



ÚJABB INFORMÁCIÓK A CUKROK VISELKEDÉSÉRŐL A TEJELŐ TEHÉNEN 1/2.

Prof. Mary Beth Hall

Erdeti cím: Sugars in dairy cattle nutrition
U.S. Dairy Forage Research Center, USDA
Agricultural Research Service, Madison, Wisconsin,
US Proceeding: Tri-State Dairy Nutrition Conference,
April 17-19, 2017 (135-146 pp)
Email: marybeth.hall@ars.usda.gov.

Fordította: Kövesdi Gréta
Szerkesztette: Orosz Szilvia

ELŐSZÓ

Mary Beth Hall professzor asszony a tejelő szarvasmarha és a takarmányanalitika elismert szakértője a világon. A Wisconsin Egyetem világhírű kutatóintézetében dolgozik. A cikket érdemes nagy körültekintéssel olvasni, mert újszerű

információkat és látszólagos ellentmondásokat is tartalmaz. A téma terjedelme és nehézsége miatt két részben közöljük le a kéziratot. A második részben a termelési eredményekre gyakorolt hatásról írunk majd.

A TÉMA RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

A takarmányban található fontosabb cukrok lehetnek monoszacharidok, mint a glükóz és a fruktóz, vagy olyan diszacharidok, mint a szacharóz és a laktóz. Ezek vízben és 80%-os etanolban oldódó szénhidrát-frakciók. A bendőmikrobák a cukrot szerves savakká, gázokká, mikrobiális sejtekké és glikogénné alakítják. A cukrokból az erjedés során nagyobb mennyiségben keletkezik vajsav, mint a keményítőtől. A glikogén egy olyan tartalék poliszacharid, amely hasonló szerkezettel rendelkezik, mint a keményítő. A glikogént a bendőbaktériumok és protozoák állítják elő. A laktózt (tejcukrot) felépítő cukrok pedig hajlamosabbak glikogénné alakulni, mint a keményítő. A glikogén előállítása a cukrok lebontásának (erjedésének) mértékét csökkenti, ezzel elősegítve a bendőbeli magasabb pH fenntartását. A glikogén-képződés

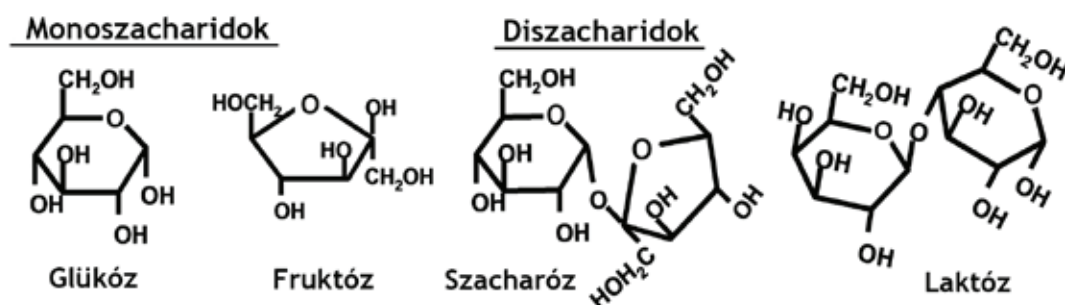
csökkenti a bendőmikrobák energiaellátottságát, amely a mikrobák szaporodásához szükséges. A keményítő vagy a keményítőt tartalmazó takarmányok helyettesítésénél a cukrok mennyiségének növelése változatos hatásokkal járhat a tejmenyiség és tejfehérje termelését illetően - nem befolyásolja (a legtöbb vizsgálatban), növeli vagy csökkenti. A cukrok egyik kifejezettebb hatása a tejszír % növelése. Ez összefügghet a vajsav-termeléssel vagy a glükózhasznosító mikrobák szerepével a zsírsavak biohidrogénezésében. Annak érdekében, hogy a cukortartalom változtatásakor megbízhatóbban tudjuk előre jelezni a várható eredményt, jobban meg kell értenünk, hogy a cukrok hogyan befolyásolják a táplálóanyagok sorsát a bendőben az egyéb takarmányok/takarmánykomponensek függvényében.

BEVEZETÉS

„Cukrok” (1. ábra) alatt elsősorban a monoszacharidokat értjük (az egyszerűbb cukrokat, mint a glükóz és a fruktóz), valamint a diszacharidokat (többek között szacharóz és laktóz). Ezek a vízben oldódó, könnyen hozzáférhető szénhidrátok, melyek olyan sajátos emésztési profilal

rendelkezik, amik különbözik a keményítőtől és a rostjellegű szénhidrátoktól, különösen a bendőbeli viselkedésüket tekintve. Ha megértjük, hogy a bendőmikrobák és a tehén hogyan hasznosítja a cukrokat, akkor könnyebben tudjuk magyarázni a termelésben bekövetkezett változásokat is.

1. ÁBRA A CUKROK KÉMIAI SZERKEZETE. SZACHARÓZ = GLÜKÓZ + FRUKTÓZ, LAKTÓZ = GLÜKÓZ + GALAKTÓZ



CUKORFORRÁSOK

A takarmányok cukortartalmában jelentős eltérések lehetnek, amit felhasználhatunk az adagösszeállítás során. A glükóz, a fruktóz és a szacharóz a friss tömegtakarmányban és a szénában is megtalálható, hatással van rá a betakarítás fenológiai fázisa, a termesztés körülményei és a tartósítási technológia (2-6% sza. a hüvelyesekben és a tavaszi füvekben, 8-15% sza. néhány őszi vetésű fűben; Smith; 1973). A szilázsokban az erjedés lezajlása után már kevés a maradvány cukor. Lehet néhány %-kal magasabb (esetleg) a jól konzervált nagy szárazanyag-tartalmú takarmányokban (M.B. Hall, kiadatlan). A magas cukortartalmú szilázsokban, amelyek cukornádból készültek, elérheti a 40%-ot az NSC (nem strukturális szénhidrát) (Sousa et al., 2014). A gyümölcs- és zöldség törgölyök, mint például a citruspép és a cukorrépa-szelet jelentős mennyiségű cukrot tartalmazhat, ami a citrus - vagy cukorrépa-melasz hozzáadott mennyiségétől függ (citruspép: 12-40%, etanolban oldódó szénhidrát; Hall, 2001). A cukornád vagy a cukorrépa cukortartalma a végtermékben található komponensek keverékétől függ. A mandulahéj (20-29%; Aguilar és munkatársai, 1984), és még a szójabab is (6-7%; Choct és munkatársai, 2010) hozzáad a takarmányadag cukortartalmához. Laktóz csak a tejtermékekben található, mint például a tejsavó (70%; Defraín és munkatársai, 2004) és a tejsavó-permeátum (76-85%; 2016).

A leggyakrabban használt analitikai módszerek a cukrokat nem egyedileg mérik, hanem nagyobb frakciókat (csoportokat) különítenek el. A vízben oldódó szénhidrátok (WSC) és a 80%-os etanolban oldódó szénhidrátok (ESC) különböző cukrokat mérnek, és egyéb szénhidrátokat is tartalmazhatnak. A WSC-ben egyszerű cukrok találhatók meg, mint a szacharóz és a laktóz, továbbá rövid láncú szénhidrátok (oligoszacharidok), és esetleg néhány poliszacharid, mint például a rövid és hosszú láncú fruktánok. Az ESC ugyanazokat a szénhidrátokat tartalmazza, mint a WSC, kivéve, hogy az ESC nem teljesen oldja a laktózt (Machado és munkatársai, 2000) vagy a hosszú láncú poliszacharidokat (Asp, 1993), beleértve a hosszú láncú fruktánokat. Jelenlegi ismereteink alapján, a WSC bendőbeli sorsa hasonló, mint az ESC-é, kivéve az erjedés mértékét, tehát nagyon hasonlóak egymáshoz... de ne hívják őket „cukrok”-nak!

A melaszban az ún. „invertált cukrokat” mérjük. Ez az analízis a melaszokban lévő szacharóz, glükóz és fruktóz összegének értékét adja meg. Ha a folyékony állapot fenntartása érdekében tejsavót adunk a melaszhoz, akkor lehet, hogy a laktózt nem tudjuk kimutatni, vagy csak a laktóz felével történik a számolás.

A CUKROK HASZNOSÍTÁSA A BÉLCSATORNÁBAN

A szarvasmarhák képesek lebontani a keményítőt, a laktózt és a mikrobákban tárolt glikogént, valamint a diszacharid szerkezetű trehalózt azon enzimek segítségével, amelyek a hasnyálmirigy váladékában és a vékonybél membránjában termelődnek (Kreikemeier és munkatársai, 1990).

Minden egyéb szénhidrátot, beleértve a szacharózt, a fruktánokat, a pektint és az NDF-et, bendőmikrobák vagy egyéb gasztrointesztinális mikrobák bontják le és teszik hozzáférhetővé a bomlástermékeket a tehénnek.

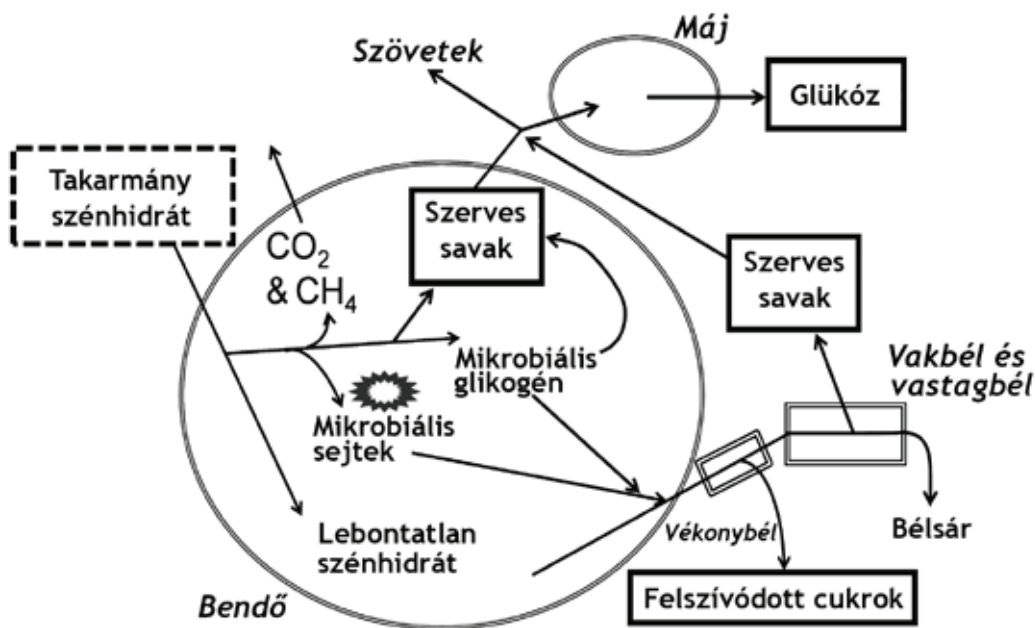
Mikrobiális termékek

A cukrok nagyon gyorsan bomlanak le a bendőben, 422-738% / óra a glükóz lebomlási rátája (Weisbjerg és munkatársai, 1998). A cukrok mikrobiális erjesztése során nagyobb arányban keletkezik butirát és a laktát, mint ahogyan az a keményítő esetében tapasztalható (Strobel és Russell, 1986; DeFrain és munkatársai, 2004; Hall és munkatársai, 2010). Viszont a szacharózból származó mikrobiális fehérje kevesebb, mint ami a keményítőből termelődik (Hall és Herejk, 2001; Sannes és munkatársai,

2002). A szerves savak és a mikrobasejtek szaporodása azonban csak egy része a teljes történetnek.

Korábban azt gondoltuk, hogy a szénhidrátok szerves savakká (laktát, acetát, propionát, butirát, valerát), gázokká (széndioxid és metán) alakulnak a bendőben és egy részük beépül a mikrobiális sejtekbe. De vannak olyan egyéb termékek is, amelyeket a bendőbeli mikrobák képesek jelentős mennyiségben előállítani. Ilyen termék a glikogén (2. ábra).

2. ÁBRA A SZÉNHIDRÁTOK SORA

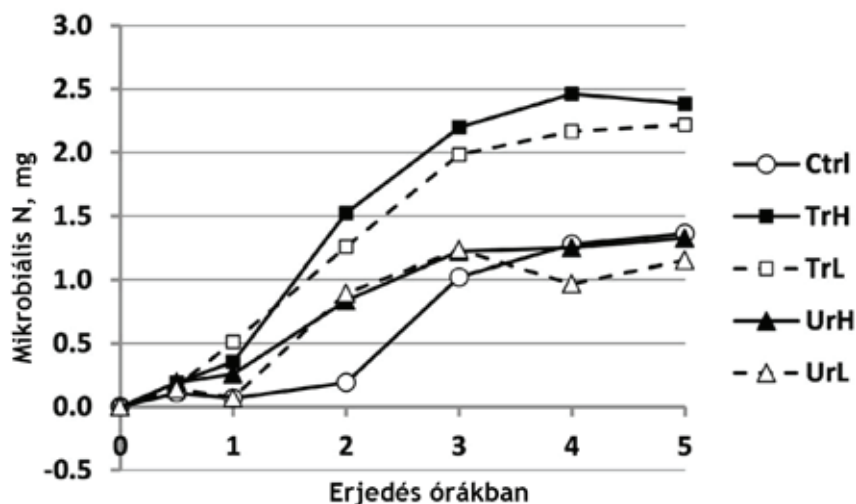


A glikogén egy olyan poliszacharid, amelynek a szerkezete nagyon hasonló a keményítőéhez. A protozoák és a baktériumok a sejt belsejében állítják elő a glikogént és ott tárolják, míg a gazdaszervezet meg nem emésztí. A glikogén a mikrobák áthaladásával kikerülhet a bendőből úgy, hogy nagy mennyiségben jut át a vékonybélbe (potenciálisan emészthető, mint a keményítő), bármely takarmányadagban (Branco és munkatársai, 1999). A könnyen hozzáférhető szénhidrátok (cukrok) lebomlási sebessége a glikogén termelésekor lassabb, így lényegében lelassítja az erjedést és a savtermelést. De ennek ára van, méghozzá 1 ATP az ára a glikogén előállításának. A mérések szerint 1 ATP szükséges egy glükóz glikogén lánchoz való csatolásához (Ball és Morell, 2003). Ha tehát a bendő mikrobái 3-4 ATP-t állítanak elő a szénhidrátokból (Russell és Wallace, 1988), akkor a glükóz glikogénként történő átmeneti tárolása által 25-33%-kal csökken az ATP-hozam, csökkentve ezzel a rendelkezésre álló energiát, amely a mikrobák szaporodását szolgálja. Ez lehet az egyik oka, hogy a cukrok esetében a mikrobiális biomassza termelése kevesebb, mint a keményítő lebontásakor. Mivel a mikrobák által felvett szénhidrát nem alakult át teljesen olyan energiává, amely a mikrobiális sejtek növekedését segíti, és a meglévő ATP-készlet csökken (Hall és Herejk,

2001; Sannes és munkatársai, 2002).

A cukrok hajlamosabbak glikogénné alakulni, mint más szénhidrátok, mivel rendkívül gyorsan bomlanak le a bendőben. Több mikrobiális glikogén keletkezik, ha nagy mennyiségű gyorsan lebomló szénhidrát áll rendelkezésre (Prins és Van Hoven, 1977) különösen, ha a mikrobák energiaszükségleténél többet tartalmaz az adag (Ball és Morell, 2003). Ebben a megközelítésben, a glikogén egy alternatív stratégia lehet az energia megőrzéséhez, mivel a mikrobák által, a szénhidrátok erjesztése során előállított ATP egy része hőveszteség formájában elillanhat a bendőből. A bendőben lebomló fehérje (RDP) nagyobb mennyiségben való etetése csökkentheti a glikogéntermelést és ezáltal növelheti a szénhidrátok savakká történő átalakulásának mértékét, így növelheti a bendőbeli laktáttermelést (Counotte és Prins, 1981; Malesten és munkatársai, 1984). A glükóz szubsztrátként való felhasználásakor, a bendőbeli mikrobák az aminosavakban lévő nitrogént (aminosavak, peptidek) részesítik előnyben az ammóniával vagy karbamiddal szemben (Hristov és munkatársai, 2005), és ekkor több mikrobiális fehérjét termelnek peptidekből, mint a karbamidból (3. ábra; Hall, 2017).

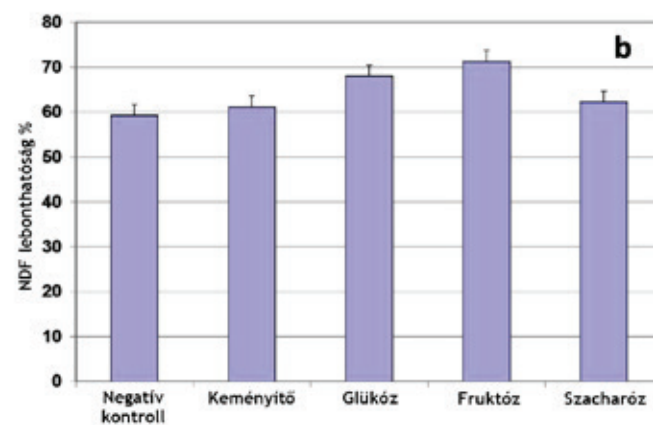
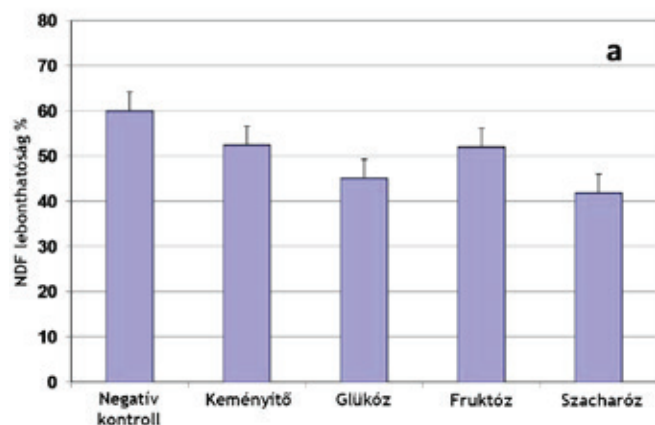
3. ÁBRA GLÜKÓZ ALKALMAZÁSOKOR ÉS KÜLÖNBÖZŐ NITROGÉNKONCENTRÁCIÓ (N) VAGY PEPTIDEK (CTR) ÉS KARBAMID (UR) ETETÉSEKOR MÉRT HATÁSOK A MIKROBIÁLIS FEHÉRJESZINTÉZISBEN. CTRL = LEGALACSONYABB NITROGÉNKONCENTRÁCIÓ, L = MEGNÖVELT, DE MÉG ALACSONY NITROGÉNKONCENTRÁCIÓ ÉS H = MAGASABB N SZINT (HALL, 2017).



A cukroknak a rost bendőbeli lebontására gyakorolt hatásáról kialakult korábbi vélemény a vizsgálati eredmények függvényében változott. A szarvasmarha takarmányadagjában a magas cukortartalmú takarmány alkalmazása csökkentette a rost emésztését, még akkor is, ha a bendő pH értéke nem csökkent jelentősen (Pate, 1983). A cukorkiegészítés a rostemészthetőséget a pH érték változása (Khalili és Huhtanen, 1991), a mikrobák által termelt inhibitorok (Piwonka és Firkins, 1996), és az

RDP korlátozott mennyisége által csökkentheti (Heldt és munkatársai, 1999). Ez utóbbi esetben a cukorhasznosítók győznek a rostlebontókkal szemben a versenyhelyzetben (Jones és munkatársai, 1998). A cukrok azonban nem minden esetben vannak negatív hatással a rost emésztésére: van bizonyíték arra, hogy éppen ellenkezőleg, javíthatják a rostemészthetőséget, ha a fehérje nincs limitálva (Heldt és munkatársai, 1999) (4. ábra).

4. ÁBRA AZ NDF TELJES EMÉSZŐTRAKTUSBAN MÉRT EMÉSZTHETŐSÉGE KÜLÖNBÖZŐ NEM ROST JELLEGŰ SZÉNHIDRÁTOKKAL ÉS BENDŐBEN LEBONTHATÓ FEHÉRJE (RDP) KIEGÉSZÍTÉSSEL. „A” ÁBRA: RDP A TESTTÖMEGNEK 0,031%-A; „B” ÁBRA: RDP A TESTTÖMEG 0,122%-A (HELDT ÉS MUNKATÁRSAI, 1999).



A cukorhasító mikrobák szerepet játszanak a bendőben lévő zsírsavak biohidrogénezésében is, amelyek befolyásolhatják a tejzsírtermelést. Néhány glükózhasznosító mikroba a bendőben biohidrogénezést végez (például a *Butyrivibrio fibrosolvens*, McKain és munkatársai, 2010). A 18:1 zsírsav transz-10 izomerje pedig szerepet játszik a tejzsír csökkentésében. Amikor a szacharózt 4,7%-ra (sza.) emelték a takarmányadagban, a transz 18:1 zsírsav koncentrációja a tejben csökkent és a tejtermelés növekedett (Penner és Oba, 2009). Egy tanulmányban a 2,6%-os melaszkeverék hozzáadása (amely 1,5% invert cukrot ad a takarmányhoz), a tej transz-10 18:1 koncentrációjának növekedésével járt. Az azonban kérdéses, hogy ez a melasztermék hatása vagy a karbamidé, ami a melaszos termékben volt.

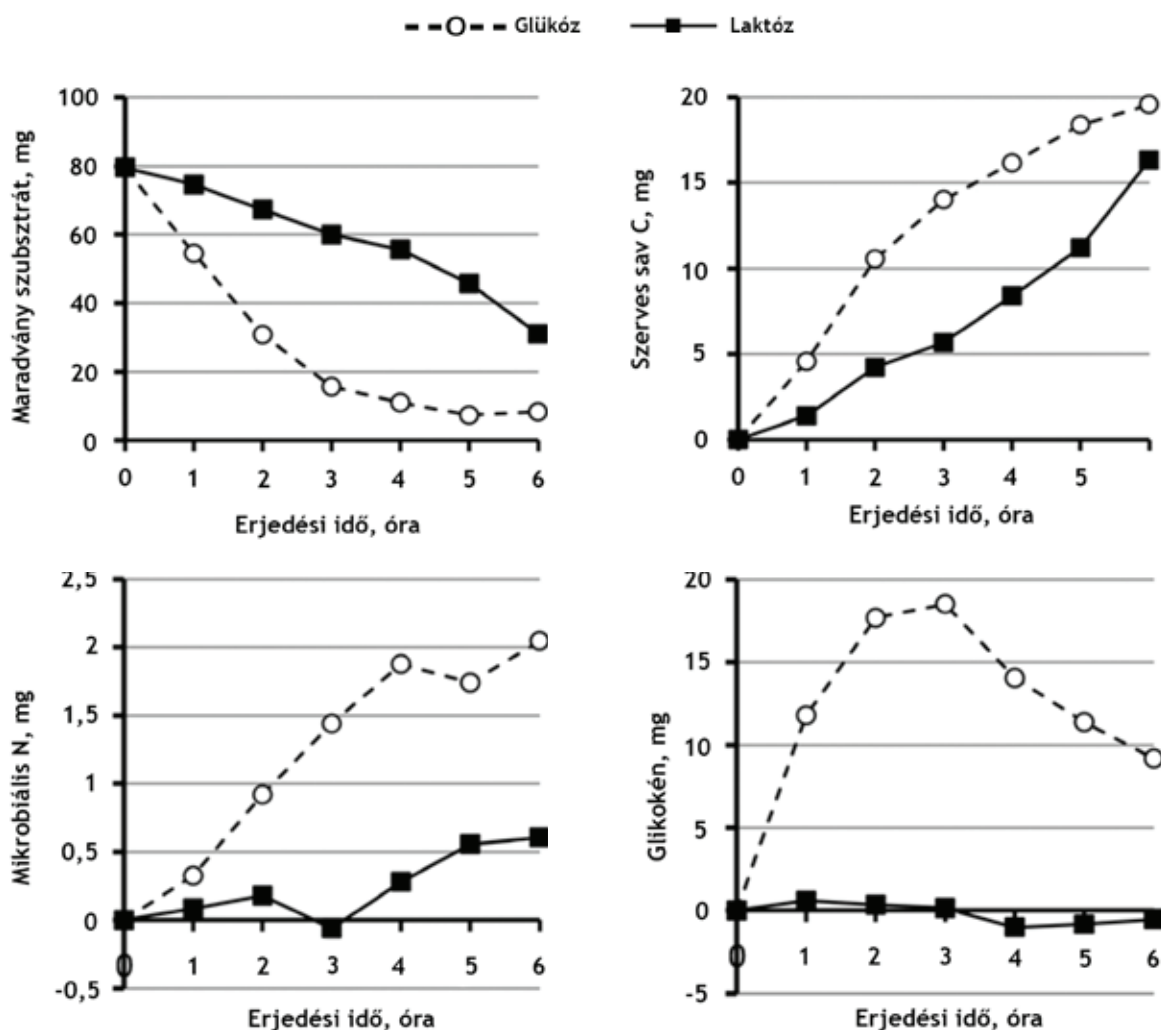
Egy másik különbség a cukrok és a keményítő között, hogy milyen mértékben van jelen a cukor hexózként vagy egyszerű 6-szénatomos cukorként. A glükóz, a fruktóz és a galaktóz mind hexózos. Egy glükóz = 1 hexóz, amely nem kötődik egy másik cukorhoz, tehát 1 font glükóz = 1 font szabad hexóz. A szacharóz vagy a laktóz 2 hexózt tartalmaznak, amelyek egymáshoz kovalens kötéssel kötődnek. Ahhoz, hogy ezen diszacharidok szabad hexózzá váljanak, a molekuláknak hidrolizálódniuk kell. Ez az jelenti, hogy hozzá kell adni a hidrolízishez használt víz tömegét, amely a diszacharid 1 fontjára 1,05 font szabad hexózt jelent. Az olyan poliszacharidokban, mint a keményítő, nagyon sok olyan kötés van, amelyet víz hozzáadásával kell hidrolizálni.

Ezért 1 font keményítő = 1,11 font szabad hexózt ad. Tehát a keményítő ugyanazon szárazanyag-tömege több hexózt tud a bomláskor szolgáltatni, mint az egyszerű cukrok. Számít ez? Ha a mikrobák hatékonyabban tudják felhasználni a cukrot, mint a keményítőt, mert gyorsabban tudják fermentálni, akkor talán nem, de ez egy olyan tényező, amely esetleg befolyásolhatja a szénhidrátok értékét a mikrobákban vagy a tehénben.

A laktóz bendőbeli viselkedése nagyon különbözik más cukroktól?

A mikrobák máshogyan kezelik a laktózt, mint az egyéb cukrokat, valószínűleg a lassabb hasznosulási ráta miatt. Az olyan tehenekből vett bendőfolyadék esetében, ahol 2 héten keresztül szoktatták az állatot a glükózt és laktózt tartalmazó takarmányadaghoz, megfigyelhető volt, hogy a szénhidrát lebomlása és a szerves sav előállítása lassabb volt laktóz alapon, mint glükóz alapon (5. ábra; Hall, 2016).

5. ÁBRA A GLÜKÓZ ÉS A LAKTÓZ BENDŐBELI MIKROBÁK ÁLTAL TÖRTÉNŐ FELHASZNÁLÁSA *IN VITRO*. KEZELÉSEK: 300 MG NITRÓGÉN/LITER TÁPTALAJ, BELEÉRTVE MIND AZ AMMÓNIÁT, MIND A PEPTIDEKET (HALL, 2016).



Sokkal több glikogén termelődött a glükóz alapú takarmányadagon, bár a laktóz erjedése elegendő ahhoz, hogy fenntartsa a glikogén kezdeti szintjét. A mikrobiális nitrogéntermelés alacsonyabb volt laktózzal. A laktózon történő gyengébb mikrobiális fehérjeszintézis és glikogéntermelés összefüggésben lehet a lassabb felhasználási sebességével.

Folytatása következik...



ÚJABB INFORMÁCIÓK A CUKROK VISELKEDÉSÉRŐL A TEJELŐ TEHÉNEN 2/2.

Prof. Mary Beth Hall

Erdeti cím: Sugars in dairy cattle nutrition
U.S. Dairy Forage Research Center, USDA
Agricultural Research Service, Madison, Wisconsin,
US Proceeding: Tri-State Dairy Nutrition Conference,
April 17-19, 2017 (135-146 pp)
Email: marybeth.hall@ars.usda.gov.

Fordította: Kövesdi Gréta
Szerkesztette: Orosz Szilvia

ELŐSZÓ

Előző számunkban olvashattak a cukrokról, Mary Beth Hall professzor asszony tollából. A 'történetet' azzal fejezzük be, hogy a cukorszerű szénhidrátok különböző fajtái és az

adag egyéb komponensei, valamint ezek interakciói hogyan befolyásolják a termelési eredményeket.

AZ ÁLLATI TELJESÍTMÉNY

Hogyan befolyásolhatják a mikrobák által felhasznált cukrok az állati teljesítményt? Az eredményekre hatással van nemcsak az, hogy a takarmányadag mennyi és milyen

típusú cukrokat tartalmazott, hanem az is, hogy milyen egyéb komponensei voltak a TMR-nek.

TEJTERMELÉS

Kutatási eredmények szerint a cukrokkal vagy különböző cukorforrásokkal történő kiegészítés

- nem befolyásolta a tejtermelést, ha keményítőt vagy a keményítőforrást helyettesítettek (Nombekela és Murphy, 1995, McCormick és munkatársai, 2001, Sannes és munkatársai, 2002; DeFrain és munkatársai, 2004; Broderick és munkatársai, 2008; Oelker és munkatársai, 2008; Hall és munkatársai, 2010), vagy

- növelte a termelést 5-6% cukorkoncentráció eléréséig (etanolos meghatározási módszerrel mérve), ezt követően pedig romlottak az eredmények (Broderick és Radloff, 2004), vagy
- csökkentette a tejtermelést a késő laktációs tehénekben (Oelker és munkatársai, 2008).

Ezen kísérleti eredmények értékelésekor kulcsfontosságú tényező, hogy elegendő emészthető szénhidrát volt-e az adagban az energiaigény kielégítése érdekében.

TEJZSÍR

Egyes kutatási eredmények szerint a cukrok

- javítják a tejszír-termelést (Nombekela és Murphy, 1995, Broderick és Radloff, 2004, Broderick és munkatársai, 2008, Penner és Oba, 2009),
- más vizsgálatokban azonban nem tudtak kimutatni változást (McCormick és munkatársai, 2001; Cherney és munkatársai, 2003; DeFrain és munkatársai, 2004; Oelker és munkatársai, 2008), míg
- késő laktációs teheneknél szacharóz hozzáadásának hatására a tejszír-termelés csökkent, a tejtermelés csökkenésével párhuzamosan (Sannes és munkatársai, 2002).

A cukrok a zsírsavak biohidrogénezésén keresztül csökkentik ezen zsírsavak bendőbeli hozzáférhetőségét, így mérséklék a telítetlen zsírok tejszír-csökkentő hatását.

TEJFEHÉRJE

Kutatási eredmények alapján megállapítható, hogy a tejfehérje

- a cukor hozzáadásával kezdetben növekszik, majd csökken. A legnagyobb tejfehérje-növekedés 3-6% cukor hozzáadásánál volt mérhető, majd csökkent az érték (Broderick és Radloff, 2004),
- nem változott, amikor a cukorral a keményítőt helyettesítették (Nombekela és Murphy, 1995; McCormick és munkatársai, 2001; Cherney és munkatársai 2003; DeFrain és munkatársai, 2004; Broderick és munkatársai, 2008; Oelker és munkatársai 2008),
- csökkent (a tejtermeléssel együtt) szacharóz hozzáadásakor (Sannes és munkatársai, 2002)
- nem változott, ezért a cukor egyenértékű volt a keményítővel, amikor nem lebomló fehérjével növelték a takarmányadagot, vagy
- csökkent (12% cukorkoncentráció mellett), tehát gyengébb hatásfokú volt a cukor nagy mennyiségben etetve, amikor több volt az RDP az adagban (Hall és munkatársai, 2010).

A cukor hatása nagymértékben függ attól, hogy milyen gyorsan szaporodnak a mikrobák és milyen gyorsan

Ezért a tejszír-növelésben csak akkor jelenik meg a cukrok kedvező hatása, ha elég telítetlen zsírsav van a bendőben, amit hatástalanítani tud a mikroflóra a cukrok segítségével. Az is fontos tényező, hogy a folyadékáramlás sebessége elég lassú legyen ahhoz, hogy a mikrobák által a zsírsavak biohidrogénezése bekövetkezhessen. A tejszír-termelésre gyakorolt hatás másik lehetősége a butirát előállításán keresztül történik. A bendőbe bejuttatott butirát vagy acetát növelte a tejszír százalékát (Rook és Balch, 1961, Rook és munkatársai, 1965), de nem csökkentette a tejhozamot (bár a kísérletben a tehenek tejtermelése meglehetősen alacsony volt). Bár a butirát a tejben található zsírsavaknak csak kis részét teszi ki, körülbelül 30%-át adja sn-3 pozícióban lévő zsírsavaknak a trigliceridekben (Jensen, 2002), és más rövid láncú zsírsavak előállításakor is felhasználható.

haladnak át abba a bélszakaszba, ahol a tehen képes megemésztetni. Továbbá, hogy az aminosavak, amelyeket a mikrobák termelnek, limitálják-e a tejfehérje előállítását.

Valószínűleg több mikrobiális fehérjét tudunk cukorból termelni, ha több valódi fehérjét/peptidet biztosítunk az adagban, mint karbamidot. Ez egyben kevesebb glikogéntermelődést és a mikrobiális szaporodáshoz elérhető energia csökkenését jelentené.

A glükóz hatására, a lassú felhasználású laktózhoz viszonyítva még úgy is több mikrobiális fehérje termelődött, hogy a mikrobák több glikogént állítottak elő glükóz jelenlétében. A mikrobák olyan gyorsan fogyasztották el a glükózt, hogy a létfenntartásra fordított energia kisebb volt, mint amit a növekedésre használtak fel. Éppúgy, mint a tejtermelésre fordított energia hatékonysága a létfenntartási energiával szemben, a nagy termelésű tehen és az alacsony termelésű tehen összevetésekor. A cukorhasznosító mikrobák fehérjeszolgáltató képessége azért is előnyösebb, mivel a mikrobák a bendőből a folyadékkal haladnak át az oltógyomorba, amely sokkal gyorsabb, mintha a szilárd fázissal 'utaznának'.

A BENDŐ PH-JA

A cukroknak nem volt olyan negatív hatásuk a bendő pH-értékére, amelyet egy gyorsan erjedő és tejsavvá átalakuló szénhidráttól várnánk. A tejtermelő tejelő tehenek esetében

- a cukrok vagy cukorforrások összehasonlítása a keményítő vagy keményítőforrásokkal szemben

nem befolyásolta a bendő pH-értékét (McCormick és munkatársai, 2001, Sannes és munkatársai, 2002; Broderick és Radloff, 2004; DeFrain és munkatársai, 2004; Broderick és munkatársai, 2008; Oelker és munkatársai, 2008), vagy

- megnövekedett a bendő pH-értéke (Penner és Oba, 2009), amikor a cukrot növelték az adagban. Hasonló bendő pH-értékük volt azoknak a tejelő teheneknek, amelyeknek az adagja melaszt + szacharózt tartalmazott nem lebomló fehérjével, mint amelyeknek az adagjában a kukoricadara vagy a citruspép volt a szénhidrátforrás (az átlagos pH érték 6 órával etetés után = 6,0). Azonban a melaszt + szacharózt tartalmazó TMR több RDP-vel már alacsonyabb értéket adott eredményül, átlagosan 5,7 bendő pH-val volt jellemezhető az ilyen adag (Hall és munkatársai, 2010).

Amikor húsmarhákkal gyenge minőségű prérifű-szénát etettek 0,122% (élő súly) RDP-kiegészítéssel és 0,3% (élő súly) glükóz, fruktóz vagy szacharóz adagolással, akkor a bendő pH-értéke 3 órával etetés után érte el a legalacsonyabb pontját. Míg a keményítővel kiegészített adag hatására a bendő pH-értéke 9 órával etetés után érte el a legalacsonyabb pontját (Heldt és munkatársai, 1999). A keményítő-alapú adagot fogyasztó állatok átlagos bendő pH-ja alacsonyabb volt, mint a cukorral történő kezeléskor. Ezen a téren a cukrok nem különböztek egymástól. Az egyik bendőacidózisról szóló tanulmány azt mutatta, hogy

a bendő pH-értéke gyorsabban csökkent melaszos kezelés hatására, azonban 24 óra elteltével elkezdett visszaállni, míg a roppantott búzas kezelés során a pH-érték 120 órán keresztül csökkent (Randhawa és munkatársai, 1982). A gyorsabb reakciónak az lehet az egyik oka, hogy a melasz és a mikrobák a bendőfolyadékkal gyorsabban haladnak át a bendőn, míg a búzaszem egy része nagy valószínűséggel lenn marad a bendőben a szilárd frakcióval.

Hogyan lehet a potenciálisan gyorsan fermentálódó szénhidrátoknak (mint amilyen a cukor) ilyen hatása? A glikogén előállítás lassítja a cukor fermentációját, valamint a folyékony frakció bendőn való áthaladása is befolyásolja a cukornak a bendő pH csökkenésére gyakorolt hatását. A növekvő RDP csökkentheti a glikogén termelését és növelheti az erjedés sebességét, valamint elősegítheti a bendő pH-értékének csökkenését. **Az RDP tehát szabályozója a szénhidrátok bendő-pH értékére gyakorolt hatásának?** A fermentációnak, a cukrok hozzáférhetőségének, valamint a keményítő arányának a figyelembe vétele generálhatja az RDP mennyiségének beállítását az adagban.

KÖVETKEZTETÉS

A keményítő egy részének cukrokkal történő helyettesítése változatos eredményeket adott a bendő mikrobáit és az állatok teljesítményét tekintve. **Gyakoribb eredmény a tejsír-termelés javulása és a változatlan vagy megnövekedett bendőbeli pH-érték**, amely összhangban van az elméleti ismeretekkel, azonban ezen reakciók nem mindig mutathatóak ki. Azért, hogy a cukrokat a leghatékonyabban tudjuk beépíteni a tejelő

tehen adagjába, meg kell értenünk, hogy milyen egyéb változók befolyásolhatják a képet. A takarmányadag cukortartalmának módosításakor figyelniük kell arra is tehát, hogy a szénhidrátoknak a bendőfunkcióra gyakorolt hatását hogyan befolyásolja a cukor koncentrációja mellett az adagokban lévő bendőben lebontható fehérje és a telítetlen zsírsavak aránya.

