

# MEMBRÁNOVÉ PROCESY V MLÉKÁRENSKÉM PRŮMYSLU

Ing. Jiří Ečer, Ing. Jan Kinčl, Ph.D.

MemBrain s.r.o., Pod Vinicí 87, 471 27 Stráž pod Ralskem  
jiri.ecer@membrain.cz, jan.kincl@membrain.cz

## Membrane processes in the dairy industry

### Abstrakt

V mlékárenském průmyslu nacházejí uplatnění moderní membránové separační metody, a to mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza a elektrodialýza. Jsou použitelné v celém spektru výroby a zpracování mléka od prvovýroby přes ošetření mléka až po výrobu sýrů a dalších mlékárenských výrobků, jako je sušená demineralizovaná syrovátka, mléčné a syrovátkové koncentráty, laktóza, minerální soli a další izoláty mléčných složek. Tyto metody jsou šetrné k surovině a oproti klasickým separačním metodám jsou levnější.

**Klíčová slova:** membrána, separace, mlékárenství, mléko, syrovátka

### Abstract

Modern membrane separation methods (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis and electro-dialysis) are used in the dairy industry. Their usage in production and processing of milk is very wide: from primary production through milk treatment to cheese and other dairy products, such as demineralized whey powder, milk and whey protein concentrate, lactose, minerals and other isolates of dairy ingredients. Membrane processes are more friendly to natural milk components and also cheaper in compare with conventional separation methods.

**Key words:** membrane, separation, dairy, milk, whey

### Úvod

Mezi moderní metody separace jednotlivých složek mléka i syrovátky patří bezesporu membránové procesy, které jsou v konečném důsledku levnější a šetrnější k surovině než klasické separační metody. Většinou probíhají bez přídavku dalších chemikálií a při nízké teplotě, proto nedochází ke změně sensorických vlastností produktů ani není třeba energie na ohřev a chlazení. Membránové procesy se uplatňují při ošetření mléka (odstranění tuku a mikroorganismů), při snížení obsahu nežádoucích látek v mlékárenských výrobcích (delaktózané mléko, demineralizované produkty). Také přispívají k vývoji nových mlékárenských výrobků obohacených o jednotlivé složky mléka (sýry s přídavkem syrovátkových bílkovin, mléčné a syrovátkové nápoje, aj.), ke zvýšení výtěžnosti výroby sýrů a tvarohů, případně ke standardizaci obsahu bílkovin v těchto výrobcích a v neposlední řadě

k izolaci složek mléka nebo syrovátky (jednotlivé bílkoviny, laktóza, minerální soli).

### Membrány a moduly

Membrány mohou být biologické nebo syntetické. Biologické membrány jsou součástí mikrobiálních, rostlinných a živočišných buněk. Syntetické membrány se dělí na kapalné (ve formě zakotvených nebo emulzních kapalných membrán) a pevné. Pevné membrány jsou buď anorganické vyrobené z křemičitých nebo kovových materiálů, nebo organické z polymerních materiálů. Dále mohou být membrány porézní (izotropní nebo anizotropní) nebo neporézní, homogenní (symetrické) nebo heterogenní (asymetrické heterogenní), kompozitní a z dutých vláken. Pro mlékárenský průmysl připadá v úvahu použití pevných membrán.

Membrány se uspořádávají do membránových modulů, používají se planární, spirálové nebo kapilární trubkové moduly.

### Přehled membránových procesů

Velkou výhodou membránových procesů je malá ztráta účinných látek (procesy většinou probíhají při teplotě okolí), při procesech nedochází ke změně skupenství a chemickým změnám (s výjimkami), spotřeba energie je nižší než u klasických separačních metod (např. odpařování, destilace), při zpracování potravinářských surovin nedochází ke změně sensorických vlastností. Vlastní proces je modulární a snadno automatizovatelný.

Při membránových procesech se mohou uplatňovat různé hnací síly. Je to jednak tlakový rozdíl, který se uplatňuje při mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci a při reverzní osmóze. Koncentrační spád se uplatňuje při dialýze, pervaporaci, osmóze, při separaci plynů a jako umělá plíce. Elektrický potenciál je používán při elektrodialýze, elektrodeionizaci, elektrofiltraci, dále při membránové elektrolýze a jako palivový článek. Další hnací silou je teplotní gradient využívaný při membránové destilaci. V mlékárenském průmyslu se využívají všechny čtyři tlakové membránové procesy a elektrodialýza.

Membránové procesy mohou probíhat v režimu "single pass" (jednoprůchodový režim) nebo v režimu "feed & bleed" (jednoprůchodový režim s částečnou recyklací) nebo v režimu "batch" (vsádkový režim). Uspořádání technologie a použití jednotlivých režimů závisí na vlastnostech vstupní suroviny a výstupních produktů.

### Tlakové membránové procesy

Produktem separace je permeát s téměř nulovou koncentrací separované složky a retentát, kde jsou zkoncentrovány separované složky.

Způsob uspořádání toku proudů při membránových separačních technologiích může být "dead-end" (uzavřený výstup retentátu, obdoba klasické filtrace) nebo "cross-flow" (podélný nebo tangenciální tok retentátu). Uspořádání

"dead-end" není výhodné vzhledem k narůstání filtračního koláče a tím ke zvyšování tlakových ztrát. Proto se ve většině případů používá uspořádání "cross-flow", kdy zpracovávaný roztok protéká podél membrány a membránou zadržované látky jsou od povrchu membrány odplavovány. Hydrodynamické poměry se během procesu příliš nemění.

Jednoprůchodový režim se používá pro velkoobjemové aplikace, např. při čištění provozní vody nebo ve velkoobjemovém zpracování mléčných produktů. Vsádkový a "feed & bleed" režim se používá pro středně a maloobjemové aplikace.

Rozdělení tlakových membránových procesů dle typu, velikosti separovaných částic či molekul a obvyklých používaných tlaků je zobrazeno v tabulce 1.

**Tab. 1** Přehled tlakových membránových separačních metod

Metoda	Používaný tlak	Velikost zadržovaných částic
Mikrofiltrace	< 1 bar	0,1 - 10 μm
Ultrafiltrace	1 - 10 bar	0,01 - 0,1 μm
Nanofiltrace	20 - 40 bar	0,2 - 10 kDa
Reverzní osmóza	30 - 60 bar	< 200 Da

Tlakové membránové procesy v mlékárenském průmyslu lze použít jako náhradu současných technologií, k separaci jednotlivých složek mléka i k výrobě nových produktů. Na obrázku Obr. 1 je zobrazeno použití tlakových membránových separačních metod v mlékárenském průmyslu.

**Mikrofiltrace** se používá k šetrnému ošetření mléka bez nutnosti záhřevu. Během mikrofiltrace se z mléka fyzicky odstraní bakterie a spory, tím se také prodlouží trvanlivost mléka oproti klasickému ošetření pasterizací. Nedochozí k senzorickým změnám mléka ani k inaktivaci enzymů. Další využití mikrofiltrace je při separaci kaseinových bílkovin a při předčištění syrovátky (odstranění tuku a mikroorganismů) před ultrafiltrací.

**Ultrafiltrace** mléka nebo syrovátky se používá k výrobě mléčných nebo syrovátkových bílkovin nebo také k sepa-

raci koagulátu při výrobě tvarohu. Slouží též k zahuštění mléka na farmě ke snížení přepravních nákladů. Produkty ultrafiltrace (koncentrát mléčných nebo syrovátkových bílkovin a ultrafiltrační permeát) pak mimo jiné mohou sloužit ke standardizaci obsahu bílkovin ve výrobcích nebo ke zvýšení obsahu bílkovin při výrobě tvarohů a sýrů. Tím se zvýší výtěžnost jejich výroby i kapacita výrobního zařízení, dochází též k úspoře kultur a syřidla. Vyšší obsah bílkovin (zvláště pak syrovátkových) má vliv na zrání sýrů, což může vést k výrobě nových typů sýrů. Použití ultrafiltračních membrán s různou velikostí pórů v kombinaci s dalšími metodami umožňuje také izolaci jednotlivých bílkovinných frakcí mléka nebo syrovátky. Ultrafiltrační permeát lze použít k výrobě laktózy a minerálních látek.

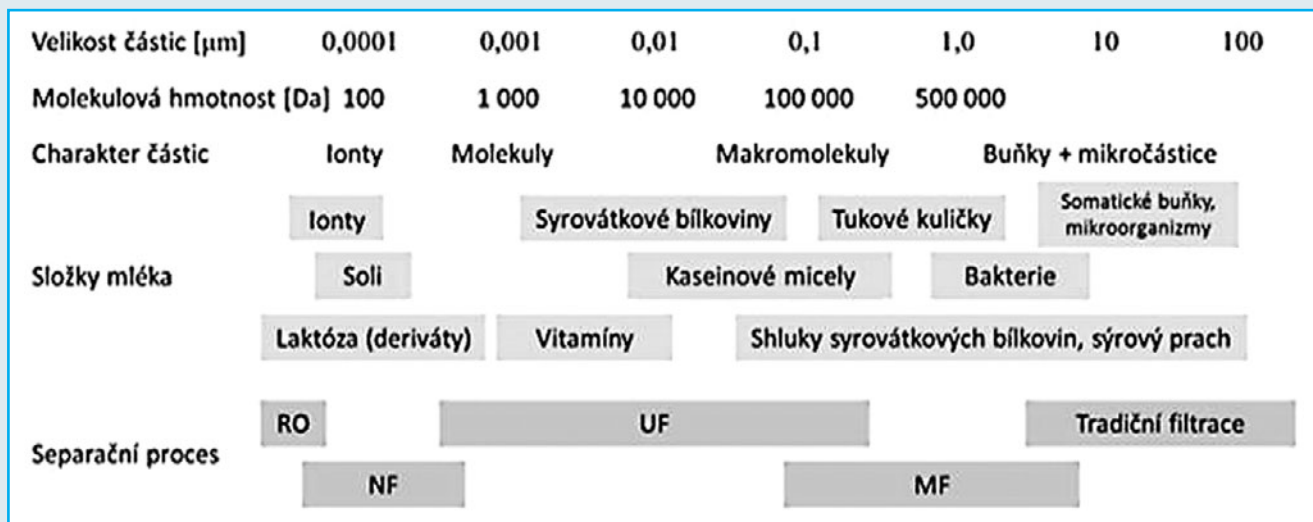
**Nanofiltrace** se používá k zahuštění mléka nebo syrovátky před přepravou nebo dalším zpracováním. Kromě vody se během nanofiltrace odstraní ze suroviny i většina jednomocných iontů (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>).

**Reverzní osmóza** se také používá ke koncentrování mléka nebo syrovátky před přepravou nebo dalším zpracováním, přičemž se obsah jednotlivých složek v surovině nemění. Reverzní osmóza se s výhodou používá také k odsolení nanofiltračního permeátu, přičemž odsolená voda se vrací zpět do technologického procesu.

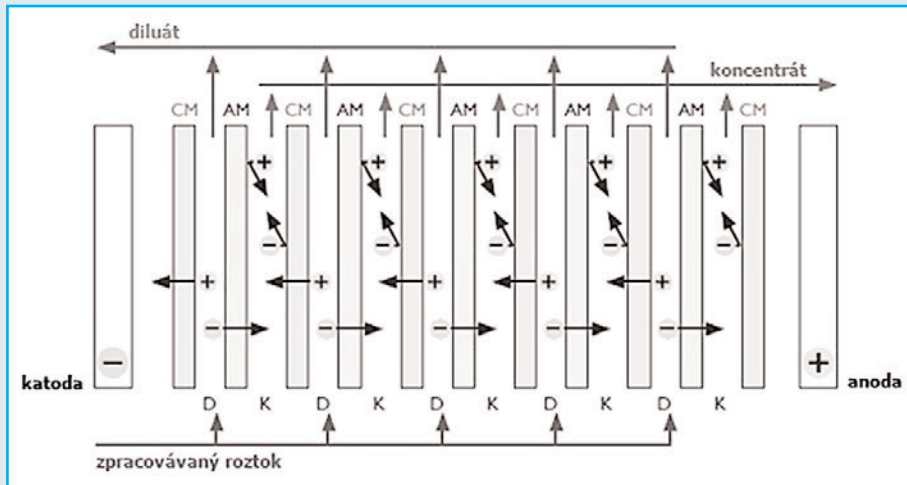
## Elektrodialýza

Princip elektrodialýzy (viz Obr. 2) spočívá v působení stejnosměrného elektrického pole na disociované složky solí ve vodném roztoku. Kationty, které se pohybují směrem ke katodě, procházejí katexovými membránami a jsou zadržovány membránami anexovými. Naproti tomu anionty, které se pohybují směrem k anodě, procházejí anexovými membránami a jsou zadržovány membránami katexovými. Vhodným uspořádáním katexových a anexových membrán dochází k přesunu iontů z původního roztoku (diluátu) do koncentrátového roztoku.

**Obr. 1** Použití tlakových membránových separačních metod



Obr. 2 Princip elektrodialýzy (MEGA a.s.)



CM - kationvýmenná membrána, D - diluátová komora, AM - anionvýmenná membrána, K - koncentrátová komora

Jak je z obrázku patrné, elektrodialýza probíhá výhradně v režimu cross-flow. Jednoprůchodový režim provozu se téměř nepoužívá, aplikace fungují vsádkově či ve "feed & bleed" režimu.

Elektrodialýza se používá ke snížení obsahu solí v syrovátce do různého stupně (komerčně požadovaný je obsah popela 4 %, 2,5 % nebo 1 % v sušině) před dalšími technologickými operacemi (odpaření a sušení).

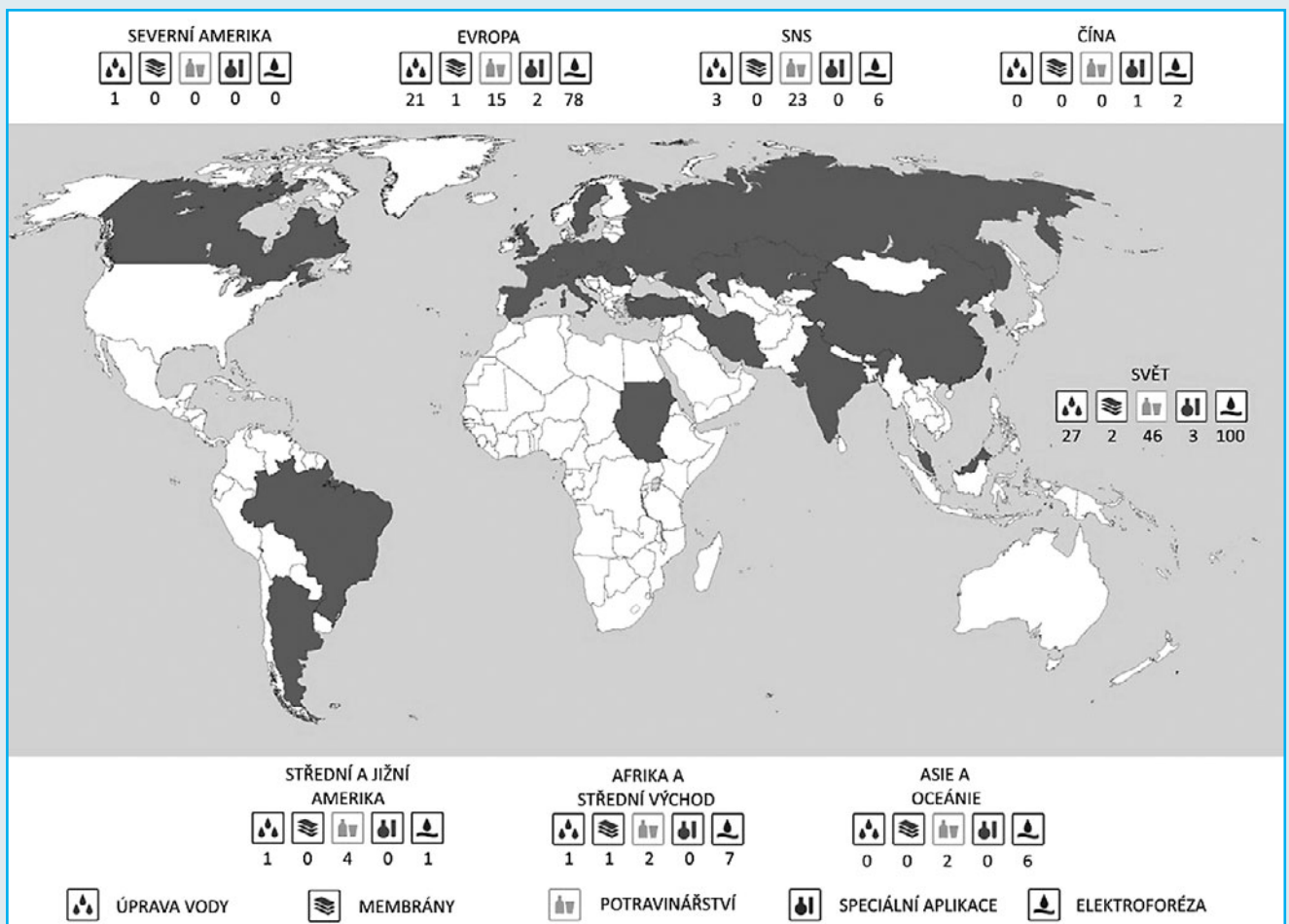
Demineralizované produkty pak nacházejí uplatnění jako levnější ale přitom nutričně kvalitní náhrada mléka v kojenecké a dětské výživě, v pekárenském a cukrářském průmyslu, dále ve farmacii a jako výživové doplňky. Elektrodialýza nachází uplatnění i při demineralizaci ultrafiltračního permeátu a matečného roztoku po krystalizaci laktózy.

## Membránové procesy v ČR

Česká membránová platforma (CZEMP, <http://www.czemp.cz/>) sdružuje výrobce membránových

technologíí a uživatele membránových technologíí s odborníky a významnými institucemi zaměřenými na výzkum, vývoj, realizaci a využití membránových operací v technologických procesech širokého spektra výrobních odvětví. V současné době má 21 členů, z mlékárenských společností je členem pouze skupina INTERLACTO, spol. s r.o. Členy jsou také společnosti MEGA a.s. a MemBrain s.r.o.

Obr. 3 Aplikace firmy MEGA a.s.



**MEGA a.s.** (<http://www.ralex.eu/>, <http://www.mega.cz/>) je zaměřena především na elektromembránové procesy (elektrodialýza, elektroforéza, elektrodeionizace, membránová elektrolyza). Nabízí svým zákazníkům řešení s maximálním ohledem na životní prostředí. Základem je vlastní patentovaná výroba heterogenních iontovýměnných membrán různých typů pro různé aplikační využití. MEGA a.s. nabízí komplexní membránový program pod obchodní značkou RALEX® zahrnující kromě anexových a katexových membrán i elektrodialyzační jednotky o různých výkonech pro aplikace související s čištěním a odsolováním vod (odpadní vody, důlní vody, mořská voda), dále pro aplikace v potravinářském (syrovátka, džusy, víno, ...), farmaceutickém (čištění fermentačních roztoků, sér a vakcín), chemickém (separace anorganických a organických roztoků, čištění organických roztoků, bezodpadové přepracování kondenzátu) a automobilovém (elektroforézní nanášení barev) průmyslu. Aplikace firmy lze nalézt prakticky v celém světě (viz Obr. 3), přičemž více jak čtvrtina aplikací je v mlékařském průmyslu.

MEGA a.s. svým zákazníkům nabízí řadu služeb, jako jsou konzultace, laboratorní a pilotní testy, projektová činnost, výroba a dodávka zařízení, instalace a zprovoznění na místě, zaškolení obsluhy, záruční a pozáruční servis.

MemBrain s.r.o. (<http://www.membrain.cz/>) je dceřinou firmou společnosti MEGA a.s., je to výzkumná organizace zabývající se elektromembránovými a tlakovými membránovými procesy. MemBrain s.r.o. spolupracuje se svými zákazníky, partnery a uživateli výsledků na inovačním procesu v celém rozsahu činností od analýzy a vyhodnocení základních inovačních podnětů, přes přípravu a řešení výzkumných projektů až po efektivní transfer výsledků výzkumu do průmyslové praxe.

## Závěr

Tlakové membránové procesy (mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza) a elektrodialýza jsou moderní separační procesy, které se dají využít v mlékařském průmyslu v mnoha oblastech, počínaje základním ošetřením mléka, zahuštěním mléka nebo syrovátky před transportem, až po separaci jednotlivých složek mléka nebo syrovátky (tuk, bílkoviny, laktóza, minerální soli...) a demineralizaci. Tyto produkty je možno použít k inovaci mlékařských výrobků, dále jako levnější, ale kvalitní náhrada mléka, nacházejí uplatnění v kojenecké a dětské výživě, ve farmaceutickém průmyslu, v dalších odvětvích potravinářského průmyslu i jako výživové doplňky.

Membránové procesy jsou levnější a šetrnější k surovině než klasické metody, a to díky provozu při nízké teplotě a malým nákladů na ohřev a chlazení.

## Literatura

MEGA a.s.: Procesy, Elektrodialýza (ED/EDR): (on line). Staženo 04.06.2014.

Dostupné z: <http://www.ralex.eu/Horni-navigace/Procesy.aspx>



## ZAHRA NIČNÍ STÁŽ V EASTERN REGIONAL RESEARCH CENTER V USA

**Sylvie Hadrová**

*Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o., Rapotín*

### Úvod

Eastern Regional Research Center (ERRC) je jedním ze čtyř hlavních, vládou podporovaných, regionálních výzkumných center zemědělského výzkumu The Agricultural Research Service (ARS). V rámci aktuálně probíhajícího projektu OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost s názvem "Partnerská síť Agronomické fakulty MENDELU s komerční sférou", se v termínu od 28. 4. do 2. 5. 2014 uskutečnila odborná stáž v ERRC ve Wyndmooru v Pensylvánii. Zahraniční stáže v USA se zúčastnili tři studenti z VOŠ a Střední odborné školy zemědělsko-technické Bystřice nad Pernštejnem, jeden student z VOŠ potravinářské a Střední průmyslové školy mlékařské Kroměříž a dvě studentky reprezentovaly Masarykovu střední školu zemědělskou a VOŠ v Opavě. Studenty na zahraniční stáži v ERRC doprovázel tutor - Ing. Sylvie Hadrová, Ph.D. z Výzkumného ústavu pro chov skotu, s.r.o., Rapotín, a lektor - Ing. Milena Linhartová, učitelka odborné angličtiny na VOŠ a Střední odborné škole zemědělsko-technické Bystřice nad Pernštejnem (viz. Fotografie č. 2).

Studenti svou zahraniční stáž zahájili v ERRC účastí na přednáškách, které zahájil ředitel ARS - North Atlantic Area, Dr. Dariusz Swietlik, prezentací o výzkumu v ARS,



*Exkurze v potravinářské firmě Wawa, Inc.*