkezdik csökkenteni a silódepó kémhatását pH 6-6,5-ről pH 5 körüli értékre.

A kora tavaszi tömegtakarmányok sokszor alacsony <28-30% szárazanyag-tartalommal kerülnek besilózásra, ami az ilyen tájt gyakorta előforduló nedves és hűvös időjárási körülmények miatt jelentősebb talajszennyezéssel is társulhat. E két feltétel együttes előfordulása magában hordozza a Clostridium baktériumok felszaporodásának kockázatát a szilázsban. Ezt a kockázatot tovább fokozhatja a nem kellően feszített és hatékony silózási technológia, amely lassabb kezdeti pH-csökkenést idézhet elő. Az ezek következtében felszaporodó szaprofita Clostridiumok képesek bontani a cukrokat, a fehérjéket és a tejsavat is, amelyekből többek között vajsavat szintetizálnak. A vajsavas tömegtakarmány kellemetlen erős szagát senkinek sem kell bemutatni.

Ez a tehenek számára sem kedvelt szag, ezért a TMR-be bekevert vajsavas erjesztett tömegtakarmány komponens szignifikánsan ronthatja az állomány szárazanyag-felvételeit (**2. fénykép**). Emellett az értékes fehérjékből igen erősen egészségkárosító biogén-aminokat, illetve a tejsavas erjedés szempontjából kedvezőtlen (pufferhatás) ammóniát szabadítanak fel. A patogén Clostridiumok által okozott állategészségügyi problémákat (bélvérzés, tőgygyulladás, elhullás stb.) pedig több mint célszerű elkerülni!



2. fénykép: vontatottan és rosszul erjedt vajsavas rozsszilázs

Az ebben az erjedési szakaszban előforduló szárazanyag-vesztés mértéke nagyban függ a domináló mikroba fajtól, valamint a fermentált szubsztrátától. Az itt kialakult veszteség alapvetően a CO₂ termelődéséhez köthető, amely az

értékes táplálóanyagok bomlásából keletkezik. Ez kedvező esetben átlagosan 2-4% szárazanyag-vesztést jelent. Természetesen ezen felül még számításba kell venni a felszaporodott mikróbák (pl. Clostridiumok), illetve az azok által előállított anyagcseretermékek (pl. vajsav, biogén aminok, ammónia) várható hatásait az állati termelésre, egészségre és szaporodásra. Nem mellesleg pedig az eddigi folyamatok során megmaradt táplálóanyagok esetleges csökkent emészthetőségével is érdemes kalkulálni.

III. Tejsavas erjedési szakasz

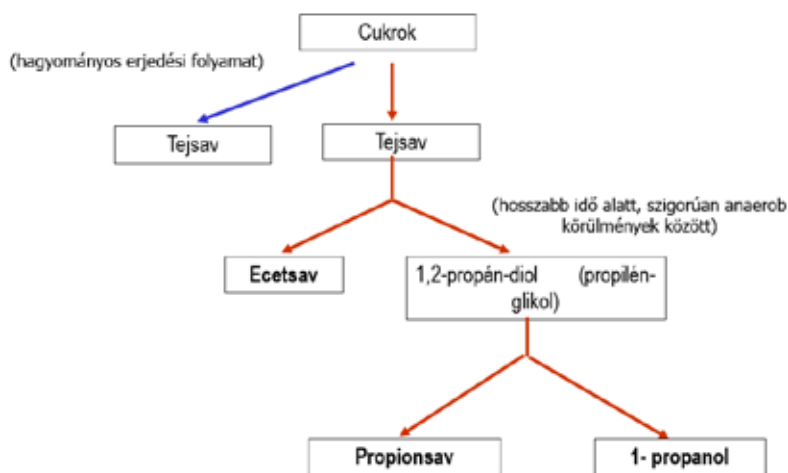
Ez az erjedési fázis akár a II. anaerob erjedési szakasz része is lehetne, hiszen a tejsavbaktériumoknak is oxigénmentes környezetre van szüksége a tejsavtermeléshez. Azonban a régi nomenklatura szerint a siló kémhatás csökkenésért felelős anaerob erjedési szakaszt két részre kell osztani:

- *„Ecetes erjedés”, amely a növény 6-6,5-ös kiindulási pH értékétől a szilázs pH 5 körül értékének eléréséig tart.* Itt tulajdonképpen az előző siló életút fázisban bemutatott tejsavtermelő, Enterobaktériumok, Clostridiumok és élesztőgombák jelentős veszteségekkel járó együttes tevékenysége zajlik. A kémhatás csökkenésért itt is a szerves savak (pl. tejsav, ecetsav, vajsav) a felelősök. Önerjedés (spontán erjedés) esetén az anaerob mikróbák dominanciaharca akár 3-4 napig is eltarthat, ami nagyon jelentős veszteséget produkál, míg hatékony irányított tejsavas erjesztéssel ez a folyamat néhány órára szűkíthető. Mindez oly módon, hogy a friss szecska-hoz nagy számban (min. 150-200 ezer TKE/g szecska!) hozzáadott tejsavtermelő baktériumok a képességükhöz (óriási különbség a törzsek között!) mérten gyorsabban vagy lassabban, de felülkerekednek a konkurencia harcban.
- *„Tejsavas erjedés”, amely a szilázs pH 5 körüli értékétől válik a domináló erjedési folyamattá. Ennek ideje a siló zárását követő 2-3. naptól egészen 2-3 hétig is eltarthat.* Ez önerjedés, illetve alacsony pH értéken aktiválódó tejsavtermelő törzsek (pl. *Lactobacillus plantarum*) alkalmazása esetén igaz is lehet. Viszont a mai kor igényeinek megfelelő, korszerű, fentebb is említett *Pediococcus spp.* baktériumokkal akár a **betárolást követő egy héten belül** végbe tud menni a teljes tejsavas erjedés! Ezek már a régi megnevezés szerint az „ecetes erjedés” pH 6,5-6,0 tartományában elkezdik az agresszív szaporodást, tejsavtermelést és a gyors pH-csökkenést.

A szilázs savanyodásért felelős szerves savak közül a tejsav a leghatékonyabb. Ezért a silózás során törekedni kell a tejsavtermelő baktériumok számára szükséges optimális feltételek minél gyorsabb megteremtéséhez. A növény felületén lévő természetes mikroflóra is tartalmaz kb. 100.000 TKE/g eredeti anyag tejsavtermelő baktériumot. Azonban ezen törzsek száma és faji összetétele területtől, éghajlattól, növénykultúrától és az agrotechnikától függően más és más. Ezért a gyakorlatban a silózandó alapanyagokat tejsavtermelő baktériumokkal oltjuk be, hogy az erjedést a hatékony tartósítás és táplálóanyag megőrzés érdekében az intenzív tejsavas savanyodás dominálja. A szilázs-oltóanyagokban használt tejsavtermelő baktériumok lehetnek homofermentatívák és heterofermentatívák, amelyek külön-külön és kombináltan is benne lehetnek a termékben.

Ezekben a biológiai tartósítókban alkalmazott homofermentatív baktériumok (pl. *Pediococcus spp.*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecium*) a vízdíjható-szénhidrátokból, főként a cukrokból (hexózok, pentózok), szinte kizárólag tejsavat állítanak elő. Ettől a heterofermentatív tejsavbaktériumok abban különböznek, hogy az általuk előállított tejsav kb. 5-10%-ából a másodlagos anyagcsere útjuk során sok egyéb aerob stabilizáló (élesztő- és penészgátló) vegyület mellett ecetsavat, propionsavat és 1,2-propán-diolt (mono-propilén-glikol) képeznek (2. ábra).

Eleinte ezért sok támadás érte a heterofermentatív baktériumokat a szakmában, mivel az akkor ismert törzsek nagyobb szárazanyag-veszteséget (2-4%) produkáltak az erjedés során, mint a homofermentatív társaik. Az elmúlt 1-2 évtizedben azonban sikerült olyan korszerű heterofermentatív törzseket (pl. *L. buchneri* NCIMB 40788, *L. hilgardii* CNCM I-4785) izolálni és piaci forgalomba hozni, amelyek megközelítően annyi vagy akár még kevesebb veszteséggel (~1% szá.) dolgoznak, mint egyes homofermentatív törzsek. A heterofermentatív baktériumok másodlagos anyagcsere termékeinek elvitathatatlan előnyei a siló tárolási és kitérési fázisában nyernekel értelmet.



2. ábra: heterofermentatív baktériumok képződő anyagcsere termékei

IV. Tárolási szakasz

Az erjesztett tömegtakarmányok nyugalmi állapota a savanyodás után kezdődik, amikor a szilázs már elérte a szárazanyagához tartozó végleges pH értéket és az összes káros mikrobiális tevékenység is gátolva van. Ez egy szárazabb és magasabb pufferkapacitású (1 g eredeti anyag tartósításához több tejsav szükséges) jellemzően pillangós (pl. lucerna) szenáznál pH 4,5-5, míg egy nedvesebb és nagyobb kiindulási cukortartalommal rendelkező alapanyagnál (pl. korai gabona, fű, silókukorica) akár pH <3,5 érték alá is lemehet. Ameddig a silódepó takarása biztosítani tudja az oxigénmentes (anaerob) körülményeket vagy meg nem nyitjuk és el nem kezdjük etetni, addig a szilázs minősége fenntartható.

Ebben a szakaszban akkor tudnak veszteségek kialakulni, ha a siló takarásának integritása valamilyen okból kifolyólag megbomlik. Ilyenkor a levegő beáramlik a depóba és az oxigén hatására beindulnak a romlási, rothadási, illetve a penészesedési folyamatok. Ezen kívül elő szokott fordulni, hogy a silófal mellett a sarkoknál befolyik az esővíz a depóba, amely szintén a lebontó

szervezeteknek kedvez (3. fénykép). Az ezek által kialakult szárazanyag-veszteség elérheti akár a 15-20%-ot is!



3. fénykép: a hónapok során befolyt esővíz rothadást okozott a siló fal melletti részében

A szilázsokban jelen van még egy lappangó mumus, aki az élettevékenységével és anyagcsere-termékével komoly veszteségeket, illetve problémákat tud okozni nem csak a tárolás során, hanem az ezt követő időszakban is. Az élesztőgombák igen ellenálló mikroorganizmusok, hiszen savanyú és oxigénmentes környezetben is képesek aktívak maradni. A siló nyugalmi állapotában az erjedést követően megmaradt cukrokból alkoholt (etanolt) állítanak elő. Ez egyrészt energiaveszteség, mert fogy a cukor a rendszerből, másrészt pedig a képződött alkohol még ha nem is okoz takarmány-visszautasítást, az állatok máját mindenképpen megterheli. Itt jönnek képbe az előző szakaszban ecetelt heterofermentatív baktériumok másodlagos anyagcsere-termékei, mint például az ecetsav és a propionsav. Erős gombagátló hatásuknak köszönhetően képesek inaktív állapotban tartani az élesztőket, ezáltal kiküszöbölve az említett problémákat. **A legújabb, korszerű heterofermentatív baktériumkombinációk (pl. *L. hilgardii* CNCM I-4785 x *L. buchneri* NCIMB 40788) anyagcsere-termékei a hosszabb ideig tárolt (>1 hónap) silódepókban nem csak gátolni, hanem pusztítani is képesek az élesztő- és penészgomba csírákat.**

V. Kitérési szakasz

Ez a szakasz a silódepó megnyitásával, illetve a levegő (oxigén) silóba történő bejutásával kezdődik és tart egészen addig, amíg szilázs az állat bendőjébe nem kerül. A levegő a silófalon keresztül akár 1,5-2 méter mélyen is be tud hatolni, amit a besilózott növény fajtája, szá-

razanyag-tartalma, illetve a siló porozitása (tömörtség) befolyásol. Az aerob stabilizáló* anyagcseretermékek (pl. ecetsav, propionsav, 1,2-propándiol) mennyiségétől függően előbb vagy utóbb először az élesztőgombák aktivizálódnak. A kevés gombagátló vegyületet tartalmazó szilázsban/szenázsban ez 1-2 napon belül megtörténik. Az élesztők az oxigén hatására a cukrok mellett a tejsavat is felhasználják, amiből szén-dioxidot, hőt és alkoholt állítanak elő. Ennek következtében nemcsak nagyobb mértékben fogy az energia a rendszerből, hanem ezzel párhuzamosan a pH-érték és a hőmérséklet is emelkedni kezd. Ez beindítja az aerob romlási „láncreakciót”, mégpedig azzal, hogy megteremti a kedvező életfeltételeket a többi aerob mikroba, főként a penészek és a rothasztó baktériumok számára is. Ilyenkor az értékes szilázs romlásán kívül számítani lehet az első siló életút szakaszban leírt magas hőmérséklet (>40 °C) indukálta fehérje denaturációra. Továbbá a penészek és a rothasztók káros anyagcseretermékeinek (pl. mikotoxinok, baktérium toxinok) megjelenésére, illetve feldúsulására is. Végül a Clostridiumok tevékenysége újra vajsavtermelést és további fehérjebomlást eredményez.

Összességében ezek mind közvetlen negatív hatással vannak az erjesztett tömegtakarmány takarmányozási értékére, ami csökkent energia- és táplálóanyag-tartalmat, csökkentett étvágyat és bevitt, valamint gyengébb szervesanyag emészthetőséget jelent. A közvetett hatásuk pedig az állati termelést, az emésztőrendszert, az egészséget és szaporodásbiológiát érinti kedvezőtlenül.

A közvetett hatásokat nehéz mérni és nyomon követni nemhogy számszerűsíteni. Azonban a közvetlen veszteségeket laboranalitikai vizsgálatokkal viszonylag pontosan meg lehet határozni. Az „anomáliák” a nem aerob stabil silóknál szoktak előfordulni. Takarmányvizsgálathoz labormintát általában a frissen mart silófalról szoktak beküldeni, ami nem mindig tükrözi a valóságot. Főleg egy aerob instabil szilázsban nem, ahol veszteséget okozó aerob mikrobiális tevékenység zajlik. Ez azt eredményezi, hogy mire az adott silótakarmány a tehén elé kerül és azt elfogyasztja, addigra már nem ugyanaz lesz az energia- és táplálóanyag-tartalma, valamint az emészthetősége, mint amit a silófalról vett minta laboreredménye mutat.

Természetesen a gyakorlat szempontjából nem lenne egyszerű megoldás, hogy a levegőnek kitett szilázsból néhány óránként mintát küldjenek a laborba, azonban a XV. Nemzetközi Silózási Konferencián meghatározott hőmérséklet-emelkedésből fakadó napi szárazanyag-veszteség jó támpontot adhat (1. táblázat). Eszerint az erjesztett tömegtakarmányok (20-50% sz.a.) minden 5 °C-os hőmérséklet-emelkedése a környezeti hőmérséklethez képest naponta 0,7-1,6% szárazanyag-veszteséget okoz. Ez a veszteség 10 °C-os hőmérséklet-emelkedést alapul véve 5 nap alatt akár a 10%-ot is meghaladhatja. **Sajnos ez a folyamat már a silófalban elkezdődik!**

Megfelelő silózási, tárolási és kitárolási technológiával hatékonyan meg lehet előzni, illetve mérsékelni lehet az aerob instabilitásból származó veszteségeket. A silózási és tárolási technológiai sarokköveit fentebb már leírtuk. Kitárolásnál törekedni kell az egységes és sima falfelület

Hőm. növekedés a szilázsban a környezeti hőm.-hez képest (°C)	Napi szárazanyag-veszteség		
	20 % sz. a.	30 % sz. a.	50 % sz. a.
5	1,6	1,2	0,7
10	3,2	2,3	1,5
15	-	3,5	2,2
20	-	-	2,9
25	-	-	3,7

1. táblázat: a szilázsok hőmérséklet-emelkedésből származó napi szárazanyag-vesztesége (XV. Nemzetközi Silózási Konferencia, 2009).

kialakítására, ezáltal csökkentve a levegővel érintkező szilázs felületét. Érdemes a silófalat a silódepó teljes szélességében mindennap végig marni legalább 20-30 cm-es mélységben. Emellett a fóliatakarást célszerű úgy végezni, hogy csak annyi fólia legyen visszavágvá/visszahajtvá, amennyi 1-2 napi kitermeléshez szükséges.

Itt is meg kell említenünk a szilázs-oltóanyagok használatának fontosságát, amelyek az erjesztett tömegtakarmányok minden életszakaszában kiemelt szerepet játszanak. A tárolási szakasznál még fontosabb a kitárolási szakaszban az aerob stabilizáló anyagok megfelelő koncentrációban való jelenléte. Hiszen kitárolásánál a szilázs elkerülhetetlenül találkozik az oxigénnel, ezért minőségének, mikrobiológiai tisztaságának és melegedésmentességének megőrzése érdekében mindenképpen ajánlott a homofermentatív tejsavtermelő törzsek mellett heterofermentatív baktériumokat is alkalmazni.

A legkorszerűbb baktériumkombinációknak köszönhetően (pl. *L. hilgardii* CNCM I-4785 x *L. buchneri* NCIMB 40788) akár több mint kéthetes aerob stabilitás is elérhető, amely a szilázs, szenázs minőségének megőrzése mellett a TMR melegedésmentességét is fenntartja, ezáltal megelőzve az ebből fakadó takarmányvisszautasítást.

Ahogy ígértük ez egy nagyon összetett és soktényezős téma. Mindazonáltal, bízunk benne, hogy sikerült egy kicsit közelebb hozni az olvasóhoz a mikrobiológia misztikusnak tűnő világát. Az e folyamatok során képződő veszteségeket szinte lehetetlennek tűnő feladat számszerűsíteni. Azonban a rendelkezésre álló táplálóanyag emészthetőségi adatokkal és az adott silóból bevizsgált laboranalitikai eredmények segítségével nagyságrendileg meg lehet becsülni, hogy milyen anyagi veszteségekkel és jövedelem elmaradással jár egy csökkent energia- és táplálóanyag, valamint szervesanyag emészthetőségű tömegtakarmány etetése. Állománymérettől függően éves szinten 8, de nagyobb telepeknél 9 számjegyű pénzügyi veszteség a realitás. Ezen kalkulátorok bemutatását a cikk túlszűfálásának elkerülése érdekében most mellőzzük.

***Aerob stabilitás:** azon, órákban kifejezett időtartam, amely alatt az átlevégőztött anyag maghőmérséklete 2°C-kal (Honig szerint, 1990) meghaladja a környezeti hőmérsékletet, 20°C-os környezeti hőmérsékleten.

A felhasznált irodalom a szerzőknél és a szerkesztőségben is rendelkezésre áll.