



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay*

Kátay Gábor¹, Varga László¹

Érkezett: 2018. október – Elfogadva: 2019. január

Csökkentett zsírtartalmú, laktózmentes, élőflórás vajkészítmény kifejlesztése – 1. rész: A gyártástechnológia kidolgozása

KULCSSZAVAK: vajkészítmény, vajkrém, tejszín, homogénezés, laktózmentes, funkcionális tejtermék, termékfejlesztés.

ÖSSZEFOGLALÁS

A vaj jobb használati funkciójú, csökkentett energiatartalmú és olcsóbb változatának tekinthető vajkrém magyarországi népszerűsége immár három és fél évtizede töretlen. Célkitűzésünk az volt, hogy kidolgozzuk egy új típusú funkcionális vajkrém gyártástechnológiáját. Ennek érdekében meghatároztuk, hogy 30% zsírtartalmú tejszín egylépcsős homogénezése során mekkora nyomásérték mellett érhetőek el a késztermék megfelelő állományát és jó felszívódását eredményező paraméterek, ill. hogy a homogénezés milyen mértékben befolyásolja a tejszín viszkozitását és üzemi kezelhetőségét. Megállapítottuk, hogy a homogénezési hatásra vonatkozó kritériumok az új típusú vajkészítmény alapanyagául szolgáló, tejfehérje-koncentrátumot is tartalmazó, 30% zsírtartalmú tejszín egyfokozatú homogénező gépen, melegen (65 °C), 15 MPa (150 bár) nyomáson történő egyszeri homogénezésével teljesíthetők. Az ily módon kezelt tejszín megnövekedett viszkozitása miatt a pasztörözéshez csöves vagy kapartfalú hőcserélő alkalmazása javasolt. Csökkentett zsírtartalmú, laktózmentes, élőflórás vajkrémünk a kidolgozott technológiával biztonságosan gyártható, és az alkalmazott enzim-, ill. starterkultúra-koncentráció mellett 0,1% alá csökken a termék tejcukortartalma.

BEVEZETÉS

A 25–45% zsírtartalmú vajkészítmények rendszerint utóhőkezelt, zsír-a-vízben típusú emulziók, amelyek a vaj olcsóbb, jobb használati funkciójú és csökkentett energiatartalmú változatának tekinthetők. Hazai kidolgozásukban a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet (MTKI) pécsi részlegének munkatársai szereztek elévülhetetlen érdemeket. Már az 1970-es években felismerték a homogénezésben rejlő termékfejlesztési lehetőségeket, és intenzív kutatásba kezdtek a homogénezés emulziókra gyakorolt hatását illetően. Ennek során meghatározták a különböző tejtermékek optimális homogénezési nyomáshoz és hőmérsékletéhez tartozó átlagos zsírgolyóátmérő-értékeit (\bar{d}), bevezették a halmazképződés mutatószámát (k -érték), valamint kidol-

gozták a homogénezési hatások mérési metódusait (centrifugálásos és turbidimetriás spektrofotométeres eljárás). A módszereket szabványosították, majd az üzemi gyakorlatba bevezették [4, 8, 9].

Ezek az alapozó kutatások segítették hozzá az MTKI kutatóit 1983-ra a több szempontból is funkcionálisnak tekintendő, máig a magyar tejipar egyik sikertermékeként számon tartott Party vajkrémek kifejlesztéséhez. A termékek 1984-ben történt bevezetését követő 20 évben a termelés összvolumene elérte a 150 ezer tonnát [9], miközben a hazai tej- és tejtermék-fogyasztás egyre inkább csökkent. A kenhető vajkészítmények között ma is vezető pozíciót betöltő vajkrém töretlen népszerűségében döntő szerepe van üde, tiszta, aromás, vajra emlékeztető ízének és a hidegen

¹ Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Kar, Élelmiszer-tudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

kenhető, de szobahőmérsékleten nem számottevően lágyuló állománya jelentette kényelmi funkciónak. Gyártásának kritikus elemei a 0,5 µm alatti átlagos zsírgolyóátmérőt (felszívódás) és a $k = 2,0\text{--}2,5$ halmazképződési mutatót (állományszilárdság, emulzióstabilitás, szinerézigátlás) eredményező kétszeri homogénezés – első a pasztörözés közben 65–70 °C-on, 3–5 MPa nyomáson; a második a tejsavbaktérium szintenyéssel történő beoltást követően 20–22 °C-on, 20–25 MPa nyomáson – és a hozzáadott szabad vajzsír tökéletes emulgeálását, valamint a fehérje hőkezelés alatti hővédelmét biztosító stabilizálószer alkalmazása [5].

A tej és a tejtermékek – köztük a vajkrém – táplálkozás-élettani jótéteményeit nem mindenki élvezheti szabadon, mert egyesek a laktázenzim csökkent aktivitása, részleges vagy teljes hiánya (ún. laktóztolerancia) miatt a tejcukrot tartalmazó élelmiszerek fogyasztását korlátozni, ill. adott esetben teljes mértékben mellőzni kénytelenek [2, 13]. A felnőttkori laktóztolerancia genetikailag determinált érzékenység. A laktóz bontásáért felelős allél a Föld felnőtt lakosságának csupán kb. egyharmadában található meg, miközben a többség (70–75%) szervezete nem képes a tejcukor hasznosítására [3]. Azonban az adatok területi eloszlása hatalmas egyenlőtlenségeket mutat, mert összefügg a tejtermelésnek és a tejfeldolgozásnak az egyes népek életében az elmúlt évezredek során betöltött jelentőségével [11, 12]. A magyar felnőtt lakosság körében 37–39% a laktóztoleráns egyének aránya [1, 6, 7]. Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy a felnőttkori laktóztolerancia nem betegség, hanem teljesen normális, fiziológias állapot [10], mert a laktáz enzim termeléséért felelős gén az elválasztást követő 3–5 évben természetesen módon kikapcsol.

Európában és Észak-Amerikában az utóbbi évek legsikeresebb és legdinamikusabban fejlődő termékcsoportját a laktózmentes tejtermékek jelentik, a fogyasztók egy része ugyanis hajlandó a konvencionális termékekhez képest gyakran kétszer annyiba kerülő tejcukormentes élelmiszereket megvásárolni, így azok előállítása minden esetben nyereséges. Magyarországon elsőként a Naszálytej kezdte meg laktózmentes tejtermékek gyártását, Vácon, 1995-ben. Az eleinte csupán laktózmentes tejet tartalmazó paletta mára érdemlegesen kibővült. Újabb hazai gyártók csak jókora késéssel, a 2010-es években jelentek meg ebben a piaci szegmensben.

Munkánk célkitűzése az volt, hogy (1.) kidolgozzuk egy új típusú funkcionális tejtermék, a csökkentett zsírtartalmú, laktózmentes, élőflórás vajkrém gyártástechnológiáját, (2.) majd új vajkészítményünket műszeres állományvizsgálat útján összehasonlítsuk a kereskedelmi forgalomban kapható vajkrémekkel, (3.) végül pedig felmérjük kísérleti termékünk várható piaci fogadtatását. Kétrészes közleményünk első felében (1.) részcelünk megvalósításának folyamatát mutatjuk be.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

ALAP- ÉS ADALÉKANYAGOK

A homogénezés hatásának vizsgálatához, valamint a késztermék előállításához felhasznált tejszín és soványtej (Naszálytej, Vác) összetétele az **1. táblázatban** látható.

A laktózmentes, élőflórás vajkrém gyártásához szükséges Promikoll VK-12 NT stabilizálószer a Globál-Vép Kft.-től (Drégelypalánk), a 95,00% szárazanyag-, ill. 80,40% fehérjetartalmú MPC 80 tejfehérje-koncentrátumot pedig a Sole-MiZo Zrt.-től (Csorna) szereztük be. A laktóz bontásához *Kluyveromyces lactis* élesztőgombából származó Maxilact LX5000 tisztított folyékony enzimet (DSM, Heerlen, Hollandia) használtunk és a termék előállításához FD-DVS XT-312 mezofil, LD típusú, heterofermentatív tejsavbaktérium-kultúrát (Chr. Hansen, Hørsholm, Dánia) is alkalmaztunk.

ESZKÖZÖK

Az alapanyagok kémiai összetételének meghatározása rendszeresen kalibrált, LactoScope FTIR Advanced típusú automata tej- és tejtermék-analizátor készülékbe programozott kalibrációs modellekben kialakított tej-, ill. tejszín-csatomán történt (Delta, Drachten, Hollandia).

Az anyagok kiméréséhez PS-510/C/1 digitális precíziós mérleget (Radweg, Radom, Lengyelország) és EW 3000-2M mérleget (Kern, Balingen, Németország) használtunk.

A kémhatás mérésére Portamess 911 X pH típusú (Knick, Berlin, Németország), pH/PT 1000 hőmérséklet-detektorral rendelkező kombinált elektróddal felszerelt pH-mérő készülék szolgált. A méréseket megelőző kalibrálást InLab solutions pH 4,01 és pH 7,00 pufferoldatokkal (Mettler-Toledo, Schwerzenbach, Svájc) hajtottuk végre.

A porok diszpergálására, az alapanyagok egyenmősítésére WiseStir HT-50AX típusú laboratóriumi keverőt (Daihan, Szöul, Korea) használtunk.

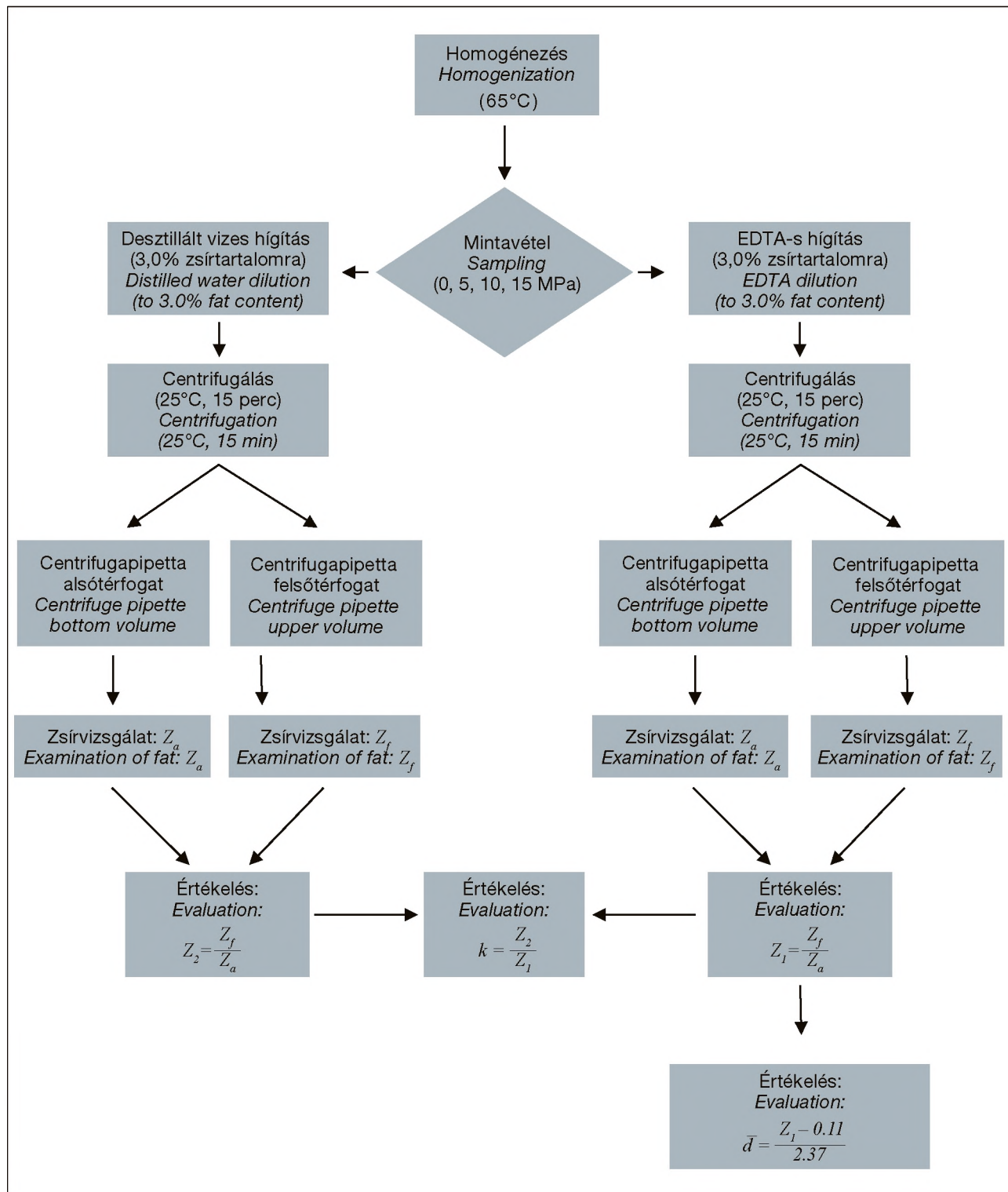
A hőkezeléseket LBM-2/3 A típusú, 15 L temperálható térfogattal bíró laboratóriumi vízfürdőn (Labomark, Mosonmagyaróvár) végeztük.

A minták homogénezésére digitális manométerrel ellátott, 10 L/h kapacitású, 150 MPa maximális nyomásra képes, Homolab 2 laboratóriumi homogénező gépet (FBF Italia, Sala Baganza, Olaszország) alkalmaztunk.

A hőmérsékleti értékeket rendszeresen kalibrált, folyadéktöltésű (higany) laboratóriumi hőmérővel határoztuk meg.

1. táblázat: A vizsgálatokhoz felhasznált tejszín és tej összetétele
 Table 1: Composition of the cream and milk used for the tests

Összetevő / Component	Tejszín Cream	Fölözött tej Skim milk
	összetétele (% m/m) composition (% m/m)	
Zsír / Fat	40.20	0.08
Zsírmentes szárazanyag / Non-fat dry matter	4.60	8.60
Fehérje / Protein	2.10	3.40
Laktóz / Lactose	2.30	4.50



1. ábra: Homogénézési hatásfok (\bar{d} - és k -érték) meghatározásának folyamata
 Figure 1: Flowchart of homogenization efficiency (\bar{d} - and k -value) determination

A tejszínnek viszkozitását RVT-DV II típusú digitális viszkoziméterrel (Brookfield, Middleboro, MA, USA) 25 °C-on, 30 mp-ig mértük, az értékeket a 30. másodpercben olvastuk le. A viszkozitás méréséhez 600 ml-es alacsony, a hőkezelésekhez 1000 ml-es alacsony és 2000 ml-es magas Simax főzőpoharakat vettünk igénybe (Avesz, Pécs).

A mintákat hegedő fedőfóliával zárható, hőformázott tégelyekbe (Csőkeplast, Kocsér) töltöttük és UC-6 laboratóriumi kutter (Bernador, Inárcs) hegesztőfejével zártuk le.

A zsírgolyók és halmazaik vizuális megjelenítése számítógéppel összekötött, digitális okulárral felszerelt fénymikroszkóppal (Traveler SU 1070; Foto-Elektronik-Vertriebs, Kaiserslautern, Németország) történt.

MÓDSZEREK

A homogénezési nyomás optimumának meghatározása

A vajkrém megfelelő állománya és jó felszívódása nagyrészt az alkalmazott homogénezési nyomástól, ill. az annak eredményeként előálló zsírgolyóátmérőtől ($\bar{d} < 0,5 \mu\text{m}$) és k -értéktől (2,0–2,5) függ. Vizsgálataink tehát annak megállapítására irányultak, hogy 30% zsírtartalmú tejszín egylépcsős homogénezése során milyen nyomásérték mellett érhető el ezek a paraméterek.

Az EW 3000-2M digitális precíziós mérlegen kimért 40,20% zsírtartalmú tejszín 30,00% zsírtartalomra történő beállításához felhasználandó fölözött tejbe WiseStir HT-50AX pálcás laboratóriumi keverővel diszpergáltuk a PS-510/C/1 digitális precíziós mérlegen kimért 1,00% MPC 80 tejfehérje-koncentrátumot. A tejfehérje-koncentrátummal dúsított fölözött tejet a számított mennyiségű tejszínhez öntöttük és WiseStir HT-50AX pálcás laboratóriumi keverővel egyneműsítettük. A 3000 g, beállított zsírtartalmú, dúsított tejszín-alapanyagot LBM-2/3 A típusú laboratóriumi vízfürdőn 65 °C-ra melegítettük és 500 ml mintát vettünk belőle.

A fennmaradó részt 5, 10, 15 MPa nyomáson, Homolab 2 típusú laboratóriumi homogénező géppel homogénezettük, miközben mindhárom nyomásértéken 500–500 ml mintát vettünk, ügyelve arra, hogy minden esetben az adott nyomásértékhez tartozó tejszínrészt mintázzuk meg. Ezt úgy értük el, hogy a nyomás változtatása után kb. 200 ml tejszín gyűjtőedénybe fogtunk fel, és csak ezt követően vettük le az aktuális mintát. A homogénezési hatások vizsgálata az MSZ 12047-1984 szabvány [4] szerint történt, amelynek sémáját az **1. ábra** szemlélteti.

Tejfehérje-koncentrátummal dúsított 30% zsírtartalmú tejszín viszkozitásának vizsgálata

A 30% zsírtartalmú, fehérjében dúsított tejszín az előzőekben említettek szerint készült. A homogénezést követően 25 °C-ra hűtöttük le a 600 ml űrtartalmú főzőpoharakba levett 500 ml-es mintákat, amelyek viszkozitását RVT-DV II típusú digitális viszkoziméterrel 25 °C-on mértük, a mérési tartomány által meghatározott speciális mérőfejjel, 100/perc fordulatszámon. A műszer digitális kijelzőjén megjelenő értéket minden alkalommal a mérés megkezdésétől számított 30. másodpercben jegyeztük le. A vizsgálatokat három párhuzamossal végeztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A HOMOGENÉZÉSI NYOMÁS OPTIMUMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Alapvető célunk az volt, hogy a klasszikus vajkrém [5] táplálkozás-élettani előnyeit megnöveljük az új termék kifejlesztése során. Mint arról korábban már szó esett, ezek egyik legfontosabbika a megfelelő fehérjemennyiséget adszorbeáló, 0,5 μm -nél kisebb átlagos átmérőjű zsírgolyók eredményeként jelentkező, csaknem teljes mértékű korpuszkuláris zsírfelszívódás [9]. Munkánknak ebben a szakaszában ezért azt kívántuk tisztázni, hogy egyszeri, egyfokozatú, melegen történő homogénezéssel elérhető-e a kívánt zsírgolyó átlagos átmérő (\bar{d}) és halmazképződési mutató (k -érték), amely a hagyományos vajkrém esetében melegen kisebb (5 MPa), hidegen nagyobb (20–30 MPa)

2. táblázat: Z_2 felföleződési mutató alakulása (vizes hígítás)
Table 2: The Z_2 creaming index in aqueous dilutions

Homogénezési nyomás (MPa) Homogenization pressure (MPa)	Felső Upper	Alsó Lower	Z_2
	mintarész zsírtartalma (%)* sample portion fat content (%)*		
0	5.42 ± 0.03	0.63 ± 0.03	8.55
5	4.82 ± 0.03	1.16 ± 0.14	4.15
10	5.05 ± 0.09	1.07 ± 0.06	4.73
15	5.50 ± 0.05	0.54 ± 0.07	10.19

* Az adatok három párhuzamos mérés ($n = 3$) átlag ± szórás értékét jelölik.

* Data indicate the mean ± standard deviation of three parallel measurements ($n = 3$).

nyomáson, kétszeri, egyfokozatú homogénezéssel valósítható meg. A k -érték későbbi számításához szükséges egyik komponens, a vizes hígításkor mért Z_2 felfölzöldési mutató értékei a **2. táblázatban** láthatók, az eredmények értelmezéséhez pedig a **2. ábra** nyújt segítséget.

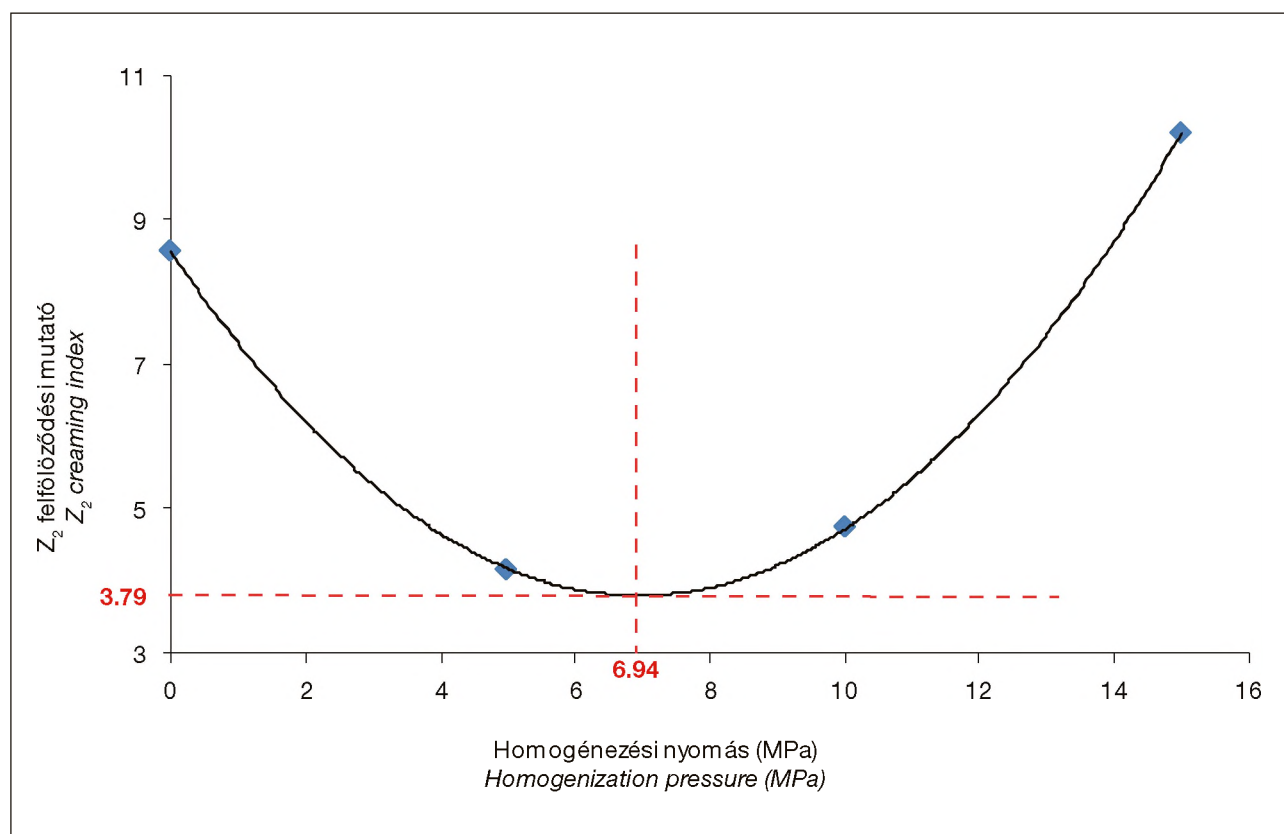
A **2. ábra** értelmében a homogénezési nyomás és a Z_2 felfölzöldési mutató összefüggése másodfokú polinommal írható le. A halmazok kialakulásának pillanatát a görbe minimumértéke jelzi, amely az illesztés egyenletéből ($y = 0,000986x^2 - 0,1369x + 8,545$) kiszámítható:

$$Z_{2, \min} = \frac{4 \times 0,000986 \times 8,545 - 0,1369^2}{4 \times 0,000986} = 3,79$$

Az ehhez tartozó homogénezési nyomás pedig:

$$X = -\frac{-0,1369}{2 \times 0,000986} = 69,4 \text{ bar}$$

E két értéket piros szám és szaggatott vonal mutatja a **2. ábrán**. A görbe baloldali íve a homogénezési nyomás növekedésével a zsírgolyók aprózódását, a Z_2 felfölzöldési mutató csökkenését jelzi. Ezen szakasz során a plazmában még elegendő lipid membránanyag és fehérje áll rendelkezésre ahhoz, hogy a zsírgolyók új membránt alakítsanak ki a felületükön, és egyedi zsírgolyókként legyenek jelen a rendszerben. A **2. ábra** jobb oldalán megfigyelhető, hogy a homogénezési nyomás további növelésével a zsírgolyók aprózódása – és felületük járulékos növekedése – következtében a rendszer már nem tartalmaz annyi membránanyagot és fehérjét, amennyi az egyedi zsírgolyók membránkialakításához szükségeltetne, így azok többen együtt adszorbeálják felületükön ugyanazt a fehérjerészt, ezzel összekapcsolódnak és létrejönnek a halmazok. Ezek azután képesek ugyanúgy felfölzöldni, mint a térfogatuknak és tömegüknek megfelelő egyedi zsírgolyók [14]. A halmazképződési folyamat esetünkben tehát kb. 7 MPa nyomáson kezdődött meg, így ezt az értéket kritikus homogénezési nyomásnak nevezhetjük a termék szempontjából.



2. ábra: Z_2 felfölzöldési mutató értékének alakulása a homogénezési nyomás függvényében
Figure 2: Development of the Z_2 creaming index as a function of the homogenization pressure

A k-érték másik komponensét adó EDTA-s hígítás során nyert Z_1 felfölözési mutatókat a **3. táblázatban** és a **3. ábrán** tüntettük fel.

A **3. ábrán** jól látszik, hogy a görbe baloldali íve szinte párhuzamosan fut a vizes hígításnál kapott Z_2 felfölözési mutató görbéjének baloldali ívével. Ez természetes, és egyúttal a vizsgálati módszer helyes végrehajtását is mutatja, hiszen ebben a szakaszban a zsírgolyók méretcsökkenése zajlik. Tekintettel arra, hogy a fehérjeoldó reagenssel (EDTA) a halmazokat megszüntettük, a vizes hígítással ellentétben itt nem jelentkezett a **2. ábrán** szemléltetett görbe jobboldali íve. Az ordinátával párhuzamos piros szaggatott egyenes a már korábban látott 6,94 MPa nyomást jelzi.

A felfölözési mutatók (Z_1 , Z_2) ismeretében meghatároztuk (**4. táblázat**) a különböző

homogénézési nyomásértékekhez tartozó átlagos zsírgolyó-átmérőket (\bar{d}) és halmazképződési mutatókat (k-értékek), a következő képletek segítségével:

$$k = \frac{Z_2}{Z_1}$$

és

$$\bar{d} = \frac{Z_1 - 0,11}{2,37}$$

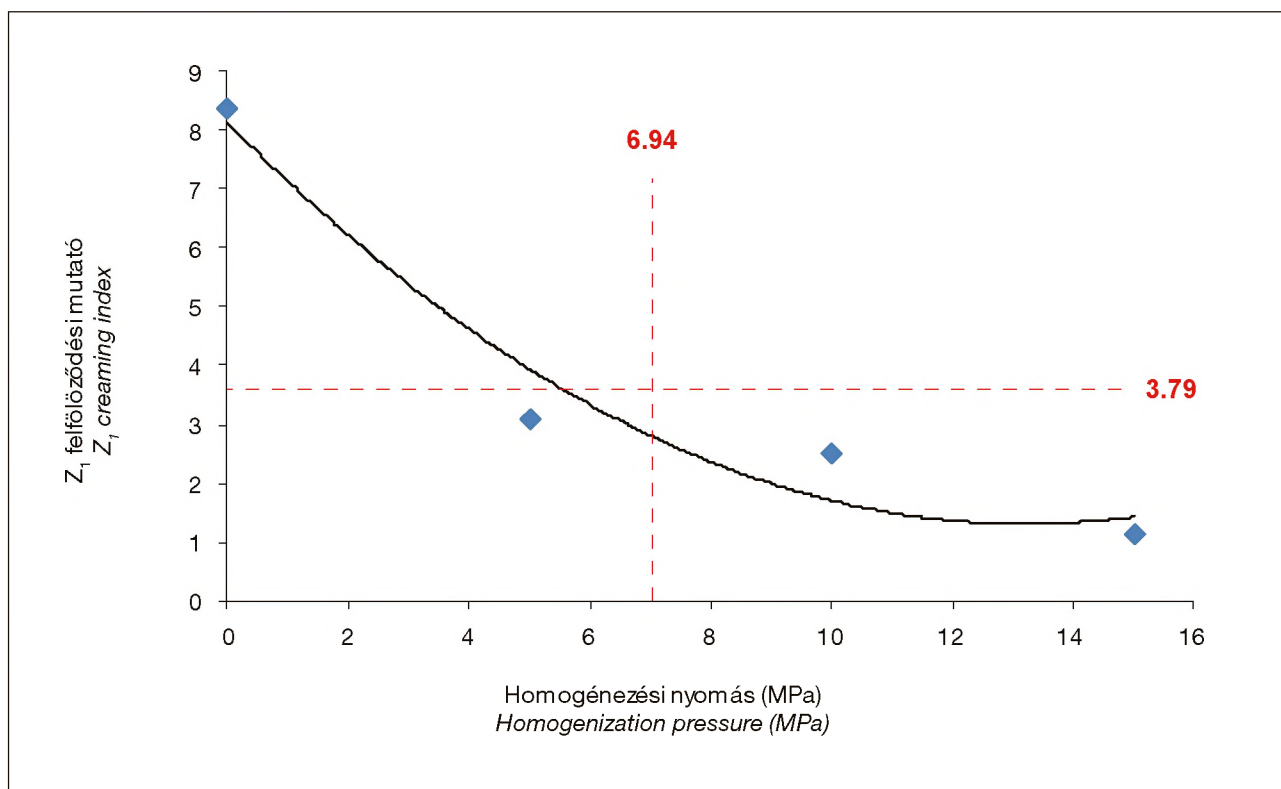
A **4. táblázatban** feltüntetett eredményekből kitűnik, hogy a laktózmentes, élőflóras vajkrémünk alapanyagául szolgáló 30,00% zsírtartalmú, MPC 80 tejfehérje koncentrátummal dúsított tejszín

3. táblázat: Z_1 felfölözési mutató alakulása (EDTA-s hígítás).
Table 3: The Z_1 creaming index in EDTA dilutions

Homogénézési nyomás (MPa) Homogenization pressure (MPa)	Felső Upper	Alsó Lower	Z_1
	mintarész zsírtartalma (%)* sample portion fat content (%)*		
0	5.47 ± 0.06	0.65 ± 0.05	8.41
5	4.50 ± 0.05	1.45 ± 0.05	3.10
10	4.23 ± 0.03	1.67 ± 0.03	2.54
15	3.17 ± 0.15	2.75 ± 0.05	1.15

* Az adatok három párhuzamos mérés (n = 3) átlag ± szórás értékét jelölik.

* Data indicate the mean ± standard deviation of three parallel measurements (n = 3).



3. ábra: Z_1 felfölözési mutató értékének alakulása a homogénézési nyomás függvényében
Figure 3: Development of the Z_1 creaming index as a function of the homogenization pressure

átlagos zsírgolyóátmérőjére és halmazképződési mutatójára vonatkozó elvárások 15 MPa nyomáson (65 °C-os hőmérsékleten) teljesíthetők a kísérletben alkalmazott homogénező géppel. A 8,85-os k-érték ugyan nem nevezhető szélsőségesen nagyknak, a későbbiekben azonban érdemes lenne megvizsgálni, hogy mégis miért négyszerese az MTKI [5] műszaki dokumentációjában közölt értéknek.

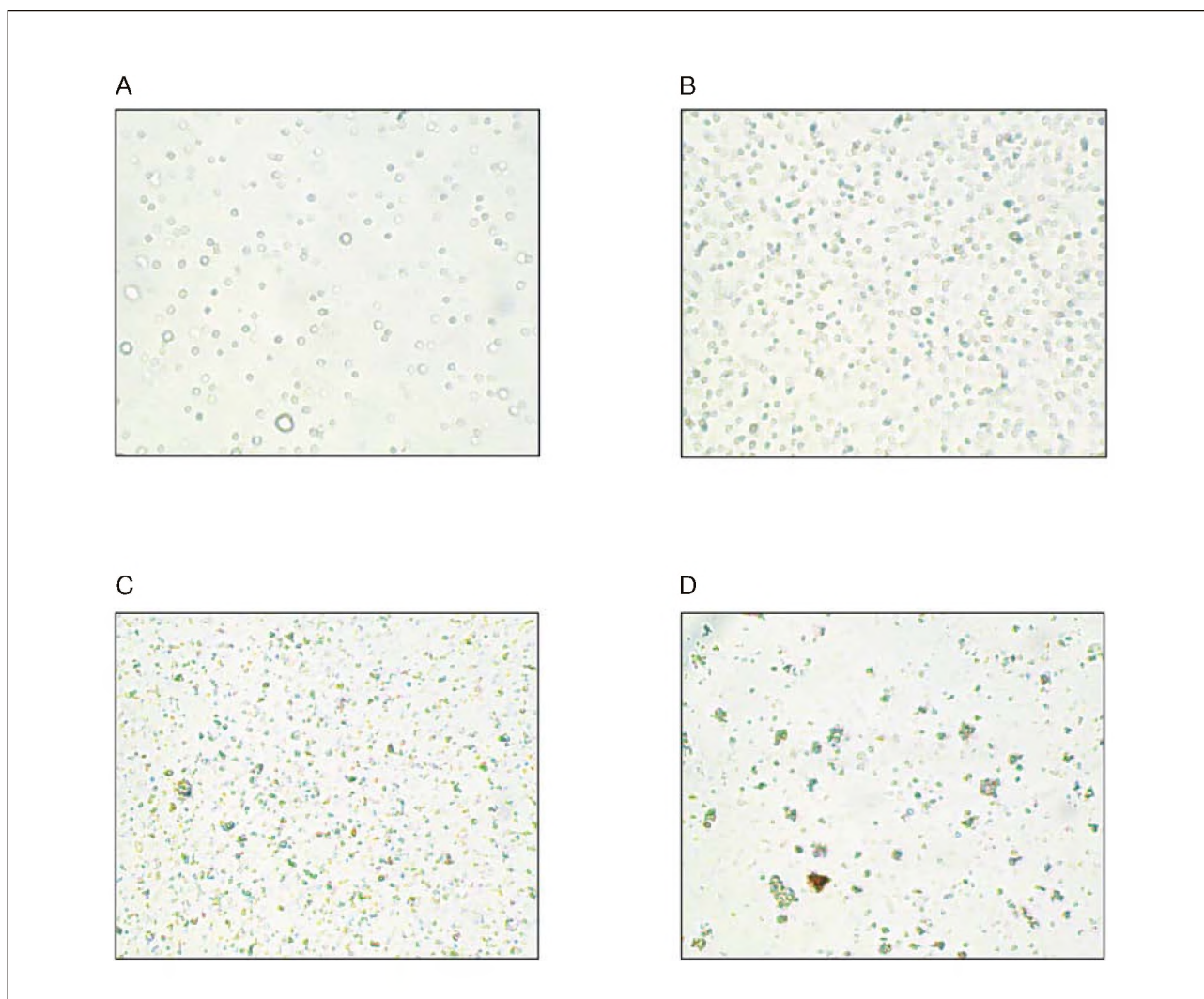
Az eredmények megerősítése érdekében, digitális okulárral felszerelt fénymikroszkóppal is szemügyre vettük a mintákat (**4. ábra**).

A **4. ábrán** jól kivehetők a homogénezetlen tejszín heterogén méreteloszlásban jelenlévő egyedi zsírgolyói (A). 5 MPa nyomás hatására a zsírgolyók átlagos átmérője jelentősen lecsökkent, miközben a számuk megnövekedett és homogénebb lett a méreteloszlásuk is (B). A homogénezési nyomás növelése tovább csökkentette a zsírgolyók átlagos átmérőjét. 10 MPa nyomáson már megkezdődött a halmazok kialakulása (C) és ez a folyamat 15 MPa-on jelentősen előrehaladt (D).

4. táblázat: Az alkalmazott homogénezési nyomásokhoz tartozó átlagos zsírgolyó-átmérők (\bar{d}) és halmazképződési mutatók (k-érték)

Table 4 Average fat globule diameters (\bar{d}) and cluster formation indicators (k-value) corresponding to the homogenization pressures used

Homogénezési nyomás (MPa) Homogenization pressure (MPa)	\bar{d} (μm)	k-érték / k value
0	3.50	1.02
5	1.26	1.34
10	1.03	1.86
15	0.44	8.85



4. ábra: Tejfehérje-koncentrátummal dúsított, 30,00% zsírtartalmú homogénezetlen (A), valamint 5 MPa (B), 10 MPa (C), ill. 15 MPa (D) nyomáson homogéneztetett tejszín fénymikroszkópos képe

Figure 4 Light microscopy image of 30.00% fat cream enriched with milk protein concentrate unhomogenized (A), as well as homogenized at pressures of 5 MPa (B), 10 MPa (C) and 15 MPa (D), respectively

TEJFEHÉRJE-KONCENTRÁTUMMAL DÚSÍTOTT 30% ZSÍRTARTALMÚ TEJSZÍN VISZKOZITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Lényegi kérdésként vetődött fel, hogy mely nyomásértéknél kezd el intenzíven növekedni a tejszín viszkozitása, és hogy az előző alponban részletezett eredmények szerinti 15 MPa nyomáson, ahol $\bar{d} = 0,44 \mu\text{m}$ és $k = 8,85$, a tejszín üzemileg mennyire kezelhető a szállítás (szivattyú fajtája), ill. pasztörözés (lemeztes tejszínpasztőr vagy csöves hőcserélő) során. Az eredményeket az **5. ábra** mutatja.

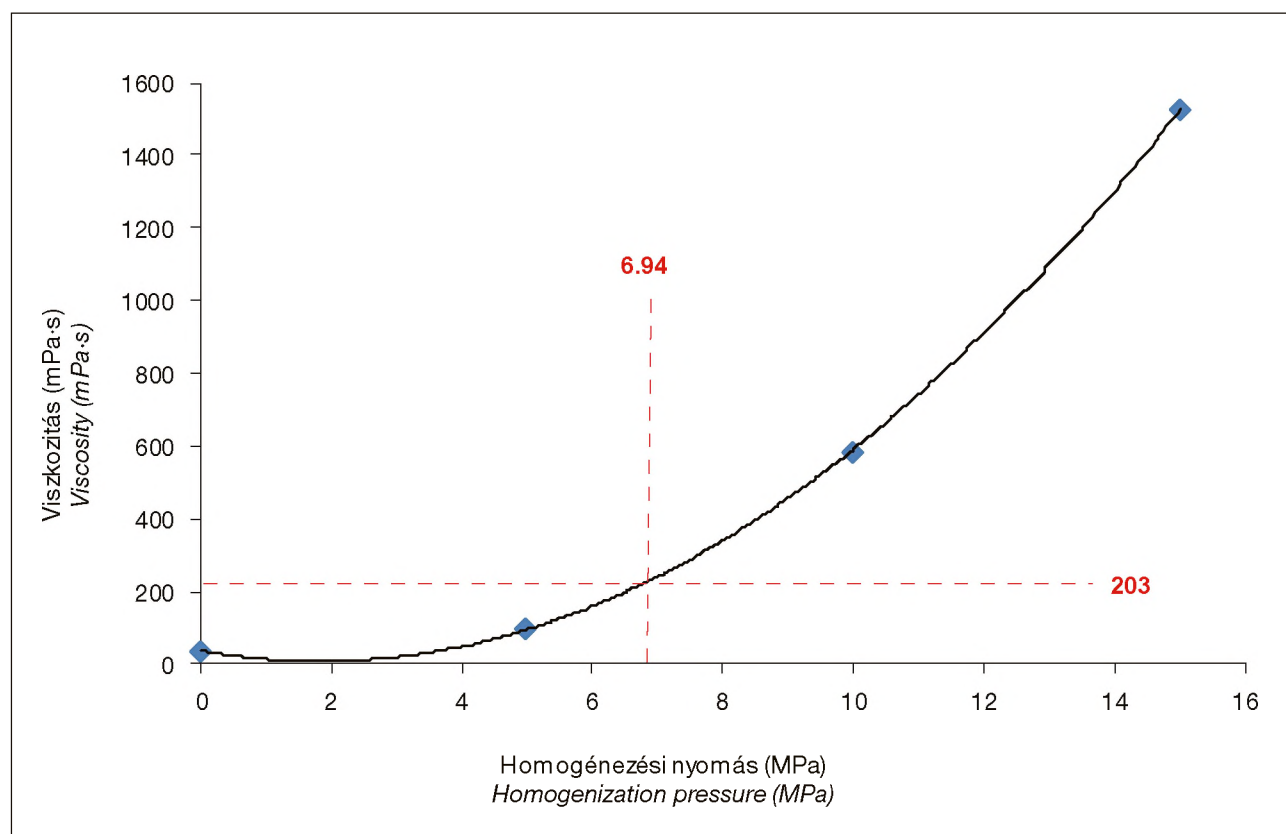
A homogénezési nyomás 0-ról 5 MPa-ra történő emelésének hatására a viszkozitás értéke mintegy megháromszorozódott, 5 és 15 MPa között pedig ugrásszerűen, kb. 16-szorosára nőtt (**5. ábra**), vélhetően a rendszerben keletkezett halmazok következtében. A homogénezési nyomás és a viszkozitás között szoros összefüggést tapasztaltunk ($R^2 = 0,971$). A mérési pontokra illesztett exponenciális görbe egyenlete: $y = 33,5285 \times e^{0,0255792x}$. Ennek alapján a 6,94 MPa kritikus homogénezési nyomáshoz tartozó viszkozitásérték: 203,0187 mPa·s. A halmazképződés pillanatában tehát 203 mPa·s (cP) a viszkozitás, amit az **5. ábrán** piros szám és szaggatott vonal jelöl. Ez egybeesik a Walstra és munkatársai [14] által leírtakkal, miszerint már 7 MPa nyomáson is jelentős, 21 MPa nyomáson pedig több mint 30-szoros a viszkozitás-növekedés, függően a rendszer fehérjetartalmától. A 15 MPa nyomáshoz tartozó nagy viszkozitásérték azt is világossá tette, hogy hagyományos tejszínpasztőrön nem érdemes

próbálkozni az üzemi hőkezeléssel, csöves vagy kapartfalú hőcserélővel viszont biztonságosan pasztörözhető a tejszín.

CSÖKKENTETT ZSÍRTARTALMÚ (30%), LAKTÓZMENTES, ÉLŐFLÓRÁS VAJKRÉM ELŐÁLLÍTÁSA (GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA)

A gyártástechnológiai folyamat kialakításához először a termék receptúráját alkottuk meg (**5. táblázat**). Zsírtartalmát illetően célunk a kontrollnak tekintett hagyományos vajkréméhez képest minimum 20%-kal csökkentett érték elérése volt, így azt 30%-ban határoztuk meg. A homogénezés eredményes halmazképzése érdekében szükséges fehérjét soványtejpor helyett – amely elkerülhetetlenül az édes íz fokozódásához vezetett volna a laktózbontás során – MPC 80 tejfehérje-koncentrátummal vittük be a rendszerbe.

A laktáz enzim koncentrációját és az alkalmazott hőmérsékletet Fenyvessy és munkatársai [2] közlésének megfelelően állítottuk be, a mezofil tejsavbaktérium kultúra mennyiségét pedig a gyártó (Chr. Hansen) ajánlásával összhangban választottuk meg. A stabilizálószer megalkotásánál az volt az elv, hogy egyrészt a javasolt koncentrációban tartalmazza a megfelelő mennyiségű tejfehérjét (homogénezés, viszkozitás) és az állomány kialakításához, a szinerézis gátlásához minimálisan szükséges koncentrációjú hidrokolloidokat, másrészt egykomponensű legyen, hogy a későbbiekben megkönnyítse a gyártók logisztikai feladatait.



5. ábra: Különböző nyomáson homogénezett tejszínnek viszkozitás-átlagértékei ($n = 3$)
Figure 5: Average viscosity values of creams homogenized at different pressures ($n = 3$)

A számított mennyiségű, EW 3000-2M digitális precíziós mérlegen kimért soványtejbe WiseStir HT-50AX laboratóriumi keverővel csomómentesen diszpergáltuk a PS-510/C/1 digitális precíziós mérlegen kimért, előzőleg a szükséges mennyiségű konyhasóval összekevert Promikoll VK-12 NT stabilizálószerrel, és az EW 3000-2M digitális precíziós mérlegen kimért tejszínhez kevertük. Portamess 911 X pH-mérővel ellenőriztük a pH-értéket (6,60). Az alapanyagot, állandó keverés mellett, LBM-2/3 típusú laboratóriumi vízfürdőn 52 °C-ra melegítettük, és ezen a hőmérsékleten 20 percig rehidratáltuk az adalékanyagban lévő tejfehérjét. Ezt követően tovább melegítettük az alapanyagot 65 °C-ra és Homolab 2 típusú laboratóriumi homogénező géppel, 15 MPa nyomáson lehomogéneztük.

A homogénezett alapanyagot vízfürdőn 95 °C-ra melegítettük, majd 38 °C-ra visszahűtöttük. Ezt követően hozzáadtunk 0,035% Maxilact LX5000 enzimet, és ezen a hőfokon inkubáltuk 60 percig, 10 percenként laboratóriumi hőmérővel ellenőrizve a hőmérsékletet. Egy óra múltán 26 °C-ra hűtöttük a tejszín-alapanyagot és 0,015% FD-DVS XT-312 mezofil tejsavbaktérium kultúrával beoltottuk, ez utóbbit 15 percnyi keveréssel egyenletesen eloszlattunk. A félkészterméket hegedő fedőfóliával zárható, hőformázott, a kereskedelmi forgalomban kapható vajkrémek csomagolásának többségéhez hasonló, 180 ml térfogatú tégelyekbe töltöttük és UC-6 laboratóriumi kutter hegesztőfejével lezártuk. 25 °C-on 18 órán keresztül inkubáltuk, 15 óra elteltével Portamess 911 X pH-mérővel óránként ellenőrizve a kémhatását. 4,57-os pH-értéknél a terméket hűtőszekrénybe tettük, és 24 órán keresztül 6 °C alatti hőmérsékleten hidegérleltük. A további

hűtve tárolás ugyanezen a hőfokon (<6 °C) történt. Kifejlesztett termékünk összetételét a **6. táblázat** mutatja.

KÖVETKEZTETÉSEK

A csökkentett zsírtartalmú, laktózmentes, élőflórás vajkrémünk homogénezettségére vonatkozó releváns kritériumok a termék alapanyagául szolgáló, 1,00% tejfehérje-koncentrátumot tartalmazó, 30,00% zsírtartalmú tejszín egyfokozatú homogénező gépen, melegen (65 °C), 15 MPa nyomáson történő egyszeri homogénezésével teljesíthetők, biztosítva ezzel a vajkrém jó felszívódását az emberi szervezetben. 7 MPa homogénezési nyomásérték felett már halmazok keletkeznek a mátrixban, és exponenciálisan nő a tejszín viszkozitása a nyomás emelésének függvényében. Ez a küszöbérték (7 MPa) természetesen csak az általunk használt homogénező gépre és annak pillanatnyi műszaki állapotára érvényes. A 15 MPa nyomáson homogénezett tejszín nagy viszkozitása (1500 mPa-s) nem teszi lehetővé, hogy lemezpasztórön biztonsággal hőkezeltetők legyen, ezért a pasztórozéshez csöves vagy kapartfalú hőcserélő alkalmazása javasolt. Az új típusú funkcionális vajkrém a kidolgozott technológiával biztonságosan gyártható: az alkalmazott enzim (0,035% Maxilact LX5000) és starterkultúra (0,015% FD-DVS XT-312) koncentráció mellett 0,10% alá csökkenthető a termék tejcukortartalma.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönik az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 számú projekt anyagi támogatását.

5. táblázat: A laktózmentes, élőflórás vajkrém előállításához felhasznált anyagok
Table 5: Materials used for the manufacture of lactose-free buttercream with live culture

Összetevő Component	Mennyiség (%) Quantity (%)
Tejszín (40,2% zsírtartalom) Cream (40.2% fat content)	74.50
Főlözött tej (0,08% zsírtartalom) Skim milk (0.08% fat content)	23.40
Stabilizálószer (Promikoll VK-12 NT) Stabilizing agent (Promikoll VK-12 NT)	1.50
Konyhasó Table salt	0.60

6. táblázat: A csökkentett zsírtartalmú, laktózmentes, élőflórás vajkrém (pH = 4,50) kémiai összetétele
Table 6: Chemical composition of the reduced fat, lactose-free buttercream with live culture (pH = 4.50)

Összetevő Component	Mennyiség (%) Quantity (%)
Zsír Fat	30.20
Fehérje Protein	3.10
Szénhidrát Carbohydrate	3.50
Laktóz Lactose	< 0.10