

LAKTÓZHIDROLÍZIS TEJTERMÉKEKBEN

FENYVESSY JÓZSEF¹ BARA TAMÁSNE² CSANÁDI JÓZSEF¹

¹Technológia Tanszék

²Élelmiszerkémia és Élelmiszeranalitika Tanszék

ÖSSZEFOGLALÓ

A szerzők a laktózmentes fogyasztói tej, iskolatej, kakaóstej előállítására vonatkozó kísérletek tapasztalatait összegezték. Adatokat közölnek továbbá a sajtgyártáskor keletkező savó tejcukor-tartalmának csökkentésére. Üzemi körülmények között is könnyen elvégezhető, egyszerű, gyors módszert dolgoztak ki a laktózhidrolízis mértékének megállapítására.

Vizsgálataik szerint az iparilag előállított laktáz enzim 2000 NE dózis alkalmazása esetén 37 °C-on 3 óra, 10 °C-on 24 óra alatt adott megfelelő (80 %) mértékű hidrolízist.

A laktózmentes kakaóstej cukoradagolás nélkül nem adott érzékszervileg elfogadható minőséget. A cukorbetegségben szenvedők tejkészítménnyel történő ellátása érdekében különböző mesterséges ízesítőszer alkalmazását próbálták ki.

A savó laktóztartalmának csökkentésére irányuló vizsgálataik során megállapították, hogy ugyanolyan körülmények között a tejcukor lassabban bomlik savóban, mint tejben.

A tejcukor elbomlása mértékének megállapítására olyan matematikai egyenletet dolgoztak ki, amelynek segítségével a laktóztartalom polarimetriás meghatározása után a hidrolízis százalékos értéke számítható.

1. BEVEZETÉS

A tej kedvező táplálkozásbiológiai értéke elvész azok számára, akik a tejcukor elégtelen felszívódása miatt nem fogyaszthatnak tejet.

A laktáz enzim teljes, vagy részleges hiánya miatt a tejcukor baktériumos bomlása következik be, ami kellemetlen tünetekben, felfúvódás, hasmenés stb. nyilvánul meg. Hazai felmérések szerint a lakosság 14 %-a laktózintoleráns. (SZAKÁLY et al. 1981)

Gyógyszerkészítmények közvetlenül tejhez adása esetén a beteg mentesülhet a tejcukor okozta tünetektől, azonban a fogyasztók többsége szívesebben veszi a konyhakész termékeket, ellenkező esetben inkább lemondanak róla.

A laktóztartalom csökkentésére számításba jöhetnek biológiai és fizikai módszereken alapuló eljárások. A csökkentés történhet enzimes hidrolízissel, illetve ultraszűrési eljárással. (FACSKÓ et al. 1981)

Kísérleteinket enzimadalózással végeztük és fogyasztói tej, kakaós tej, savó termékek laktóztartalmát csökkentettük.

A laktózhidrolízis mértékének megállapítására a fagyáspont meghatározása alapján működő krioszkopos módszer terjedt el. A vizsgálatot nagyértékű műszerrel lehet elvégezni, ezért törekedtünk a gyakorlat számára bárhol elvégezhető, megfelelő pontosságú vizsgálati eljárás kidolgozására.

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A csökkentett tejcukortartalmú tejtermékek és savó előállításához enzimes hidrolízist alkalmaztunk. A fogyasztói tej, iskolatej, kakaós tej készítését a hagyományos gyártástechnológiai előírások szerint végeztük. A savókísérletekhez sajtsavót használtunk.

A fagyáspont értékeket Cryo Star készülékkel (MSZ 3738-82) a tejcukortartalmat polarimetriás módszerrel (MSZ-08-1454-82/3) határoztuk meg.

Regresszióanalízissel összehasonlítottuk a fagyáspont és a polarimetriás forgatóképességre kapott értékeket.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A különböző tejcukorszegény készítményekhez iparilag előállított laktáz enzimet (béta-galaktoszidáz) alkalmaztunk.

Vizsgáltuk, hogy az enzinkészítmény (Maxilact) különböző koncentrációban, illetve eltérő hőmérsékleten milyen tejcukorbontást tesz lehetővé.

Kísérleteink során a laktóztartalom 80 %-os csökkentésére törekedtünk, ugyanis gyermekeken végzett klinikai vizsgálatok igazolták, hogy a tejcukor 80 %-ának elbontása már minden esetben tünetmentességet eredményezett. (FERENCZ et al. 1981)

A tejcukortartalom megfelelő értékének elérését az alkalmazott enzimkoncentráció, illetve dózis nagysága befolyásolja. A laktáz enzimmel 37 °C-on érhető el a legrövidebb idő alatt kedvező eredmény. A hidrolízis fontosabb adatait az 1. sz. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A hidrolízis fontosabb adatai fogyasztói tejben (2,8 zsír %) 37 °C-on

Enzimtartalom (NE)	Hidrolízis idő (h)	Forgatóképesség (a)	Hidrolízis (%)
1000	3	3,20	72,9
1000	24	3,30	79,9
2000	3	3,35	81,6

A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy 1000 NE alkalmazása esetén már 3 óra elteltével jelentős laktózcsökkenés (73 %) érhető el, 2000 NE alkalmazása esetén a laktózbontás mértéke 81,6 %.

1000 NE-et alkalmazva a tejcukor szükséges lebontása csak 24 óra múlva következik be. Ezért ipari körülmények között nem jöhet számításba a 37 °C-on történő hidrolízis. Ezen a hőmérsékleten ilyen hosszú idő alatt a tejben olyan kedvezőtlen folyamatok lejátszódására kell számítani, amely a tej eltarthatóságát, érzékszervi tulajdonságait kedvezőtlenül befolyásolják.

A 10 °C-on történő hidrolízis fontosabb adatait a 2. sz. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A hidrolízis fontosabb adatai fogyasztói tejben (2,8 zsír %) 10 °C-on

Enzimtartalom (NE)	Hidrolízis idő (h)	Forgatóképesség (a)	Hidrolízis (%)
1000	3	3,20	30,70
1000	24	3,25	60,3
1000	36	3,40	68,0
1000	48	3,45	74,6
2000	3	2,80	46,5
2000	24	3,15	73,9
2000	36	3,50	81,4

A 36 órás hidrolízis csak abban az esetben alkalmazható, ha biztosítani lehet ezt az időtartalmat az enzim tejebe történő adagolásától a tej fogyasztásáig.

A hidrolízis tökéletes lefolyását csak megfelelő pH tartományban lehet biztonságosan elvégezni. Abban az esetben, ha a tej pH-ja nem éri el a 6,6 pH-t, akkor a laktózbontás lényegesen hosszabb idő alatt játszódik le. Pl. 2000 NE alkalmazásakor 10 °C-on a hidrolízis ideje 36 órától 62 órára növekedett.

A hidrolizált tej íze a szokásosnál édesebb. Ezt érzékszervi szempontból a megkérdezett személyek többsége kedvezőnek ítélte. A laktózmentes tej eme tulajdonságát kívántuk hasznosítani iskolatej előállítására.

Irodalmi adatok szerint a hidrolizált tej eltarthatósága ultrapasztörözött készítménynél rövidebb, ezt azzal magyarázzák, hogy a keletkezett monoszacharidok kémiai reakciói (pl. Maillard-reakció) gyorsabbak, mint a tejcukoré. (FACSKÓ et al. 1981)

Nem ultrapasztörözött és 10 °C alatti hűtőtároláskor ezt a gyorsabb romlást kísérleteink során nem tapasztaltuk.

Laktózmentes iskolatej előállítását két kritikus technológiai ponton történő változtatással lehet elérni:

- a hidrolízis a fogyasztói tejnél közöltek szerint zajlik le, majd a terméket fogyasztói csomagolásba töltik és 1-2 nap eltarthatósági idővel hozzák forgalomba,
- a hidrolízist követően ismételt pasztörözés, hűtés, majd töltés, csomagolás után az iskolatej eltarthatósága több napos (akár 5 nap is) lehet.

Nem tartjuk kizártnak az iskolatej ízesítését (vanília, málna stb.) aroma adagolással.

A cukorfogyasztás csökkentése, illetve a cukorbetegségben szenvedők tejkészítménnyel történő ellátása érdekében vizsgálatot végeztünk a hidrolizált tejből natúr formában, illetve különböző mesterséges édesítőszer alkalmazásával készített kakaóstej készítmények előállítására.

A kísérletekhez alkalmazott édesítőszereket a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat: Édesítőszer hatóanyagai és az adagolás mértéke

<i>Megnevezés</i>	<i>Hatóanyag</i>	<i>Adagolás mértéke (%)</i>
<i>Canderel</i>	<i>maltodextrin</i>	<i>1,0</i>
	<i>aspartman</i>	
<i>Huxolin</i>	<i>szacharin</i>	<i>0,6</i>
	<i>fruktóz</i>	
<i>Poly sweet</i>	<i>Na-ciklamát</i>	<i>0,6</i>
<i>Supinol</i>	<i>Na-szacharin</i>	<i>0,8</i>
	<i>K-aceszulfát</i>	
<i>Fruktóz</i>	<i>fruktóz</i>	<i>4,0</i>

A hidrolizált tej édesebb íze magától érthetővé teszi a cukortartalom csökkentését. Az alacsonyabb cukortartalom kisebb szárazanyagtartalmat jelent, amelyet a termék forgalombahozatalánál számításba kell venni.

A hidrolizált natúr (cukormentes) kakaóstej 1,5 % kakaópor, illetve 1,0 % kakaópor felhasználásakor sem adott érzékszervileg elfogadható minőséget. Mindkét esetben vagy répacukor, vagy mesterséges édesítők hozzáadása után értük el a megfelelő ízhatást.

A sajtgyártás melléktermékeként keletkező savó laktóztartalmának csökkentésére irányuló eljárások elterjedhetnek abban az esetben, ha a

- *savó folyékony állapotban kerül felhasználásra,*
- *sűrített savó előállítása a cél,*
- *savópor gyártását kell megoldani.*

Kritikus pontok a savópor készítése során keletkezhetnek. A továbbfelhasználhatóságot kedvezőlenül befolyásoló HMF (hidroximeil-furfurol) értékek tízszer nagyobbak a savó hidrolízisével készült porban, mint a sűrített savó laktázbontása után készült savóporban. (KENNEY et al. 1959)

Ilyen termékek készítése esetén kedvezőbb a hidrolízist a sűrített savóban elvégezni.

Tapasztalataink szerint ugyanolyan körülmények között a tejcukor lassabban bomlik savóban, mint tejben. Így ugyanazon hatás eléréséhez több enzim vagy hosszabb ideig történő melegen tárolás szükséges.

A savó hidrolízise során tapasztalt tejcukorbontás mértékét a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: A savóhidrolízis fontosabb adatai

Enzimtartalom (NE)	Hidrolízis idő (h)	Forgatóképesség (a)	Hidrolízis (%)
1000	1	2,85	33,9
1000	2	3,00	54,3
1000	3	3,00	58,8
1000	4	3,05	61,1
1000	5	3,10	68,0
2000	1	2,95	47,5
2000	2	3,10	67,9
2000	3	3,15	74,6
2000	4	3,20	81,4

Mint az a táblázatból kiderül 1000 NE alkalmazása esetén 5 óra múlva sem, amíg 2000 NE alkalmazásakor 4 óra múlva a hidrolízis elérte a kívánt szintet.

Savó esetében a pH megfelelő beállítása rendkívüli fontossággal bír. A bontás mértéke egyáltalán nem ellenőrizhető, ha az amúgy is tejsavbaktériumban gazdag sajtósavó pH-ja a kívánatosnál alacsonyabb értéket ér el.

Fentiekből következik, hogy savó esetében a pasztörözést a hidrolízis megkezdése előtt feltétlenül el kell végezni.

Takarmányozásra történő felhasználáskor az amúgy tilalom alá eső különböző "savtompítási" eljárások is számításba jöhetnek.

A laktózcsökkenés mértékének meghatározására a krioszkópos módszert alkalmazzák. A módszer a következő elven alapul. A tej vagy savó fagyáspontja kisebb, mint a desztillált vízé, ami az oldott ásványi komponenseknek és a tejcukortartalomnak tudható be.

Hidrolízis során a laktózmolekula két molekulává hasad, D-glükózzá és D-galaktózzá. A hidrolízis a fagyáspont csökkenéssel az alábbi képlet szerint írható le.

$$DT = -K \frac{X}{M}$$

ahol:

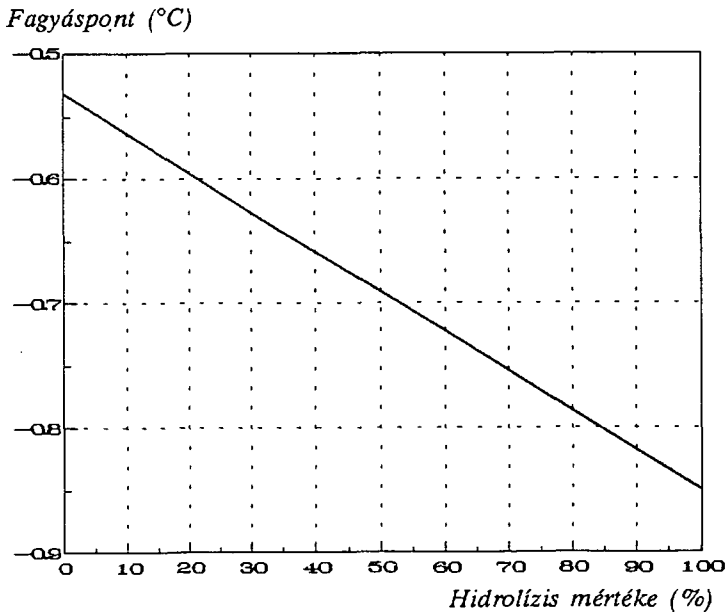
DT = fagyáspont csökkenés

K = a molekula moláris fagyáspont-csökkenése
(krioszkópikus állandó, víznél 1,86)

X = a nemionos vegyületek koncentrációja vizes oldatban (g/kg)

M = a nemionos vegyület molekulatömege

A kalibrációs mérés eredményét az 1. ábra tartalmazza.



1. ábra

A fagyáspont és a tejcukorhidrolízis közötti összefüggés

A tej, illetve savó laktóztartalmának meghatározása után a 0-100 % hidrolízishez tartozó fagyáspont értékeket kísérletileg határoztuk meg.

A mért fagyáspont értéket korrigálni kell, mivel az enzim által okozott fagyáspont csökkenést nem vehetjük figyelembe. A korrekció során a mért fagyáspont értékét csökkentjük az enzim vizes oldatának fagyáspont értékével.

A kalibrációs mérés alapján krioszópos módszerrel megállapítottuk a százalékos tejcukorhidrolízis és a korrigált fagyáspont értékek közötti lineáris összefüggést.

Az egyenes egyenlete

$$Y = 0,533 + 3,1 \times 10^{-3}X$$

ahol:

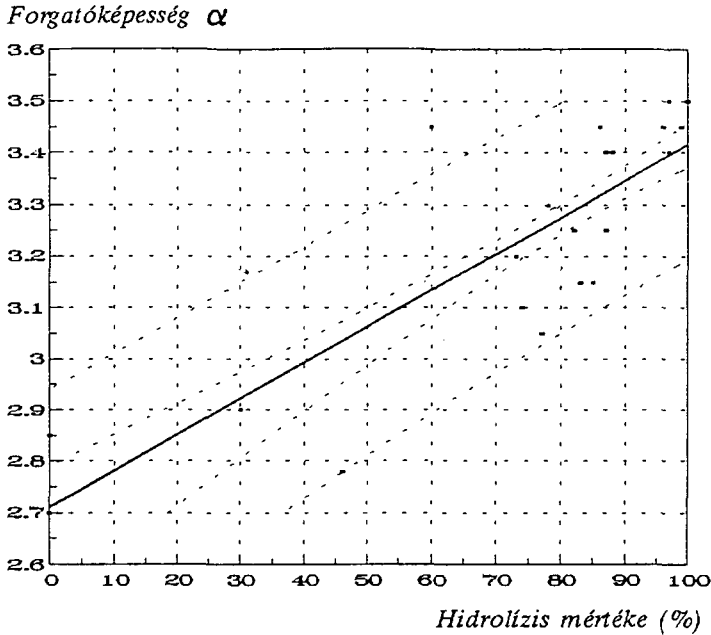
Y = korrigált fagyáspont

X = százalékos tejcukorhidrolízis.

A fagyáspont meghatározására szolgáló berendezés beszerzése igen költséges, ezért kidolgoztunk a hidrolízis mértékének meghatározására szolgáló, egyszerűen kivitelezhető módszert.

Az eljárást a tejcukortartalom polarimetriás szabvány szerinti meghatározása módszerére alapoztuk.

A forgatóképesség és a laktózhidrolízis közötti összefüggést a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra

A forgatóképesség és a hidrolízis mértékének összefüggése

A tejcukorbontásból származó D-glükóz forgatóképessége + 52,7, a D-galaktózé + 83,3. A hidrolízis során a derített cukortartalmú oldat forgatóképessége nő. A forgatási szögből a fajlagos forgatóképesség ismeretében az oldat cukortartalma meghatározható.

$$c = \frac{100a}{a_1 L}$$

ahol:

a = a leolvasott forgatási szög,

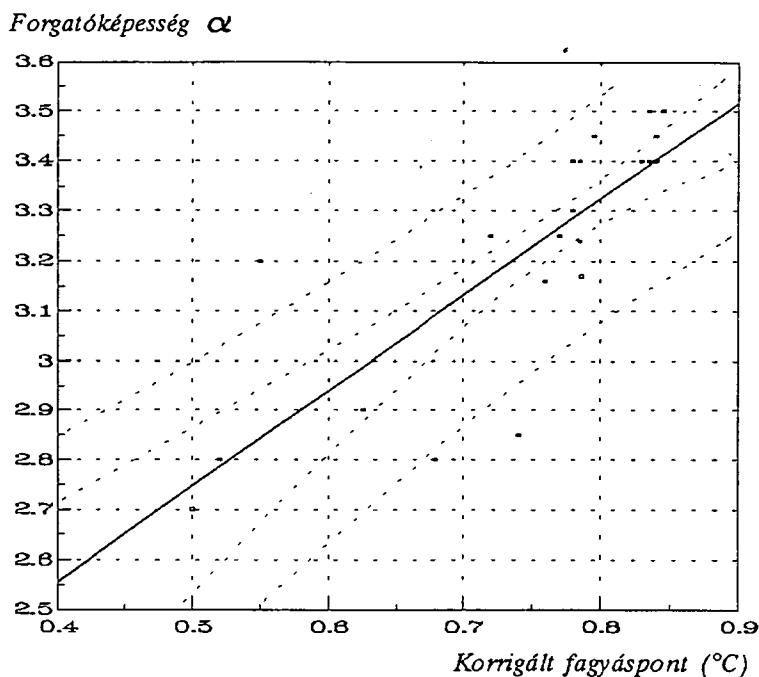
a_1 = a fajlagos forgatóképesség szöge

L = a polárcső hossza ($m \times 10^{-1}$).

A korrigált fagyáspontra és a polarimetriás forgatóképességre kapott értékek regresszióanalízissel történő összehasonlítása szoros összefüggést mutat.

Megállapítható, hogy a polarimetriás forgatóképességi értékek szoros pozitív korreláció szerint változnak a korrigált fagyáspont értékekkel.

A forgatóképesség és a korrigált fagyáspont közötti összefüggést a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra

A forgatóképesség és a fagyáspont közötti összefüggés

Az ábrából megállapítható, hogy az elméleti megfontolások és a regresszióanalízissel kapott eredmények alapján a polarimetriás forgatóképesség értékeiből a tejcukorbontás százalékos értéke számítható.

Az ábrán feltüntetett adatokból számított egyenletbe a polarimetriás forgatóképességet behelyettesítve a mindenkori százalékos tejcukorhidrolízis eredményét kapjuk.

A laktózbontás mértékének üzemben történő meghatározása a tejcukortartalom szabványos vizsgálati eljárásának eszközét, illetve a számításhoz szükséges egyenlet ismeretét igényli.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Szakály, S., Facskó, M., Schrem, J., Mészáros, B., Bakos, B. (1981): *A hazai laktóztolerancia felmérésének eredményei. Magyar Táplálkozástudományi Társaság VIII. Vándorgyűlése, Pécs aug. 23-25.*
2. Facskó, M., Jancsó, J., Kiss, E. (1981): *Hazai kutatások csökkentett laktóztartalmú tejtermékek előállítására. Tejipar, 31. (4) 83-85 p.*
3. *Magyar Szabvány 3738-82. A tej fagyáspontjának meghatározása. 4-5.*
4. *Magyar Szabvány 08 1254-82/3. A tej tejcukor (laktóz) tartalmának meghatározása Polarimetriás módszer.*
5. Ferencz., A Barna, M. (1981): *Laktózszegényített tejporkészítmények alkalmazása colitis ulcerosa és ulcus-betegség dietoterápiájában. Magyar Táplálkozástudományi Társaság VIII. Vándorgyűlése, Pécs aug. 23-25.*
6. Kenney, M., Basette, R. (1959): *The determination of hydroxymethylfurfurol J. Dairy Sci. (42) 945-959 p.*

HYDROLYSE OF LACTOSE IN MILK PRODUCTS

J.FENYVESSY O.BARA J.CSANÁDI

University of Horticulture and Food Industry
College of Food Industry
H-6701. Szeged, P.O.Box 433.

ABSTRACT

The Authors summarised the experience of the experiments relating to production of market milk, school milk and chocolate flavoured milk. They give figures about the lowering the milk sugar content of the whey arising from cheese production. They has elaborated a quick method for determining the measure of the lactose hydrolyse which can be carried out under industrial conditions as well.

According to their investigations the industrially produced lactose enzyme gave an appropriate measure of hydrolyse (80 %) on 37°C in 3 hours and on 10°C in 24 hours in the case of 2000 IU dose application.

The lactose free chocolate flavoured milk without sugar addition did not give an acceptable organoleptic quality. They tried the application of the different artificial sweeteners for supplying the people suffering from diabetic disease.

They showed with the investigation for lowering the lactose content of whey that the milk sugar decomposes in the whey at a lower speed than in milk.

They worked out a mathematical equation for determining the measure of the milk sugar decomposition that can be used for the calculation of the percentage measure of the hydrolyse after polarimetric determination of the lactose content.