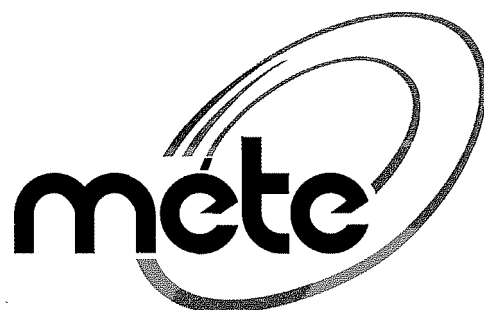


# ÉLELMISZER TUDOMÁNY TECHNOLÓGIA

A MAGYAR ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI EGYESÜLET  
ÉS A KÖZPONTI KÖRNYEZET- ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI KUTATÓINTÉZET  
SZAKFOLYÓIRATA

## **XLV. KONZERVIPARI NAPOK**



**KONZERVIPARI SZAKOSZTÁLY  
NAGYKÖRÖS**

**2013. MÁJUS 6-7.**



**Szerkesztő bizottság:**

Dr. Bánáti Diána	ILSI Europe - <i>főszerkesztő</i>
Dr. Véha Antal	Szegedi Tudományegyetem - <i>főszerkesztő</i>
Dr. Cserhalmi Zsuzsanna	Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet - <i>felelős szerkesztő</i>
Csontos Csaba	Tejipari Egyesülés
Dr. Babinszky László	Debreceni Egyetem
Dr. Balla Csaba	Budapesti Corvinus Egyetem
Dr. Farkas József	Budapesti Corvinus Egyetem
Dr. Győri Zoltán	Szent István Egyetem
Dr. Hernádi Zoltán	Magyar Élelmiszer-tudományi és Technológiai Egyesület
Dr. Salgó András	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Dr. Soós József	Szegedi Tudományegyetem
Dr. Szigeti Jenő	Nyugat-magyarországi Egyetem
Dr. Szigeti Tamás János	WESSLING Hungary Kft.

## Tartalom

*Kiss István Ferenc:*  
Tények és gondolatok a MÉTE Mikrobiológiai-Biotechnológiai-Higiéniái Szakosztály 50 esztendejéből ..... 2

*Farkas József – Mohácsiné Farkas Csilla:*  
Új tudományterületek, amikre az élelmiszer-mikrobiológusnak is érdemes odafigyelni ..... 7

*Koppányné Szabó Erika – Ujhelyi Gabriella – Jánosi Anna – Mohr Anita – Szántó-Egész Réka – Sipos Rita – Dallmann Klára – Micsinai Adrienn – Zsolnai Attila – Egerszegi István – Anton István – Tóth Gábor – Molnár János – Stéger Viktor – Marincs Ferenc – Tóth Péter – Rátky József:*  
PCR sokszorozásra alkalmas DNS kivonása feldolgozott mangalica termékekből ..... 12

*Szélpál Szilárd – Homolya Nóra – Fejes Kitti – Csanádi József:*  
Enzimikus tejfehérjebontás ultraszűrésre gyakorolt hatásának vizsgálata ..... 18

*Szűcs Viktória – Szabó Erzsébet – Bánáti Diána:*  
Magyar fogyasztók omega-3 zsírsavakkal kapcsolatos ismeretei kérdőíves felmérés alapján ..... 26

*Disszemináció: Tömösközi Sándor:*  
Pannon búza 2 projekt a minőség fejlesztésének szolgálatában ..... 32

## Contents

*F.I. Kiss:*  
Facts and conceptions from 50 years of Microbiology-Biotechnology-Hygiene section of MÉTE (Hungarian Association of Food Science and Technology) ..... 2

*J. Farkas – Cs. Farkas-Mohácsi:*  
New disciplines to which food microbiologists should also pay attention ..... 11

*E. Koppány-Szabó – G. Ujhelyi – A. Jánosi – A. Mohr – R. Szántó-Egész – R. Sipos – K. Dallmann – A. Micsinai – A. Zsolnai – I. Egerszegi – I. Anton – G. Tóth – J. Molnár – V. Stéger – F. Marincs – P. Tóth – J. Rátky:*  
Comparative study of DNA isolation methods suitable for PCR analysis of processed Mangalica product ..... 17

*Sz. Szélpál – N. Homolya – K. Fejes – J. Csanádi:*  
The examination of the impact of enzymatic breakdown of milk protein to ultrafiltration ..... 25

*V. Szűcs – E. Szabó – D. Bánáti:*  
Hungarian consumers' knowledge of omega-3 fatty acids on the basis of questionnaire survey ..... 31

*Dissemination: S. Tömösközi:*  
Pannon wheat 2 project in the service of quality development ..... 32

A szerkesztésért felelős: Szerkesztőség:	<i>Dr. Cserhalmi Zsuzsanna</i> <b>Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, KÉKI</b> 1022 Budapest, Herman Ottó út 15. / 1537 Budapest, Pf.: 393. Telefon: 06-1/214-1248; Fax: 06-1/355-8928; E-mail: zs.cserhalmi@cfri.hu; Honlap: www.keki.hu;
Kiadja és terjeszti: Nyomdai előkészítés:	MÉTE Kiadó, 1117 Budapest, Dombóvári út 6-8. E-mail: mail.mete@mtesz.hu; Possum Lap- és Könyvkiadó, Nyomdai Kft., 2330 Dunaharaszti, Csontváry utca 16. Felelős vezető: Várnagy László; Telefon: 06-24/462-008; E-mail: info@possumkft.hu
Megrendelhető és előfizethető: Megjelenik negyedévente: Hirdetések felvétele:	MÉTE 1117 Budapest, Dombóvári út 6-8. E-mail: mail.mete@mtesz.hu Előfizetés egy évre: 6000 Ft. <b>MÉTE, 1117 Budapest, Dombóvári út 6-8. Telefon: 06-1/214-6691; Fax: 06-1/214-6692;</b> <b>E-mail: mail.mete@mtesz.hu</b> ISSN: 2061-3954

# Enzimes tejfehérjebontás ultraszűrésre gyakorolt hatásának vizsgálata

Szélpál Szilárd – Homolya Nóra – Fejes Kitti – Csanádi József

## Összefoglalás

*A tejben nagy mennyiségben megtalálhatóak bioaktív anyagok, amely anyagok táplálkozásbiológiai értékeit tekintve fontos egészségmegőrző hatással rendelkeznek.*

*Munkánk során a tejben található fehérje alapú bioaktív anyagok kinyerhetőségét és mennyiségük növelésének a lehetőségét vizsgáltuk ultraszűrés és enzimes lebontás alkalmazásával. Kísérleteinkhez alapanyagul használt főlözött tejet ultraszűréssel szeparáltuk, majd meghatároztuk a frakciók beltartalmi értékeit, valamint az ultraszűrés folyamat jellemzőit, a nyomásra normalizált és relatív fluxus értékeket, illetve a visszatartási értékeket. A kapott eredmények birtokában vizsgáltuk az eltérő enzimkoncentráció szűrés paramétereire gyakorolt hatását, a szűrés paraméterek változásait és az így kinyerhető frakciók mennyiségét, valamint azok beltartalmi értékeinek változásait is.*

*Az enzimes kezelést követő ultraszűréssel kapott eredményekből arra következtettünk, hogy az enzimes bontás mértéke az ultraszűrés fluxus-ido függvénykapcsolatának analizisével nyomon követhető. Az enzimes kezelés nagymértékben javította a membrániszűrés fluxus értékeit, és nemcsak a fehérje alapú bioaktív anyagok visszatartási értékei növekedtek, hanem a tejcukor visszatartási értékeiben is növekedést tapasztaltunk.*

## Bevezetés

A bioaktív anyagokról nagyon sok minden mondható el, többek között az, hogy az ismert tápanyagoknál jóval hatékonyabbak élettani tulajdonságaikban, és ezeknek az élettani hatásoknak a révén egészségvédők, egészségmegőrzők, olyan makro- és mikrotápanyagok, amelyek fokozottabban védik az emberi szervezetet, az ember egészségét. Jelentős mértékben hozzájárulnak az emberi szervezet harmonikus működéséhez, elősegítik a betegségek megelőzését, továbbá fontos élettani hatásai révén jelentős szerepet játszanak a betegségek gyógyításában, a betegségek gyógyító folyamatainak meggyorsításában (Szakály et al., 2001). Az élelmiszeripari termékeket négy nagy csoportba tudjuk sorolni, előállítási alapanyagaik szerint. Ez a négy nagy csoport a tejtermékek, a hústermékek, a gabonafélék, és a zöldség és gyümölcsök.

A főlözött tejben megtalálható bioaktív anyagok közül az  $\alpha$ -kazein és a  $\beta$ -kazein teszik ki a legnagyobb hányadot (1. táblázat). Ezekben a fehérjékben nagy

1. táblázat: Tejfehérjék relatív megoszlása és moltömege főlözött tej fehérjéiben (Csapó és mtsai., 2002)

Tejfehérjék	Arány [%]	Mt [Da]
$\alpha$ -kazein	45-55	23.000
$\kappa$ -kazein	8-15	19.000
$\beta$ -kazein	25-35	24.000
$\gamma$ -kazein	3-7	--
$\alpha$ -Laktalbumin	2-5	14.437
$\beta$ -Laktoglobulin	7-12	18.000
szérum albumin	0,7-1,3	68.000
Laktoferrin	0,2-0,8	87.000
<b>Immunoglobulinok:</b>		
IgG1	1-2	160.000
IgG2	0,2-0,5	160.000
IgM	0,1-0,2	~1.000.000
IgA	0,05-0,10	~400.000
Pepton frakció	2-6	4.100 - 200.000

arányban megtalálhatóak olyan nyomelemek, mint a kalcium és a foszfor. A fehérjékre jellemző tulajdonság még, hogy oldhatóságuk vízben elég rossz, ezért a tejben csak szuszpenzió formájában találhatóak meg. Élettani hatásaikban különböznek egymástól a savófehérjék és a kazein fehérjék, mert eltérő fizikai tulajdonságot hordoznak. A legnagyobb különbség az emésztési ráta illetve a felszívódás gyorsasága között van.

Napjainkban a tej értékes komponensei közül a savófehérjék kinyerésére számos technika ismert. Ezek közül a membrántechnika alkalmazása igen elterjedt megoldás (Atra et al., 2005; Yorgun et al., 2008; Fachin et al., 2005). A tej fehérjéinek természetes tulajdonságait – oldhatóság, habképző és emulzifikáló képesség, gélképző képesség – a membrántechnika alkalmazása után is megőrzik, és a szeparációs művelet a termékkel is kíméletesen bánik (Saxena, 2009; Pouliot, 2008).

A nyomáskülönbségen alapuló membrános eljárások közül a tejben lévő fehérjék leválasztására leggyakrabban az ultraszűrés alkalmazása terjedt el. Számos kutatócsoport vizsgálta már a főlözött tej ultraszűrésének hatékonyságát (Rinaldoni et al., 2009; Salvatore et al., 2011; Hodúr et al., 2009). A fehérjék elkülönítésére azonban (ultraszűrésen belül) nincs le-

hetőség, mivel a molekulaméretük nagyon közel esik egymáshoz (pl.:  $\beta$ -lactoglobulin és  $\alpha$ -lactalbumin) (Metsamuuronen et al., 2011).

A fehérjemolekulák méretük miatt a sűrítményben tarthatók, míg a laktóz és az egyéb anyagok szűrletként választhatók le (Yee et al., 2007; Cheang & Zydny, 2004; Rektor & Vatai, 2004). A tej és a savó ultraszűrésekor jelentkező viszonylag gyors eltömődés (magas ellenállási értékek kialakulása) miatt a savó vagy tej előkezelésére, vagy valamely más módszer alkalmazására lehet szükség (Rektor, 2009). A tejfehérjéket tartalmazó anyagok szűrése során alkalmazott UF membránok gyors eltömődése miatt további hatékony tisztítási eljárások alkalmazására is szükség van (Bouزيد et al., 2008; Paugam et al., 2006). Egy ilyen hatékony tisztítási módszert írtak le Popovic és munkatársai (2011), 30 perces 0,5%-os enzimes (P3-ultrasil 53) kezelés 55 °C-on, majd 30 perces 1%-os citromsav oldatos tisztítás 55 °C-on, végül 1%-os NaOH-os lúgos mosás 70 °C-on.

A membránok eltömődésének mértéke nagymértékben függ a működtetési paramétereiktől például: hőmérséklet (Konrad et al., 2012; Karlsson et al., 2007), ezért azok megfelelő alkalmazásával a membránok élettartama növelhető.

### Anyag és Módszer

Az alapanyagként szolgáló főlözött tej jellemző analitikai értékeit Bentley gyártmányú B-150 típusú tej-analizátor készülékkel határoztuk meg. A főlözött tej beltartalmi értékeit tekintve, tejszírből tartalmazza a legkevesebb mennyiséget, mindössze 0,05 g/100g mennyiséget, ugyanakkor tejcukorból 5, míg száraz anyagból 8,87 g/100g található meg benne. A munkánk szempontjából fontos fehérje frakciókból 2,97 g/100g, összes fehérjéből pedig 3,22 g/100g mennyiséget mértünk. A mérések során a membrán-szeparációt egy speciális, micellaképzéssel segített ultraszűrés végrehajtására is alkalmas (Millipore ultraszűrő; Svédország) berendezéssel végeztük (1. ábra). A vizsgálatok során regenerált cellulóz alapanyagú, 15 illetve 40 cm<sup>2</sup> aktív szűrési felületű membránokat használtunk, melyek 50 °C maximális hőmérsékletig, 3 és 13 pH között adnak megbízható mérési eredményeket. A méréseket 1, 5, 10, 30 és 100 kDa vágási értékű regenerált cellulóz membránokkal végeztük.

A főlözött tejmintát pepszin enzimmal kezeltük, majd mértük az ultraszűrés fluxusának, az eltömődés mértékének, és a visszatartási értékeknek a változásait, illetve megvizsgáltuk, hogy milyen összefüggés áll fenn a membrán-szeparációs jellemzők és az enzimes lebontás sikeressége, vagy is a potenciális bioaktív komponensek mennyisége között. A kiindulási



1. ábra: Millipore ultraszűrő berendezés

minták térfogata 200 ml volt, így a membrán-szűrési műveleteket minden esetben kétszeres sűrítési arány eléréséig végeztük. A 40 °C-on kezelt főlözött tejmintákhoz sósav hozzáadása mellett biztosítottuk az enzim működéséhez megfelelő pH-t és hőmérsékletet, majd a mintákat 2 órára 40 °C-os vízfürdőbe helyeztük. Ezt követően ultrahanggal kezeltük a mintákat, hogy a denaturált fehérjékből keletkezett csapadékot megszüntessük és könnyebben szűrhető, homogénizált mintákat kapjunk, amelyeket szobahőmérsékleten 500 rpm kevertetés mellett 0,3 MPa nyomáson, 10 kDa vágási értékű membrán-szűréssel szűrtünk. A membrán kiválasztását az indokolta, hogy a 10 kDa értéknél nagyobb méretű fehérjék a tej természetes fehérje frakcióinak is részei (1. táblázat), tehát a kisebb vágási értékű membránnak tudjuk csak meghatározni a fehérjebontó enzim hatását. Az enzimes kezelést két sorozatban, különböző koncentrációjú pepszin enzimekkel végeztük el (1,5% és 2% -os koncentrációval). Az alkalmazott nyomás különbség (TMP) az előzetes membrán-szűrési kísérletek alapján 0,3 és 0,5 MPa volt. A szűrési művelet közben állandó kevertetés (500 rpm) alkalmazásával a membrán felületén nagy nyíró erőt hoztunk létre, annak érdekében, hogy a membrán eltömődését és a polarizációs réteg kialakulását lassítsuk. A sűrítési arány meghatározásához a térfogat csökkenési arányt (VRR) számítottuk ki az alábbi összefüggés segítségével:

$$VRR = \frac{V_{feed}}{V_{feed} - V_{perm}} \quad (1.)$$

ahol  $V_{feed}$  a betáplált anyag térfogata [l],  $V_{perm}$  a permeátum térfogata [l].

Egy adott membrán hatékonysága az áteresztőképességgel, fluxusával határozható meg. A fluxus, vagy más néven a térfogatáram-sűrűség, az a térfogat, amely a membrán egységnyi felületén egységnyi idő

alatt átáramlik. Értékének meghatározására a második egyenletet használtuk (Bélafiné, 2002):

$$J = \frac{dV}{dt} \cdot \frac{1}{A} \quad [lm^{-2}h^{-1}] \quad (2.)$$

ahol  $J$  fluxus,  $A$  aktív membrán felület [ $m^2$ ],  $V$  a szűrlet térfogata [ $m^3$ ],  $t$  az idő [s].

A visszatartást,  $R$  (retenció), a következő képlet felhasználásával számoltuk ki:

$$R = \frac{c_f - c_p}{c_f} \cdot 100 = 1 - \frac{c_p}{c_f} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.)$$

ahol  $C_f$  az oldott anyag koncentrációja a betáplálási áramban [mg/l], míg  $C_p$  az oldott anyag koncentrációja a permeátumban [mg/l].

A membránok eltömődésének a mértékével arányos eltömődési indexek értékeinek meghatározása (Hodúr et al., 2007) is fontos, amit a fluxus-idő függvények analiziséből a 4. egyenlet segítségével határoztunk meg.

$$J = J_0 \cdot t^{-k} \quad [lm^{-2}h^{-1}] \quad (4.)$$

ahol  $J_0$  a kezdeti fluxus [ $lm^{-2}h^{-1}$ ],  $t$  a membránszűrés ideje [h], míg a  $k$  az eltömődési index. A  $k$  eltömődési együttható értékét a mért adatokból a függvény segítségével hatványfüggvény illesztésével határoztuk meg.

Az enzimkezeléseket követően ultrahang berendezéssel (Hielscher UP100H, Németország) végeztük el a minták homogenizálását.

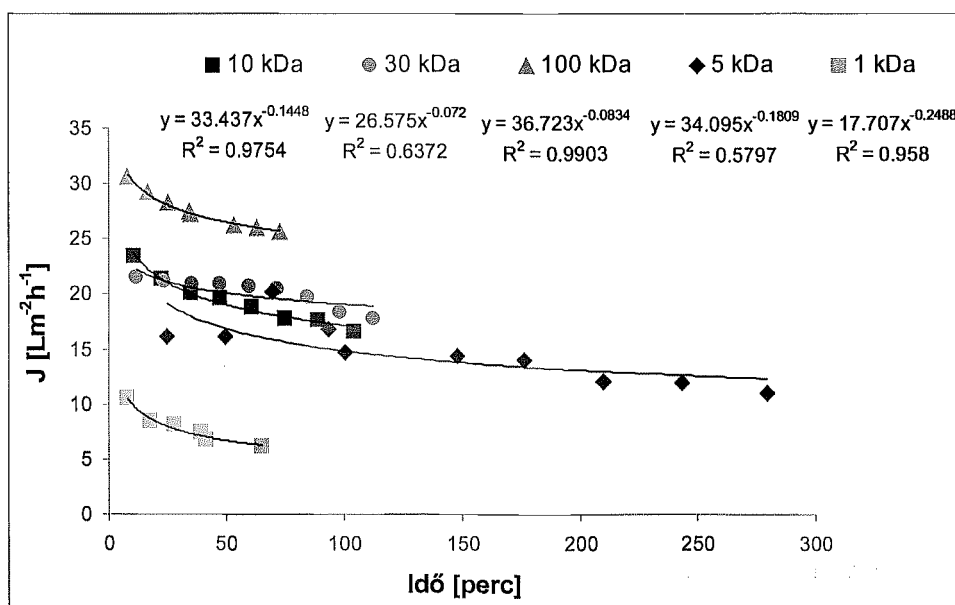
## Eredmények és értékelésük

A főzőtt tej membránszűrésénél a két különböző nyomáskülönbség érték alkalmazása miatt, a fluxus értékek összehasonlíthatósága céljából, a nyomásra normalizált fluxus értékek kerültek ábrázolásra (2. ábra). A  $J_n$  nyomásra normalizált fluxus érték az egységnyi idő alatt, egységnyi felületen, egységnyi nyomáskülönbség hatására átáramló permeátum térfogatát jelöli (mértékegysége: [ $lm^{-2}h^{-1}MPa^{-1}$ ]). Megfigyelhető, hogy a legnagyobb pórusméretű membrán (100 kDa) fluxusai adják a legmagasabb értékeket és a vágási értékek csökkenésével arányosan csökkennek a normalizált fluxus értékek.

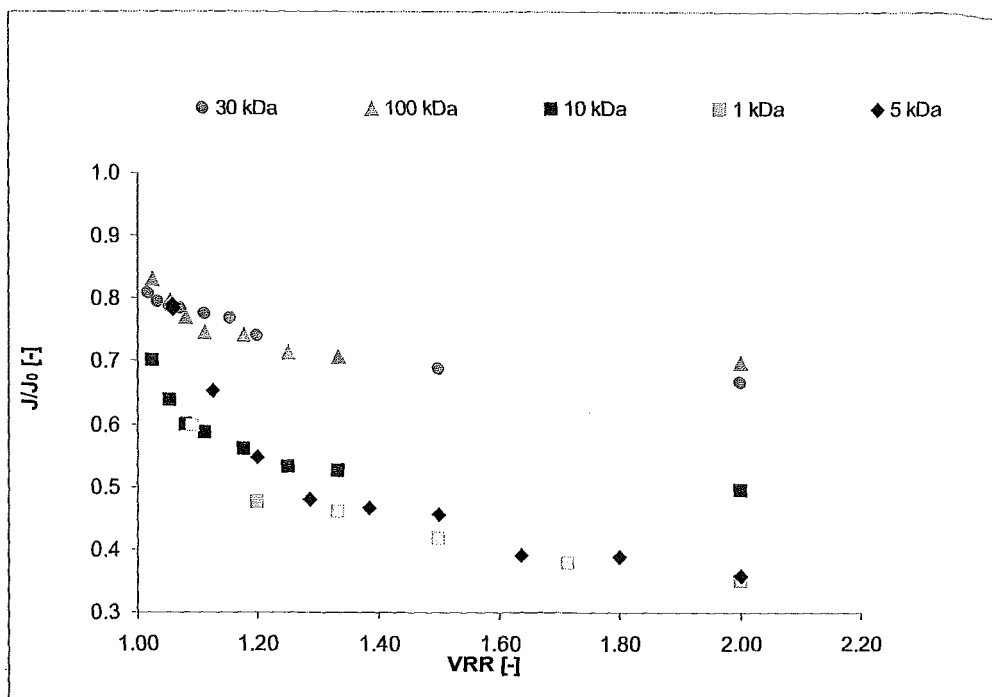
2. táblázat: Eltömődési indexek értékei egylépcsős membránszűrésnél

Vágási érték (kDa)	Eltömődési index
1	0,249
5	0,181
10	0,145
30	0,072
100	0,083

A fluxus értékeken felül fontos a membránok eltömődésének mértékét mutató eltömődési indexek értékeinek megadása is, amit a normalizált fluxus-idő függvények mérési adatpontjainak felhasználásával (2. ábra), és a (4.) egyenlet segítségével határoztunk meg. A „ $k$ ” eltömődési index vagy együttható a független változó kitevője, amit a mért adatokból a  $J=f(t)$  függvény segítségével hatványfüggvény illesztésével kaptunk meg (2. táblázat).



2. ábra. A főzőtt tej, különböző vágási értékű membránnal végzett ultraszűrésének normalizált fluxus értékei, az idő függvényében



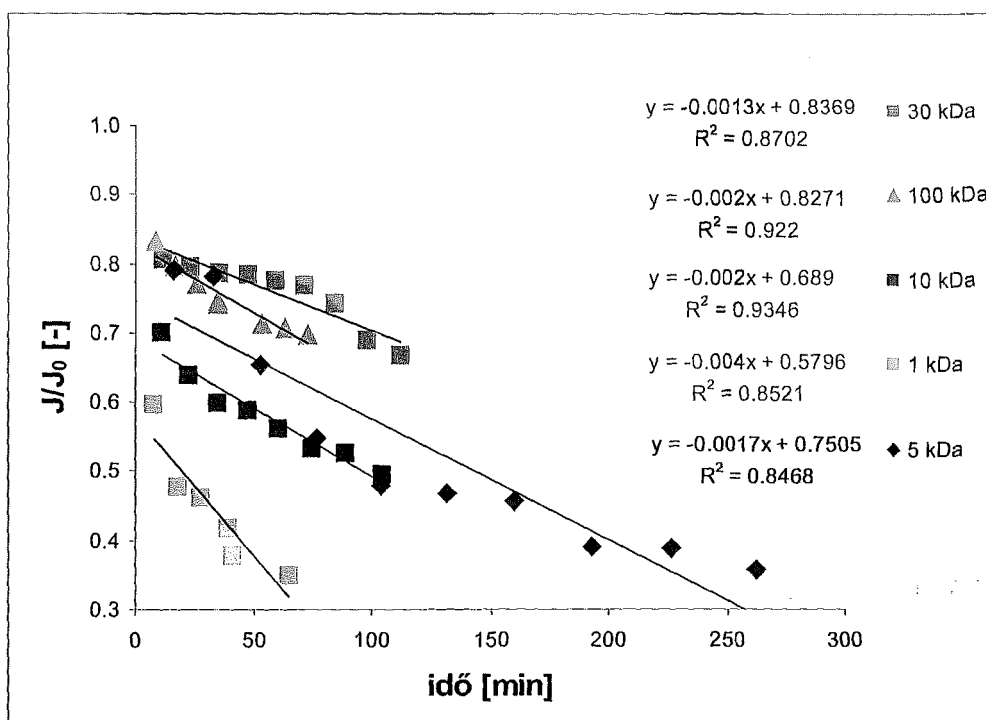
3. ábra: A relatív fluxus értékek változása a besűrítési arány függvényében

Ahogy az várható volt, az eltömődési index értékekből megállapítható, hogy a kisebb pórusméretű membránok eltömődési indexei nagyobbak, mint a nagyobb pórusméretű membránoknál mért értékek, azaz a membrán pórusmérete és az eltömődési index fordítottan arányosak egymással.

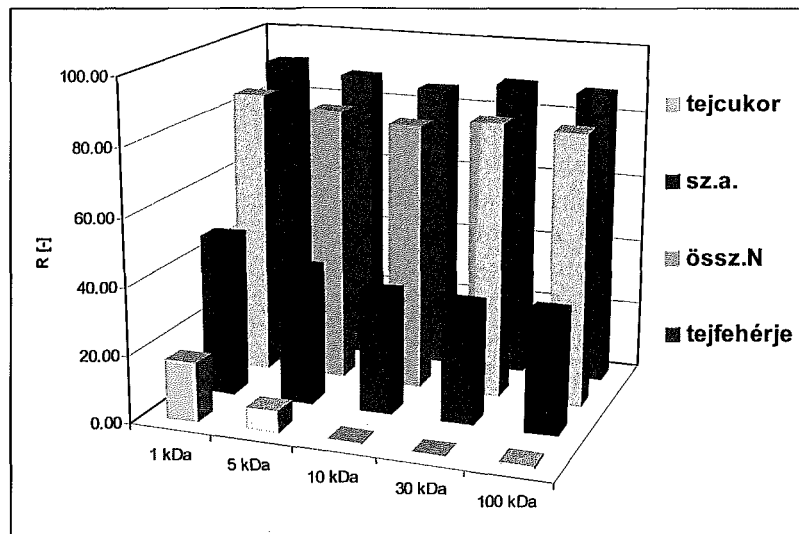
A különböző vágási értékű membránok relatív fluxus értéke ( $J/J_0$ ), a 0 időhöz tartozó fluxus értékhez ( $J_0$ ) viszonyítja az aktuális időpontban, vagy az aktuális

besűrítési arány esetében mért fluxus értéket mutatják (3. ábra). Az arányszám nagysága, de leginkább a csökkenésének mértéke felvilágosítást ad a szeparációs művelet lefolyásáról és az eltömődés dinamikájáról. Ezek az értékek elsősorban egy ipari léptékű berendezés vagy művelet tervezéséhez szolgálnak fontos alapadatokat.

A 3. ábrán jól látszik, hogy a relatív fluxus értékeinek csökkenése szempontjából két csoportra oszthatók a



4. ábra: A relatív fluxus értékek változása az idő függvényében



5. ábra: Fölözött tejminták ultraszűrésének visszatartási értékei

minták. Az egyik csoportot a 100 és a 30 kDa membránnal szűrt minták adják, a másik csoportba pedig az 1, az 5 és a 10 kDa vágási értékű membránokon szűrt minták kerültek. Az első csoportba sorolt mintáknál a relatív fluxus csökkenésének mértéke alig jelentős, szinte állandó arányú az értéke. A második csoportba tartozó membránoknál erőteljesebb a szeparáció kezdeténél tapasztalható áteresztőképesség csökkenés, azaz az eltömődés, de ez a csökkenés még hangsúlyosabban folytatódott a mérés előrehaladtával. Ennek oka, hogy a nagy molekulatömegű oldott anyagok megnövelték a szelektivitást és a membrán felületén megindult egy másodlagos szűrőréteg képződés.

Az idő változásának függvényében a minták relatív fluxus értékeinek csökkenései közel lineárisnak adódtak és megközelítőleg azonos meredekségeket mutatnak (4. ábra). Jelentősen eltérő meredekséget az 1 kDa vágási értékű membránnal végzett mérési adatok mutatnak, mivel itt a legjelentősebb a relatív fluxus értékének csökkenése, tehát a kezdeti fluxus értékhez képest itt csökken a legnagyobb mértékben a fluxus az idő függvényében.

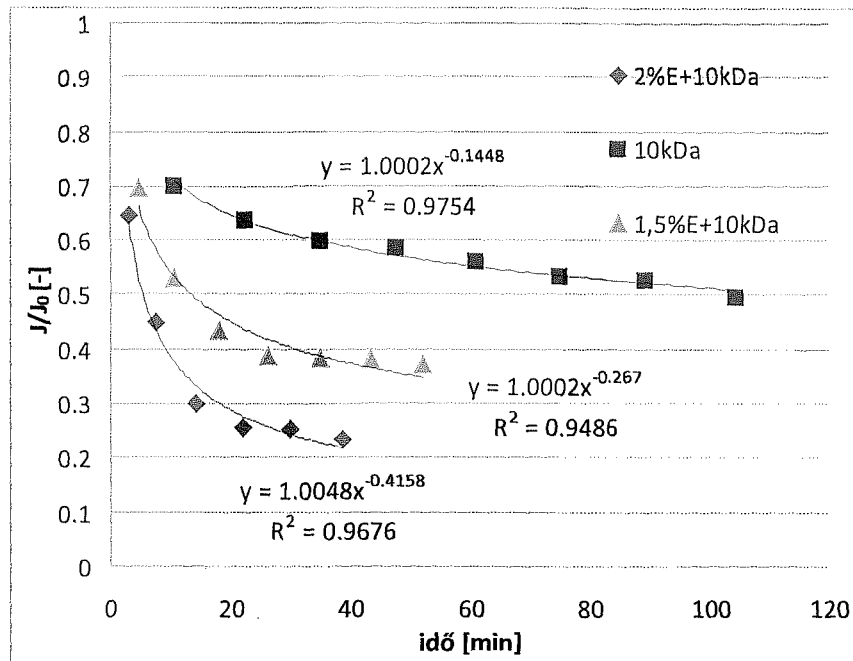
A 100 és a 30 kDa, illetve a 10 és 5 kDa membránoknál mért tengelymetszet értékei közel azonos értékeket mutatnak. Az 1 kDa membránnal végzett szeparáció eredményei pedig itt is eltérőnek mutatkoznak a többi vágási értékű membránon mért eredményhez viszonyítva. Amíg tehát a besűrítési arány függvényében vizsgálva a műveletet leíró függvényeket az 1 kDa, 5 kDa és 10 kDa vágási értékű membránok azonos értékeket mutatnak, addig az idő függvényében vizsgált adatsoroknál az 1 kDa membránnal végzett szeparáció eredményei minden más függvényhez képest jelentős eltérést mutatnak.

Az alapanyagként szolgáló fölözött tej és a szűrletekkel végzett analízis eredményeit felhasználva a 3. egyenlet segítségével membrán visszatartási értéke-

ket határoztunk meg. A fölözött tej mintában a tejszír nagyon kis mennyiségben volt jelen (0,05 g/100g), amit az összes alkalmazott ultraszűrő membrán teljes mennyiségben (100%-ban) visszatartott (5. ábra). Az ábráról leolvasható, hogy a tejfehérjére vonatkozó visszatartási értékek igen magas 85-92% közötti értékeket mutattak, melyek közül az 1 kDa-os membránnak volt a legmagasabb visszatartási értéke (91,25%), ugyanakkor még a 100 kDa membránnal végzett szeparációnál is 87,6% értéket kaptunk. Az összes nitrogéntartalomból számított „fehérje tartalom egyenérték” esetében természetesen hasonló a tendencia, de a legkisebb vágási értéknél 85%, a legnagyobb vágási értéknél pedig 81% visszatartást tapasztaltunk. A tejcukor vizsgálatánál a 10, 30 és 100 kDa vágási értékű membránok gyakorlatilag nem tartották vissza a tejcukrot (molekula tömege: 342 Da). Az 1 kDa vágási értékű membránnál érhető el csupán némi tejcukor visszatartási érték, ami 18%. A szárazanyag visszatartási értékek 47 és 35% között változtak. Ez a viszonylag kis visszatartási érték jól mutatta, hogy jelentős részarányban megtalálhatók a tejben olyan, a tejcukor molekuláknál kisebb molekulatömeggel rendelkező anyagok, amelyek kiválasztására érdemben csak az 1 kDa vágási értékű membrán volt képes.

#### Az enzimkezelések hatása az ultraszűrésre

Az idő függvényében mértük a különböző koncentrációjú pepszinnel kezelt minták és a kezeletlen minták 10 kDa ultraszűrésének relatív fluxus értékeit (6. ábra). Ahogy a függvények lefutása és a kitevő értékek nagysága is mutatja, a kezelt mintáknál lényegesen nagyobb relatív fluxus csökkenést tapasztaltunk. A két különböző koncentrációjú pepszinnel kezelt mintáknál a 2,0% pepszinnel történt kezelés nagyobb



6. ábra: Az enzimekelt minták ultraszűrési relatív fluxusának időbeni függése

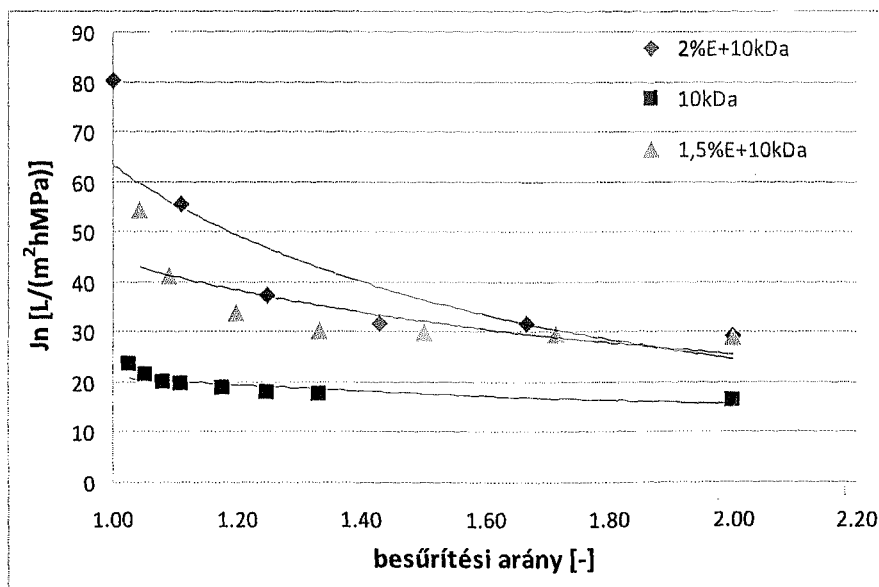
relatív fluxus csökkenést eredményezett, mint a kisebb koncentrációjú.

Ezekből a mért adatokból arra következtethetünk, hogy az enzimekelt valóban sikeres volt és számottevő mértékben megnövekedett a 10 kDa-nál kisebb méretű fehérjék/fehérje fragmentumok mennyisége. Ennek oka az, hogy a pepszin a peptidlánc hidrolízisét a lánc belsejében levő peptid kötéseknel katalizálja, nem pedig a láncvégeknél (Csapó et al., 2002), így keletkezhetnek az eredeti fehérjénél kisebb polipeptidok, peptidek.

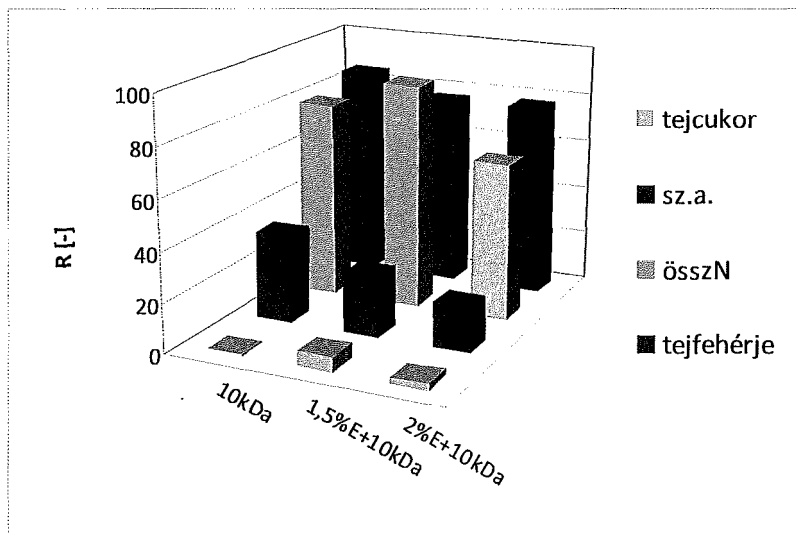
Jelentős különbséget mutat viszont az enzimmel kezelt és kezeletlen minták között, hogy a kezelt min-

ták permeációja rövidebb ideig tartott, gyorsabb volt, ezért a nyomásra normalizált fluxus értékeket a besűrítési arány függvényében ábrázoltuk (7. ábra). A kezelt minták esetében az igen nagymértékű és gyors fluxus esés ennek a gyors permeációnak az eredménye, azaz gyorsabban fogyott el a kezelt minta a kezeletlen mintával azonos besűrítési arány eléréséig. Ez is azt mutatja, hogy a kezelt tejmintákban nagyobb volt a kisebb molekulájú molekulák aránya, melyek egy része átáramlik az ultraszűrő pórusain, ám egy részük abban eltömődést okoz.

A kezeletlen, valamint az 1,5%-os és a 2%-os pepszinnel kezelt tejminták beltartalmi értékeiből szá-



7. ábra: Nyomásra normalizált fluxus értékek a besűrítési arány függvényében a kezelt és kezeletlen tejminták ultraszűrése esetében (10kDa)



8. ábra: Enzimkezelt minták visszatartás értékei

mított visszatartási értékeket vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a kezelt mintáknál kisebb fehérje és összes nitrogéntartalomról számított fehérjetartalom egyenérték adatokat kaptunk a permeátumban, ami szintén az enzimkezelés hatásosságát támasztja alá (8. ábra). A tejcukorra vonatkozó visszatartási értékek nagyon kismértékű növekedése a kezelt minták esetében azt mutatják, hogy a membrán pórusaiban és a membrán felszínén a kisebb molttömegű fehérjeszarmazékok megnövelik az eltömődési és a koncentrációs polarizációs ellenállás értéket, megnehezítették a kisméretű cukormolekulák membránon történő átáramlását. A visszatartási értékek a 1,5%-os enzimkezelt minta tejfehérje frakciójánál 9%-os, míg a 2%-os enzimkoncentrációval kezelt minta fehérje frakciójánál 8%-os csökkenést mutattak. A minták szárazanyag frakciójánál hasonló (11% és 17%), de kicsit nagyobb mértékű csökkenést tapasztaltunk, ami egyértelműen azt bizonyítja, hogy az enzimkezelés során a kis molttömegű jellemezhető frakciók aránya megnövekedett a kezelt mintákban.

### Következtetés

Ez a munka egy hosszabb kutatás kezdeti lépése, amelynek során a továbbiakban, különböző enzimek alkalmazásával bioaktív peptideket is tartalmazó különböző molttömegű peptidfrakciók előállítását és elválasztását kívánjuk elérni. Jelen kísérletünkben a fölözött tej, különböző vágási értékű membránokkal történő szeparációját, valamint a különböző koncentrációjú pepszinnel kezelt tejminták ultraszűrési kísérleteit végeztük el.

A tej ultraszűrése során a membránok vágási értékének a csökkenésével arányosan csökkentek a normalizált fluxus értékek is, ami rámutatott arra, hogy

a membránok vágási értéke és az eltömődési index értékei között fordított arányosság van.

A két különböző koncentrációjú pepszin enzimkezelésekor kapott értékek azt mutatták, hogy az enzimkezelés bizonyos mértékben működött, azaz kisebb molttömegű peptidek jelentek meg a mintákban. Ennek közvetett bizonyítéka, hogy az alkalmazott membrán eltömődési indexe megnövekedett, azaz a membránok fluxusa erős csökkenést mutatott, mert az enzimkezelés eredményeként létrejött kisebb molttömegű frakciók peptidjei eltömődést idéztek elő.

Ezeknek az adatoknak a birtokában megállapítást nyert, hogy:

- ▶ pepszinnel végzett fehérjebontás az alkalmazott körülmények között sikeresen lejátszódik,
- ▶ az enzimkezelés mértéke az ultraszűrés fluxus-idő függvénykapcsolatának analizéséből adódó kitevő – eltömődési index segítségével nyomon követhető,
- ▶ nemcsak a fehérje típusú bioaktív anyagok visszatartása növekedett a membránon, hanem a tejcukoré is, ennek oka, hogy a membrán felületén eltömődést okozó kisebb molttömegű fehérjék elzárták a tejcukor frakciók elől a membrán pórusait.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005 azonosító számú, „Kutatóegyetemi Kiválósági Központ létrehozása a Szegedi Tudományegyetemen” című és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 „Az SZTE Kutatóegyetemi Kiválósági Központ tudásbázisának kiszélesítése és hosszú távú szakmai fenntarthatóságának megalapozása a kiváló

tudományos utánpótlás biztosításával” című projektek támogatásáért, amelyek az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg, és amelyek lehetővé tették, hogy kísérleti munkámat elvégezhessem.

### Irodalomjegyzék

A teljes irodalomjegyzék a szerzőnél, illetve a KÉKI (www.keki.hu) és a MÉTE (www.mete.hu) honlapján megtalálható.

Atra, R., Vatai, Gy., Bekassy-Molnar, E. & Balint, A. (2005): Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. *Journal of Food Engineering*, Vol. 67, 325-332.

Bélafiné, B.K. (2002): Membrános műveletek. Veszprémi egyetemi kiadó, Veszprém

Hodúr, C., Kertész, Sz., Csanádi, J. & Szabó, G. (2009): Comparison of 3DTA and VSEP systems during the ultrafiltration of sweet whey. *Desalination and Water Treatment*, Vol. 10, 265-271.

Konrad G., Kleinschmidt, T. & Faber, W. (2012): Ultrafiltration flux of acid whey obtained by lactic acid fermentation. *International Dairy Journal*, Vol. 22, 73-77.

Metsämuuronen, S., Mänttari, M. & Nyström M. (2011): Comparison of analysis methods for protein concentration and its use in UF fractionation of whey. *Desalination*, Vol. 283, 156-164.

Popovic, S.N. & Tekic, M.N. (2011): Twisted tapes as turbulence promoters in the microfiltration of milk. *Journal of Membrane Science*, Vol. 384, 97-106.

Rektor, A. & Vatai, Gy. (2004): Membrane filtration of Mozzarella whey. *Desalination*, Vol. 162, 279-286.

Salvatore, E., Pirisi, A. & Corredig M. (2011): Gelation properties of casein micelles during combined renneting and bacterial fermentation: Effect of concentration by ultrafiltration. *International Dairy Journal*, Vol. 21, 848-856.

Saxena, A., Tripathi, B.P., Kumar, M. & Shahi, V.K. (2009): Membrane-based techniques for the separation

and purification of proteins. An overview. *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 145, 1-22.

### *The examination of the impact of enzymatic breakdown of milk protein to ultrafiltration*

Sz. Szélpál – N. Homolya – K. Fejes – J. Csanádi

*Large quantities of bioactive materials can be found in the milk, which materials have an important biological value of health promotion activity. In the course of our research programme we searched protein-based biological active substances in milk with ultrafiltration and enzymatic demolition. During the monitoring we used skimmed milk for separating, than we determined the nutritional values of the fractions, as well as the characteristics of the ultrafiltration process, the pressure-normalized flux and relative values and the retention values too. In possession of the results of the different enzyme concentrations we examined the filter parameters, the quantity of the recovered fractions and their variation in content values. From the results we concluded that the rate of enzymatic breakdown is traceable with the ultrafiltration flux vs. time analysis. The enzyme treatment considerably improved the membrane filtration flux values and increased not only the protein-based bioactive materials retention values, but also increased the lactose retention values.*

A szerzők neve, beosztása és címe:  
Szélpál Szilárd tanszéki mérnök  
Homolya Nóra IV. éves Biomérnök hallgató  
Fejes Kitti III. éves Biomérnök hallgató  
Dr. Csanádi József egyetemi docens  
Szegedi Tudományegyetem, Mérnök Kar  
6725 Szeged, Moszkvai krt. 5-7.  
E-mail: szelpal@mk.u-szeged.hu

Olvassa és ajánlja az  
**Élelmiszer Tudomány  
Technológia**  
szakfolyóiratot!