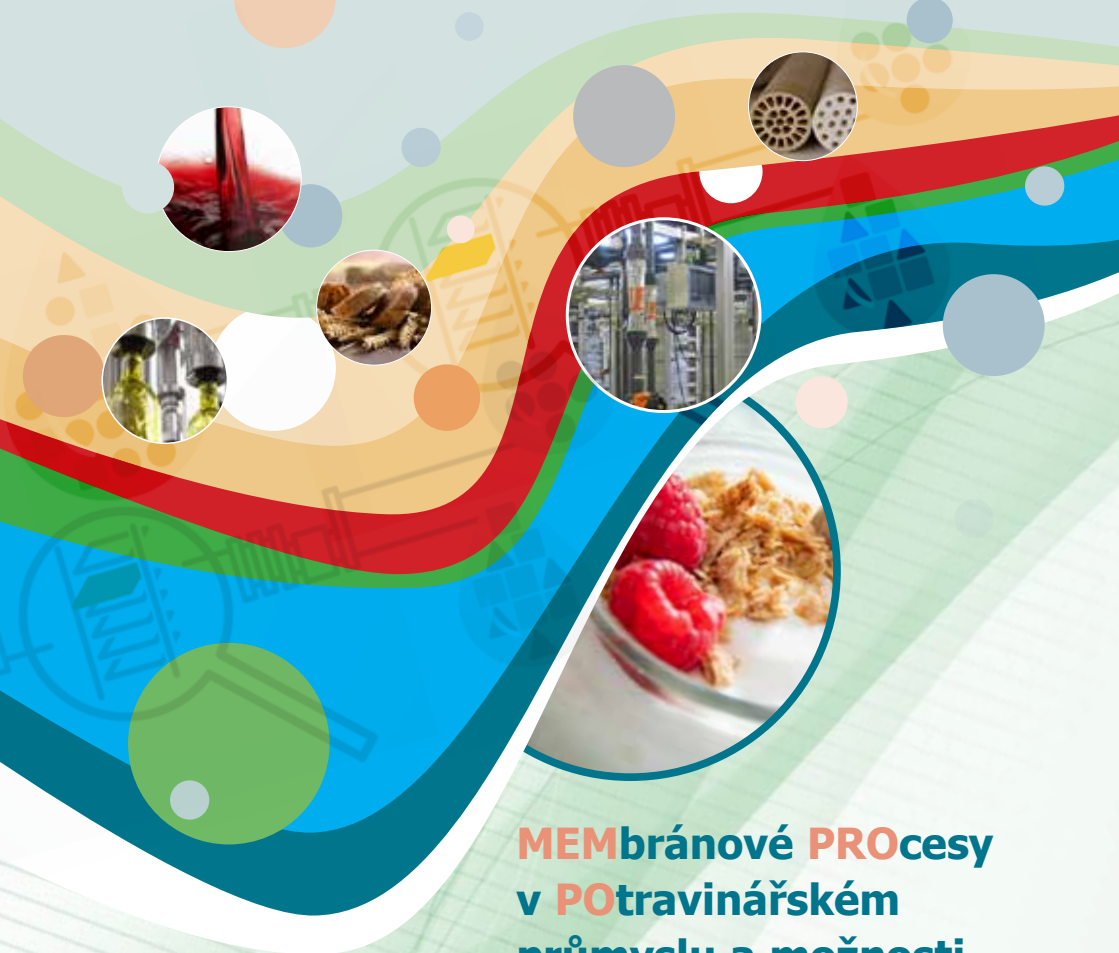




MEMbránové PROcesy v POTravinářském průmyslu a možnosti inovací

2019 

Sborník z workshopu projektu KUSmem

POTRAVINÁŘSKÁ KOMORA ČR / ČESKÁ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA PRO POTRAVINY
ČESKÁ MEMBRÁNOVÁ PLATFORMA, z.s.
VÝZKUMNÝ ÚSTAV MLÉKARENSKÝ, s.r.o.
MEMBRAIN, s.r.o.

17. října 2019, Potravinářská komora ČR, Praha 10 – Malešice



© Potravinářská komora České republiky
Česká technologická platforma pro potraviny

Editor

Česká membránová platforma, z. s.

Praha 2019

1. vydání

Publikace byla zkompletována v rámci Priority B výboru pro kvalitu potravin České technologické platformy pro potraviny ve spolupráci s Potravinářskou komorou ČR, Českou membránovou platformou, z. s., Výzkumným ústavem mlékárenským, s. r. o., MemBrain, s. r. o. a za finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR (dotační titul 10.E.a/2019.)

Workshop

**Membránové procesy
v potravinářském průmyslu
a možnosti inovací**

17. října 2019

Potravinářská komora České republiky

Organizátoři workshopu:

Česká membránová platforma, z.s.

Mánesova 1580/17, 470 01 Česká Lípa

e-mail: info@czemp.cz, www.czemp.cz

a

**Česká technologická platforma pro potraviny při Potravinářské komoře
ČR**

Počernická 96/272, 108 03 Praha 10 – Malešice

e-mail: foodnet@foodnet.cz, www.ctpp.cz

s podporou VÚM s.r.o. a MemBrain s.r.o.

OBSAH

1	Úvod	5
2	Využití membránových procesů v mlékárenství	6
	Jan Drbohlav, Vladimír Dráb, Michal Binder a Petr Roubal	
3	Současné trendy výzkumu a vývoje cereálních výrobků	31
	Lucie Jurkaninová, Marcela Sluková, Ivan Švec a Pavel Skřivan	
4	Využití roztoku chlordioxidu k dezinfekci elektrodialyzačního zařízení v rámci chemického čištění	40
	Jiří Ečer, Tatjana Dymar	
5	Využití membránových technologií v pivovarství	51
	Pavel Dostálek, David Bierhanzl a Jakub Nešpor	
6	Inovace v masném průmyslu	67
	Rudolf Ševčík	
7	Výzkum membránové separace hovězí a vepřové krve	76
	Vladimír Pour	
8	Abecední seznam autorů	83

1 Úvod

Projekt Nové technologické postupy s využitím membránových procesů poskytující nové potravinářské produkty se zlepšenými nutričními a uživatelskými vlastnostmi QJ1510341 – zkráceně KUSmem – byl realizován v letech 2014 až 2018. Závěrečná oponentura projektu proběhla v lednu 2019 a projekt je nyní ve fázi udržitelnosti.

V rámci projektu se každý rok konal workshop Membránové procesy v potravinářství (MEMPROPO), střídavě v Membránovém inovačním centru a Potravinářské komoře ČR. Na něm se účastníci semináře seznamovali s výsledky projektu KUSmem a prostor dostali i odborníci v oboru membránových technologií, kteří seznámili účastníky workshopu s aktualitami v oboru membránových technologií.

V rámci udržitelnosti projektu KUSmem bylo v řešitelském týmu projektu rozhodnuto o pokračování tradice pořádání workshopu MEMPROPO a v roce 2019 se tento workshop uskuteční v prostorách Potravinářské komory ČR v Praze. Workshop je zaměřen nejen na využití membránových technologií v potravinářství, ale dává prostor i pro propagaci nových inovativních postupů v mlékárenství, pivovarství, pekárenství a zpracování masa. Organizátoři workshopu věří, že se tento typ workshopu prosadí jako trvalá platforma pro specialisty v potravinářském průmyslu a pomůže k podpoře spolupráce výzkumných pracovišť vysokých škol a výzkumných ústavů s potravinářským průmyslem.

Ing. Jan Bartoň, CSc.

Česká membránová platforma, z.s.

2 Využití membránových procesů v mlékárenství

Jan Drbohlav, Vladimír Dráb, Michael Binder, Petr Roubal

Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a, Praha 6, 160 00

e-mail: drbohlav@milcom-as.cz

Abstrakt

V současné době se začínají užívat membránové procesy i v českém mlékárenském průmyslu. Nejvíce se uplatňuje reversní osmóza k zahušťování syrovátky a začíná se uplatňovat i ultrafiltrace ke koncentrování bílkovin mléka nebo syrovátky. Tyto procesy jsou předmětem některých výzkumných projektů, aby vznikly poznatky především s uplatněním vzniklých produktů v inovacích mlékárenských výrobků a jejich výrobních postupů.

Jedním z takových projektů byl projekt podporovaný Národní agenturou pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství číslo **QJ1510341** s názvem **„Nové technologické postupy s využitím membránových procesů poskytující nové potravinářské produkty se zlepšenými nutričními a uživatelskými vlastnostmi“**. Jedním z dílčích cílů projektu bylo stanovit a navrhnout využití ultrafiltrace k zefektivnění výroby tvarohů a jogurtů.

Cílem výzkumného projektu bylo navrhnout využití mikrofiltrace, ultrafiltrace a elektrodialýzy při zpracování různých druhů syrovátek. Hlavním zájmem bylo navrhnout využití ultrafiltrace ke zpracování kyselé syrovátky z termotvarohu a navrhnout využití koncentrátů bílkovin / retentátů / ke zvýšení efektivnosti výroby tvarohů a jogurtů. Pro výrobu tvarohů a jogurtů byla použita směs mléka s 10 % koncentrátem syrovátkových bílkovin o sušině blízké sušině odtučněného mléka 9 %. Tvarohy byly vyrobeny jako termotvarohy pomocí vysoké pasterace směsi. Pokusné tvarohy vykazovaly stejné senzorické vlastnosti jako tvarohy vyrobené ze 100 % mléka. Vaznost vody související s uvolňováním syrovátky byla při skladování lepší než u tvarohů vyrobených standardně.

Pokusné jogurty vykazovaly stejné senzorické vlastnosti jako jogurty vyrobené ze 100 % mléka a vaznost vody byla lepší, nebyla tedy uvolňována syrovátka v průběhu skladování.

Úvod

V ČR nejsou membránové procesy v potravinářství zatím rozšířené. Nedovolovala tomu dosud ekonomická situace potenciálních uživatelů a značná ekonomická náročnost pořízení i provozování těchto procesů. Nyní je již příznivější situace a membránové procesy se začínají pozvolna v mlékárenském průmyslu prosazovat, především pro zpracování syrovátky.

V současné době se v České republice ročně vyrábí přibližně 80 000 tun přírodních sýrů a 30 000 tun tvarohů, přičemž vedlejším produktem je tekutá syrovátka v množství přibližně 1 000 000 tun. V současnosti je většinou zpracovávána na sušenou syrovátku (přibližně 54 000 tun ročně). V malém množství, na jedné instalaci, je demineralizována a následně sušena. Ve značné míře je zahušťována reversní osmózou a prodávána velkým zpracovatelům do zahraničí. Jedno malé ultrafiltrační zařízení je využíváno ke standardizaci obsahu bílkovin v mléce pro výrobu sýrů. Malá instalace ultrafiltrace mléka je využívána k zahušťování mléka a k jeho delaktózaci a následně k výrobě speciální výživy pro zvláštní lékařské účely.

Aby mohlo dojít k širšímu využívání membránových procesů v mlékárenství je třeba kromě ekonomicky dostupných zařízení poskytovat podnikům podklady a to na míru daného podniku a pro danou surovinu. Předložit rozvahu jak využít jednotlivé proudy produktů včetně těch vedlejších. V mlékárenství najdou uplatnění nejvíce, v blízkém či vzdálenějším budoucnu, především membránové procesy tlakové, zvláště ultrafiltrace. Dále pak lze očekávat zavedení mikrofiltrace, jako procesu nízkotepeelné sterilace. Lze očekávat i další rozšíření nanofiltrace a reversní osmózy jako zahušťovacích procesů. Elektrodialýza bude stále více zdokonalovaná a budou hledány opět způsoby využití a likvidace koncentráту. Pro širší využití uvedených membránových procesů v mlékárenství a potravinářství je nezbytné získat potřebné konkrétní znalosti a zkušenosti a také ekonomické představy.

Membránové procesy lze rozdělit podle různých kritérií:

Funkce membránových procesů nejčastěji užívaných v mlékárenství:

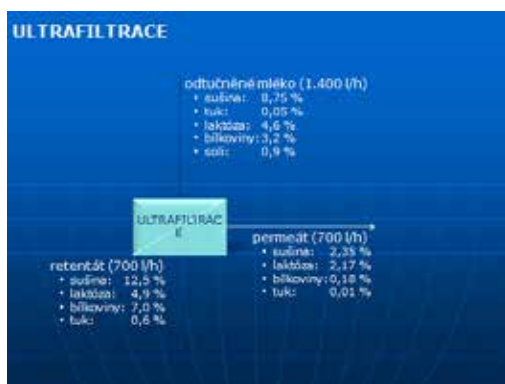
- Reverzní osmóza, tlakový rozdíl, 20 - 100 atp
Zadrží prakticky všechno co je větší než molekula vody, separace molekul vody, zahušťování, odsolování vody
- Nanofiltrace, tlakový rozdíl, 10 – 40 atp
Zadrží všechno co je větší než nízkomolekulární látky, projdou voda, některé minerální látky, zahušťování a částečná demineralizace
- Ultrafiltrace, tlakový rozdíl, 1-10 atp
Zadrží velké molekuly – bílkoviny, projde voda, minerální látky, laktóza, koncentrace vysokomolekulárních látek
- Mikrofiltrace tlakový rozdíl, do 0,4 atp
Zadrží mikroorganismy, viry, pevnou látku suspenze, olejovou látku emulze, sterilace, koncentrace emulzí, suspenzí
- Elektrodialýza, rozdíl elektrických potenciálů, Oddělí el. nabitě části molekul, odsolení

Nejběžnější využití membránových procesů v mlékárenství:

- Mikrofiltrace - Separace mikroorganismů / solné lázně, prvovýroba - falšování/
- Ultrafiltrace mléka - standardizace mléka pro výrobu sýrů, výroba tvarohů, koncentráty všech bílkovin mléka, permeát – voda, laktóza, min. l.
- Ultrafiltrace syrovátky – koncentráty syrovátkových bílkovin, permeát - totéž
- Nanofiltrace – koncentrace, částeč. odsolení syrovátky, - permeát – voda s obsahem min. l., laktózou, o. kyselinami
- Reversní osmóza, zahušťování syrovátky, mléka
- Elektrodialýza – odsolení syrovátky, permeát – slaná voda
- Kombinace různých membránových procesů - mikrofiltrace ultrafiltrace, elektrodialýza – fermentační procesy, bioreaktory, fermentace syrovátky, Např. organické kyseliny / kyselina mléčná, propionová,/

Materiálové bilance nejčastěji využívaných membránových procesů v mlékárenství dávají představu o množstvích zpracovávaných surovin a produktů a koncentracích jednotlivých jejich složek.

Příkladem je ultrafiltrace mléka, kdy je získán retentát - koncentrát všech bílkovin mléka a permeát neobsahující již žádné bílkoviny, jen zdánlivé bílkoviny – nebílkovinný dusík.



Dalším bilančním příkladem je mikrofiltrace syrovátky využitá jako studená sterilace syrovátky:



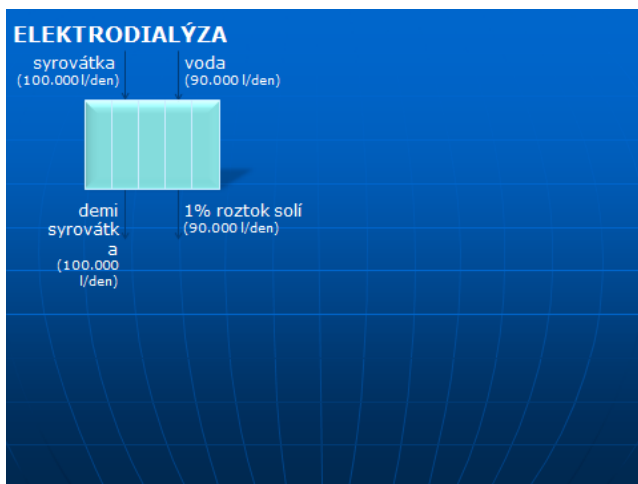
Příklad využití nanofiltrace dokládá, že při nanofiltraci syrovátky dochází k jejím částečnému odsolení:



Bilanční příklad reversní osmózy ukazuje, že permeát obsahuje jen stopová množství složek syrovátky a že dochází tak prakticky jen ke koncentraci sušiny, odstraňování vody – zahušťování.



Bilanční příklad elektrodialýzy ukazuje, že při odsolování syrovátky touto metodou dochází k odstranění zvoleného množství minerálních látek, například 80%, a že k tomuto procesu je potřeba přibližně stejné množství čisté pitné vody jako je zpracovávané množství syrovátky a že zároveň vzniká stejné množství koncentrátu o koncentraci solí přibližně 1 %, kam odstraněné soli ze syrovátky přešly.



Cíl výzkumného projektu

Výzkumný projekt „Nové technologické postupy s využitím membránových procesů poskytující nové potravinářské produkty se zlepšenými nutričními a uživatelskými vlastnostmi, s evidenčním číslem QJ1510341 byl součástí programu KUS Národní agentury pro zemědělský výzkum MZe.

K řešení projektu se sdružil projektový tým dvou výzkumných organizací - VÚM s.r.o. a MemBrain s.r.o. a čtyř potenciálních realizátorů výsledků průmyslových podniků Zeelandia spol. s r.o., Moravia Lacto a.s., Bohušovická mlékárna, a.s., MILCOM a.s.. Česká technologická platforma

PK ČR a Česká membránová platforma, z.s. v projektovém týmu měly roli šířitelů výsledků.

Celkovým cílem projektu byl výzkum a vývoj nových technologií a receptur vybraných potravinářských produktů s využitím membránových procesů, mikrofiltrace, ultrafiltrace, elektrodialýzy. Řešení bylo rozděleno do třech dílčích cílů.

1. **Dílčí cíl:** Navrhnout technologie s využitím membránového procesu mikrofiltrace a stanovit recepturu nového pekárenského přípravku a jeho využití pro prodloužení trvanlivosti vybraných druhů pečiva a pro zvýšení jeho nutriční hodnoty.

2. **Dílčí cíl:** Navrhnout technologie elektrodialýzy pro zpracování/úpravu různých typů demineralizované syrovátky z výroby sýrů a tvarohů. Součástí cíle bylo zkoumat a navrhnout využití resp. likvidaci odpadního proudu vodného roztoku solí a navrhnout k tomu určené technologie. Je to předmětem referátu na této konferenci a článku v tomto sborníku.

3. **Dílčí cíl:** Stanovit receptury potravin na bázi mléka a koncentrátů syrovátkových bílkovin a koncentrátů všech bílkovin mléka s využitím ultrafiltrace.

Dílčí cíl 1 prověřil využití mikrofiltrace

Dílčí cíl 1 prověřil využití mikrofiltrace ke sterilaci syrovátky, jako fermentačního média pro výrobu preparátu s antifungálními vlastnostmi. Byly vybrány vhodné mikrobiální kmeny vhodné k produkci organických kyselin s převahou kyseliny propionové, které mají antifungální účinek. Fermentovaná syrovátka těmito kmeny pak byla prověřována jako antifungální preparát. Tento efekt byl prověřen jak modelově, tak poloprodučně k prodloužení trvanlivosti pekárenského výrobku – toustového chleba s významnou spoluprací s průmyslový partnerem Zeelandia. Receptura antifungálního preparátu byla ochráněna užitným vzorem a celý výrobní postup byl koncipován do tzv. Ověřené technologie a oba tyto materiály jsou jako podklad pro využití ve výrobě předány potenciálnímu uživateli Zeelandia. Na následujícím schématu je znázorněn výrobní postup

získání preparátu s antifungálním účinkem uplatňující mikrofiltraci ke studené sterilaci syrovátky.

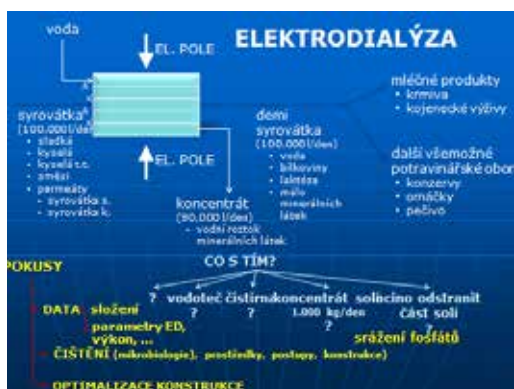


Na následujících obrázcích je zachyceno laboratorní mikrofiltrační zařízení a nádoby využívané jako fermentory.



Dílčí cíl 2 prověřil využití elektrodialýzy k odsolení syrovátky

V dílčím cíli 2 byly prověřovány optimalizace konstrukce elektrodialyzačního zařízení a byly prověřovány a zkoušeny parametry elektrodialýzy z různých typů syrovátek, především kyselá syrovátka, protože ta působí svým charakterem a složením nejvíce problémů. Byly také nalezeny možnosti úprav odpadního vodního roztoku solí z elektrodialýzy. Byl navržen způsob srážení a odstranění fosfátů z koncentráту s cílem snížit obsah minerálních látek koncentráту, aby byla umožněna jeho likvidace v odpadních vodách.



Dílčí cíl 3 prověřil využití ultrafiltrace kyselá syrovátka

V dílčím cíli 3 byly prověřeny možnosti získání koncentráту syrovátkových bílkovin z různých typů syrovátky, především kyselá z výroby termotvarohu a z koncentráтů všech bílkovin mléka z odtučněného mléka. Byly získány optimalizované provozní parametry ultrafiltrace. Získané koncentráты syrovátkových bílkovin byly použity pro laboratorní a provozní výrobu tvarohů a jogurtů a jogurtů řeckého typu. Receptury těchto mléčných produktů ze směsi mléka a retentátů syrovátky nebo mléka jsou ochráněny užitným vzorem a výrobní postupy jsou popsány formou ověřené technologie, přičemž jsou tyto výrobní podklady předány potenciálnímu realizátorovi Bohušovická mlékárna a.s.

Průběh ultrafiltrace

Ultrafiltrace syrovátky z termotvarohu byla prováděna s cílem získání retentátu o sušině 8-9 %, přibližně rovné sušině odtučněného mléka. To vyplývalo z doporučení z předcházejících laboratorních pokusů (Binder, 2018, Roubal, 2017, Roubal, 2016, Roubal, 2015) a z cíle dalšího využití retentátu k přípravě mléčné směsi složené z 90 % odtučněného mléka a 10 % retentátu pro výrobu jogurtů a termotvarohů.

Tato syrovátka obsahuje již menší množství syrovátkových bílkovin, viz schémata 1 a 2 výroby klasického tvarohu (schéma 1) a termotvarohu (schéma 2), protože vysokou pasterací mléka a termizací koagulátu před odstředěním tvarohoviny je do termotvarohu zachycena část syrovátkových bílkovin, jak je patrné z následující tabulky.

Ultrafiltrace syrovátky z termotvarohu	pH	Sušina Suš.	Syr. Bílkoviny s.b.	NBB** n.b.
kyselá syrovátka z termotvarohu	4,32	6,6	0,43	0,15
retentát	3,74	9,4	3,4	0,15
permeát	4,27	6,0	0,15	0,15

*analyzátor DairySpec FT

**nebílkovinný dusík po přepočtu na bílkoviny faktorem 6,38

V průběhu ultrafiltrace bylo stanoveno složení vstupujících a vystupujících proudů a pro případnou optimalizaci procesu byly sledovány parametry procesu, jako jsou aktuální průtoky permeátu, objem permeátu, teplota retentátu, tlak před a za membránou (Roubal 2017). Vzhledem k požadavku dosáhnout sušiny mléka minimálně 8 %, bylo zpracováno v poloprovozních pokusech alespoň 350 l syrovátky a v provozních pokusech pro výrobu

pokusného jogurtu a tvarohu 6 000 – 10 000 l syrovátky z termotvarohu, aby bylo získáno dostatečné množství retentátu pro další pokusy výroby termotvarohu a jogurtu s retentátem.

Teplota syrovátky během transportu a skladování před ultrafiltrací byla od 25 do 10 °C po dobu ne delší než 12 hodin. Žádné předúpravy nástřiku (filtrace, odstředění, změna pH) nebyly prováděny. Teplota během ultrafiltrace byla udržována tak, aby nepřesáhla 50 °C a nedošlo tak k denaturaci přítomných syrovátkových bílkovin. Zvýšená teplota v rozmezí 40 - 50 °C je výhodná z hlediska nižší viskozity, tím pádem vyšší rychlosti filtrace a vyšší hodnoty redukovaného objemu (Belhamidi S., 2015).

Retentát i permeát včetně zádrže zařízení byly při poloprovozních pokusech zváženy. Při provozních pokusech objemově odměřeny co nejpřesněji, jak to v provozních podmínkách bylo možné. (Roubal, 2016, Roubal, 2017). Retentát byl co nejrychleji zchlazen, zmražen a skladován při -18 °C, aby byl připraven pro laboratorní výrobu jogurtů a tvarohů.

Při provozních pokusných výrobách jogurtů a tvarohů byl v co nejkratší době použit pro přípravu mléčné směsi 90 % odtučněného mléka a 10 % retentátu.

Ultrafiltrace syrovátky nebo mléka byly prováděny na poloprovozních a provozních zařízeních na následujících obrázcích.



Poloprovozní pilotní ultrafiltrační stanice



Provozní ultrafiltrační stanice (zásobní tank na surovinu a retentát, membránové jednotky)



Odměrná nádoba na permeát

Pokusná laboratorní a provozní výroba jogurtu a termotvarohu

Technologický postup pokusné laboratorní a provozní výroby temotvarohu podle Schématu 3

- Příprava směsi 90 % odtučněného mléka a 10 % retentátu
- Pasterace směsi 85 °C/6 min
- Zchlazení na 28 °C
- Očkování – mezofilní laktokoková kultura CCDM 1 (1 %)
- Po 120 min zasýření syřidlovým preparátem (0,9 ml/1000 g směsi)
- Fermentace, srážení při 28 °C do pH 4,4, 17 – 18 h.
- Pokrácení (v provozním pokusu rozmíchání) sraženiny
- Termizace při 65 °C/3 min
- Zchlazení na 42 °C
- Odkapání v laboratorním pokusu, v provozním pokusu odstředění

Kontrolní výroba probíhala dle Schématu 2.

Technologický postup pokusné laboratorní a provozní výroby jogurtu podle Schématu 9. Příprava směsi (90 % odtučněné mléko a 10 % retentát, 90 % této směsi a 10 % sušené odtučněné mléko) na celkovou sušinu 18 %

- Pasterace směsí 92 °C/5 min
- Zchlazení na 30 °C
- Očkování jogurtovou kulturou CCDM 176 (1 %)
- Fermentace při 30 °C do pH 4,4 (17 – 18 hod)

Kontrolní výroba probíhala dle Schématu 8.

Laboratorní výroby tvarohu byly prováděny v objemech přibližně 5 l zpracované mléčné směsi tak, aby vznikal tvaroh o přibližném množství 1 kg, přičemž byly vždy prováděny kontrolní laboratorní výroby, kdy surovinou nebyla mléčná směs, ale jen mléko.

Provozní pokusná výroba termotvarohu byla provedena v objemu 10 000 l zpracované směsi (90 % odtučněného mléka a 10 % retentátu), což bylo minimální množství, které bylo možné zpracovat na provozním zařízení: paster mléka (mléčné směsi) s kapacitou 10 000 l/hod, fermentační tank o objemu 15 000 l, tvarohářská odstředivka Westfalia s kapacitou 1500 - 3000 kg/hod, přičemž vzniklo 1670 kg pokusného termotvarohu. Normálně vyráběný termotvaroh ze stejného mléka a ve stejný den byl považován za kontrolní výrobu pro porovnání složení, především však pro porovnání senzorických vlastností a vaznosti vody, resp. uvolňování syrovátky. Vážením a výpočtem bylo zjištěno, že bylo vyrobeno z 10 000 l odtučněného mléka 1598 kg termotvarohu.

Laboratorní pokusy výroby jogurtu byly prováděny v objemech 5 l zpracovávané směsi. Vždy byly prováděny kontrolní laboratorní výroby, kdy surovinou nebyla mléčná směs, ale jen mléko.

Provozní výroba jogurtu byla provedena v objemu 3 000 l, na provozním zařízení: fermentační tank 5000 l a jogurtový pastér 1500 l/hod.

Všechny vstupní a výstupní proudy jak při poloprovozní, tak při provozní ultrafiltraci syrovátky z výroby termotvarohu byly objemově a váhově změřeny a bylo stanoveno jejich složení potřebné pro sestavení materiálových bilancí (viz schémata dále).

Stejně byly váhově změřeny všechny vstupní a výstupní proudy z laboratorních výrob a provozních výrob jogurtů a termotvarohů, včetně kontrolních, a bylo stanoveno jejich složení potřebné pro sestavení materiálových bilancí (viz schémata dále).

Pro sestavování bilancí byly uplatněny následující předpoklady:

1/ Složení odtučněného mléka je ve všech případech stále stejné za předpokladu obsahu tuku 0 %.

2/ Složení syrovátky z termotvarohu, složení retentátu a permeátu je uvažováno dle Tabulky 1.

3/ Použitá a uvedená data v bilancích byla získána pomocí vyhlazení příspěvků nejistot jednotlivých měření.

Je potřeba zdůraznit známý fakt, že obsah syrovátkových bílkovin v syrovátce je stanovován, presentován a uvažován jako celkový přepočtený dusík. Literatura a nakonec naše uvedené výsledky v Tabulce 1 vykazují, že tento celkový přepočtený dusík zahrnuje dusík obsažený i v nebílkovinných látkách (např. močovina) a v nízkomolekulárních bílkovinných látkách, které procházejí ultrafiltrační membránou. Obsah syrovátkových látek v syrovátce tak může být přibližně o třetinu nadhodnocován. V tomto příspěvku a bilancích je obsah syrovátkových bílkovin součtem skutečných syrovátkových bílkovin a tzv. přepočteného nebílkovinného dusíku jak je uvedeno v již zmiňované Tabulce 1.

Přes určitá zjednodušení nám to dává možnost srovnat navrhované postupy s nyní běžně používanými postupy ve výrobě jogurtů a tvarohů a porovnat je bilančně i s jinými možnými výrobními postupy s využitím ultrafiltrace.

Bilanční výsledky a jejich diskuse

Pokusná ultrafiltrace syrovátky z termotvarohu

Ultrafiltrace syrovátky z termotvarohu je bilančně popsána na Schématu 1. Složení jednotlivých vstupujících a vystupujících proudů vyplynulo z analýz, viz Tabulka 1.

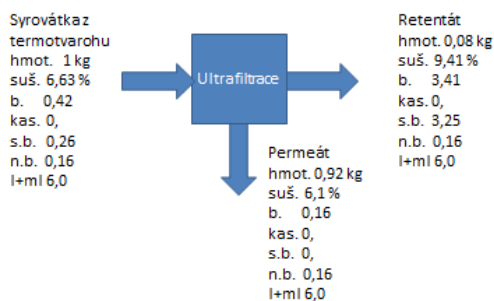
Při dosažení sušiny a obsahu bílkovin v retentátu blízké sušině odtučněného mléka, viz Tabulka 1, byl získán retentát o hmotnosti 0,08 hmotnosti nástríku, tj. o hmotnosti 1/12 až 1/13 nástríku a permeát o odpovídající hmotnosti 0,92 hmotnosti nástríku.

V následujících schématech jsou používány tyto zkratky:

hmot.:	hmotnost
suš.:	celková sušina
b.:	celkové bílkoviny = s.b. + n.b.
kas.:	kasein
s.b.:	syrovátkové bílkoviny (zachytitelné ultrafiltrací do retentátu)
n.b.:	nebílkovinné látky
l.+ml.:	laktóza a minerální látky
SOM:	sušené odtučněné mléko

Schéma 1

POKUSNÁ ULTRAFILTRACE SYROVÁTKY Z TERMOTVAROHU



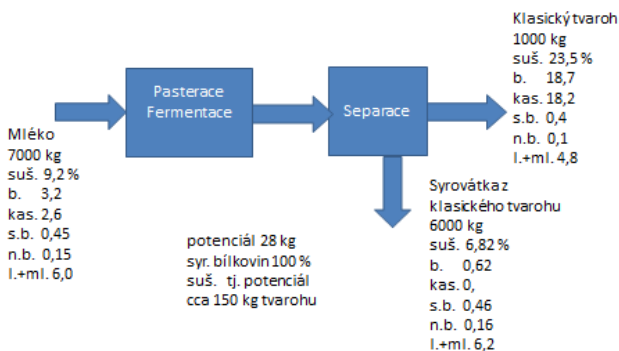
Využití retentátu z ultrafiltrace syrovátky z termotvarohu

Klasický tvaroh

Pro ilustraci uvádíme schéma 2 a schéma 3, která prezentují příklady bilancí výroby klasického tvarohu a termotvarohu o sušině 23,5 %, přičemž bilance je vypočtena pro výrobu 1000 kg tvarohu. Při výrobě klasického tvarohu s uvedenými parametry, se v syrovátce, jakožto vedlejším produktu, nevyužije na 1000 kg tvarohu 28 kg syrovátkových bílkovin o sušině 100 %, což představuje potenciál přibližně 50 kg tvarohu o sušině 20%.

Schéma 2

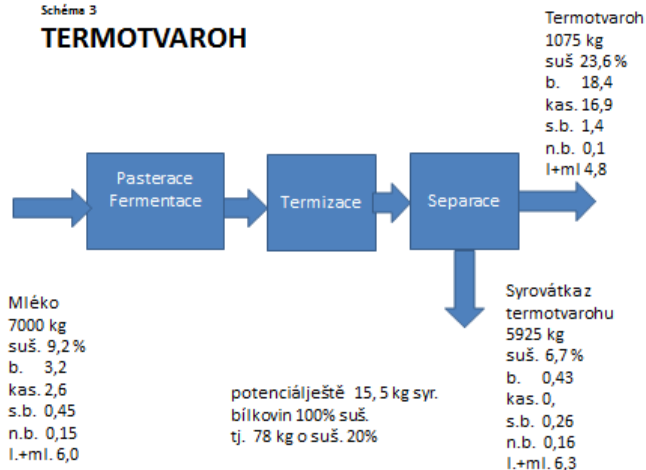
KLASICKÝ TVAROH



Termotvaroh

Aby se výtěžnost výroby tvarohu zvýšila, byla zavedena výroba takzvaného termotvarohu, kdy zvýšeným tepelným zatížením při pasteraci mléka a následnou termizací vysrážené tvarohoviny před separací syrovátky, jak je popsáno výše, dojde k vysrážení, resp. denaturaci více syrovátkových bílkovin.

Schéma 3

TERMOTVAROH

Přesto nejsou ve vzniklém termotvarohu zachycené všechny syrovátkové bílkoviny a zčásti odcházejí v syrovátce z termotvarohu, jak je uvedeno v Tabulce 1 a ve schématu 3. Dle našich výsledků lze konstatovat, že v termotvarohu je zachycena přibližně jen polovina z celkového množství, které je obsaženo v mléce. V termotvarohu je tedy oproti 1000 kg původního klasického tvarohu zachyceno 12,5 kg syrovátkových bílkovin, což představuje potenciál přibližně 75 kg tvarohu a zvýšení výtěžnosti o přibližně 7 %.

V syrovátce z termotvarohu však odchází ještě přibližně 15,5 kg syrovátkových bílkovin na přibližně 1000 kg termotvarohu o sušině 100 %, což představuje potenciál dalších 78 kg tvarohu o sušině 20 %.

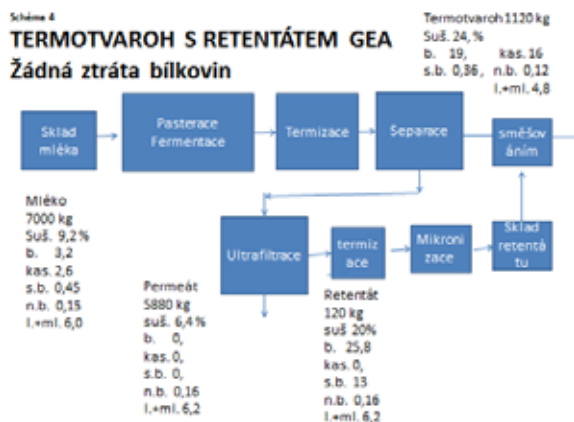
Využitím ultrafiltrace ve výrobě tvarohu lze různým jejím zapojením do procesu výroby zachytit veškeré syrovátkové bílkoviny. Nutno však konstatovat, že pro některá uspořádání mohou vznikat tvarohy, retentáty, koncentráty všech bílkovin mléka, které se nebudou příliš odlišovat od

stávajícího odstředivkového tvarohu, ale pro jiná se budou odlišovat především nižším obsahem sušiny a bílkovin.

Tam, kde je zavedena výroba termotvarohu, lze výtěžnost jeho výroby zvýšit uplatněním ultrafiltrace k získání retentátu, koncentráту syrovátkových bílkovin, který je inkorporován do výroby termotvarohu. Zachycením dalších 15,5 kg syrovátkových bílkovin o sušině 100 %, tedy dalších 78 kg pokusného termotvarohu na 1 075 kg termotvarohu, je možné zvýšit výtěžnost o dalších přibližně 7 %.

Termotvaroh s retentátem (GEA)

Firma GEA navrhla způsob (GEA, 2014) uvedený na Schématu 4 tak, aby byl získán retentát o sušině blízké tvarohu, který je pak podroben vysokému ohřevu za účelem denaturace syrovátkových bílkovin a jejich následné mikronizaci.



Tento způsob výroby termotvarohu navrhovaný GEA může doplňovat stávající zařízení pro výrobu termotvarohu zařízením ultrafiltrace o příslušné kapacitě, a ještě zařízením pro vysoký záhřev a mikronizaci. Zařízení poskytuje tvaroh srovnatelných senzorických vlastností jako tvaroh vyrobený běžnou technologií termotvarohu. Nejsou žádné ztráty bílkovin v retentátu a výtěžnost výroby se ve srovnání se stávající výrobou termotvarohu zvýší o 9 %.

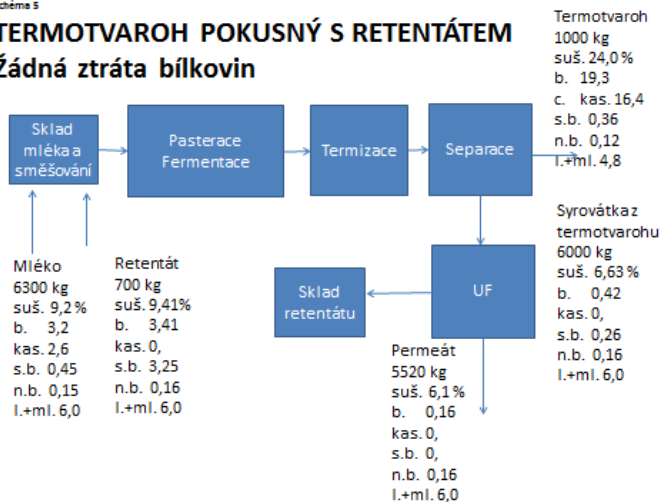
Pokusný termotvaroh s retentátem

V rámci zmíněného projektu jsme předpokládali uplatnění výše uvedené hypotézy, navrhli jsme a laboratorně a provozně odzkoušeli (Binder 2018) způsob výroby termotvarohu s vyšší výtěžností popsany na schématu 5.

Schéma 5

TERMOTVAROH POKUSNÝ S RETENTÁTEM

Žádná ztráta bílkovin



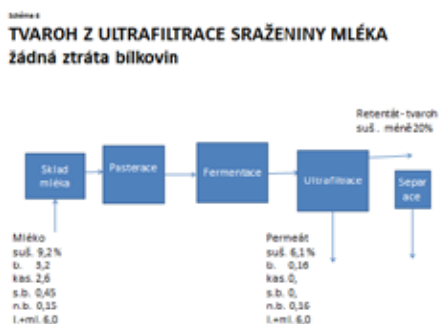
Tento způsob výroby termotvarohu vyžaduje jen uplatnění ultrafiltrace stejného typu a kapacity jako výše uvedený způsob GEA. Nevyžaduje žádné další doplňující zařízení. Poskytuje tvaroh srovnatelných sensorických vlastností jako tvaroh vyrobený běžnou technologií termotvarohu. Nejsou žádné ztráty bílkovin v retentátu. Vyšší výtěžnost výroby termotvarohu dána tím, že na výrobu 1000 kg je použito 6300 kg mléka a 700 kg mléka je nahrazeno 700 kg retentátu.

Tvaroh z ultrafiltrace sražené tvarohoviny

Jak bylo zmíněno v úvodu, existuje i způsob výroby tvarohu, který také využívá veškeré bílkoviny mléka, včetně všech syrovátkových, a je založen na ultrafiltraci sraženiny tvarohoviny, jak naznačuje schéma 6.

Je pravděpodobné, že poskytuje retentát – tvaroh o sušině pod 20 %, protože obvykle ultrafiltrační procesy v mlékárenství pracují efektivně s maximálními koncentracemi permeátů do této hodnoty.

Zvláště v tomto případě to může být způsobeno obtížnějším sdílením hmoty (tekuté fáze) k membráně a přes membránu. Pro získání tvarohu s vyšší sušinou je pak možné zařadit ještě dodatečnou separaci tekuté fáze, syrovátky, resp. permeátu, odlisování odkapání atp.



Tvaroh z retentátu z ultrafiltrace mléka

Navrhli jsme a laboratorně odzkoušeli výrobu termotvarohu s využitím ultrafiltrace pro získání retentátu o sušině blízké sušině tvarohu 20 % a jeho fermentaci na sraženinu, která svým složením a senzorickými vlastnostmi byla velmi blízká tvarohu dle schématu 7. Vazba vody tohoto produktu byla velmi dobrá – syrovátka nebyla uvolňována. Nevyskytují se žádné ztráty bílkovin v retentátu. Vyšší výtěžnost výroby termotvarohu je dána využitím všech bílkovin mléka.

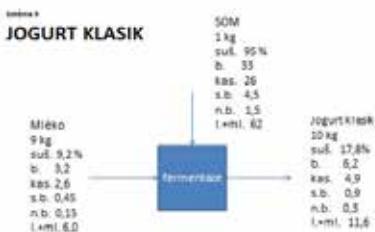
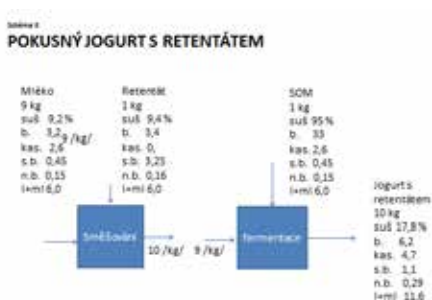


Výroba jogurtu s využitím retentátu z ultrafiltrace syrovátky z termotvarohu

V následující části tohoto příspěvku je shrnuto a prezentováno ověření hypotézy, že lze využít retentát z ultrafiltrace syrovátky z termotvarohu o sušině a obsahu bílkovin blízkých sušině a obsahu bílkovin mléka k výrobě jogurtu tak, že jogurt bude vyroben ze směsi 90 % odtučněného mléka a 10 % retentátu a 90 % této směsi bude doplněno 10 % sušeného odtučněného mléka. Laboratorně a provozně byl vyroben pokusný jogurt dle Schématu 8 a kontrolní jogurt dle Schématu 9.

Pokusné i kontrolní jogurty a byly shodné senzorické kvality a velmi podobného složení. Vaznost vody, resp. syrovátky, byla u pokusného jogurtu lepší než u kontrolního.

Při této výrobě je uspořeno 10 % množství mléka, které je s výhodou nahrazeno retentátem. Cena retentátu se odvíjí od minimální nebo nulové, či dokonce záporné ceny syrovátky z termotvarohu, osobních a provozních nákladů a odpisů ultrafiltračního zařízení. Kvalifikovaným odhadem bylo stanoveno, že cena retentátu je blízká polovině ceny mléka.



Závěr

Laboratorními a provozními pokusy bylo ověřeno, že ultrafiltrací syrovátky z termotvarohu lze získat retentát o sušině a obsahu bílkovin blízkých sušině odtučněného mléka. Tento retentát lze použít ke smísení s mlékem v poměru blízkém 90 % odtučněného mléka a 10 % retentátu a tuto směs použít k výrobě termotvarohu nebo výrobě jogurtu, čímž budou využity veškeré bílkoviny mléka pro výrobu termotvarohu.

Pokusně získaný termotvaroh a jogurt s využitím retentátu poskytují srovnatelné senzorické vlastnosti jako kontrolní termotvaroh a jogurt. Vaznost vody, resp. syrovátky, je v těchto pokusných produktech stejná nebo lepší než u kontrolních produktů.

Laboratorně a provozně ověřené postupy vyžadují ve srovnání s jinými provozovanými nebo navrhovanými postupy doplnění zařízení na výrobu termotvarohu pouze o zařízení ultrafiltrace odpovídající kapacity.

Při této ultrafiltraci syrovátky nebo mléka vzniká zároveň permeát, jehož množství se blíží množství ultrafiltrované syrovátky nebo mléka, přičemž tento permeát obsahuje jen laktózu a minerální látky a je potřebné uvažovat o jeho využití nebo likvidaci.

U ověřených postupů lze očekávat i ekonomické efekty, jak je naznačují zmíněné práce (Roubal 2017).

Literatura:

Belhamidi S., Larif M., Quabli H., Elghizel S., Jalte H., Chouni S., Elmidaoui A.: Study the performance of the organic membrane ultrafiltration on whey treatment., IJEAS, Volume 2, Issue 9, 2015.

Binder M., Drbohlav, J, Jarmar J., Pechačová M., Mlékařské listy 2018, 286 str. 6.

GEA Process Engineering s.r.o., CZ, Quotation, 2014.

Nielsena P.S.: Membrane Filtration for Whey Protein Concentrate, Marketing bulletin APV Pasilac AS, 1988.

Roubal a kol., 2014, Plán projektu 2014,QJ1510341 MZe, NAZV.

Roubal a kol., 2015, Periodická zpráva projektu zas rok 2015,QJ1510341 MZe, NAZV.

Roubal a kol., 2016, Periodická zpráva projektu zas rok 2016,QJ1510341 MZe, NAZV.

Roubal a kol., 2017, Periodická zpráva projektu zas rok 2017,QJ1510341 MZe, NAZV.

Vyhláška č. 397/2016 Sbírky zákonů.

Vyhláška č. 124/2004 Sbírky zákonů.

Kontaktní adresa:

Ing. Jan Drbohlav, CSc., VÚM s.r.o., Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6, tel. 00420 235 354 551, mobil: 602 163 295

Dedikace:

Dosažené výsledky byly získány za podpory výzkumu v rámci programu KUS NAV, MZe, v projektu „Nové technologické postupy s využitím membránových procesů poskytující nové potravinářské produkty se zlepšenými nutričními a uživatelskými vlastnostmi“ QJ1510341.

3 Současné trendy výzkumu a vývoje cereálních výrobků

Lucie Jurkaninová, Marcela Sluková, Ivan Švec a Pavel Skřivan

VŠCHT Praha, Ústav sacharidů a cereálií

Technická 5, 166 28 Praha

e-mail: marcela.slukova@vscht.cz

Cereální chemie a technologie se stále vyvíjí, tak jak se vyvíjí základní vědní obory a technologické postupy. Vývoj v cereální oblasti posledních let je však ovlivněn různými pohledy a názory na obiloviny a jejich roli v lidské výživě. Nadbytek energie ve formě obilného škrobu může způsobovat zdravotní komplikace (nadváha, obezita, cukrovka, srdečně-cévní onemocnění). Problém ve stravě však nepředstavuje samotný škrob, ani obiloviny a jejich výrobky, ale změna životního stylu (nedostatek pohybu a fyzické námahy, nadměrný příjem energie) v porovnání s životním stylem lidí v minulém století.

Obiloviny sloužily a slouží především jako zdroj energie a to ve velmi dostupné formě. Obilné mouky a další produkty obsahují 70-80 % škrobu. Polysacharidu, který je velmi snadno a rychle resorbován a metabolizován a jeho energetická hodnota činí 17 kJ/g. V situaci, kdy je energetická bilance deficitní, jsou tak obiloviny jejím vynikajícím a obtížně nahraditelným zdrojem. Ostatně teprve v neolitu, když se první obiloviny (pšenice a ječmen) začaly systematicky pěstovat, došlo k počátku mohutného nárůstu lidské populace. Obiloviny tento nárůst umožnily. V současné době v globálním měřítku dominují z hlediska produkce kukuřice, pšenice a rýže. Kukuřice se pěstuje více než miliarda tun ročně, rýže a pšenice přes 700 milionů tun. Z hlediska potravinářského zpracování se na první místo v posledních letech posunula pšenice se 450 miliony tun před rýží (370 mil. tun) a kukuřicí (120 mil. tun).

V situaci, kdy je energie přebytek, se tato jejich výhoda může oprávněně jevit jako problém. Glykemický index (GI) bílého (světlého) pšeničného pečiva, dominantní skupiny cereálních produktů ve vyspělém světě, je 70 (čistá glukosa má hodnotu rovnu 100). Navíc pšeničné (žitné, ječné) prolaminy dnes souhrnně označované jako lepek, jsou pro významnou část populace nepříjemné. Celiakii trpí v ČR 0,5-1 % populace, další jednotky procent pak alergiemi a dalšími formami nesnášenlivosti.

Problematika lepku není zdaleka vyřešena, ale dostává racionální podobu. Rozšíření nabídky bezlepkových potravin pro celiaky, pacienty trpící dalšími formami nesnášenlivosti lepku i pro ty, kteří lepek vynechávají ze svého jídelníčku (většinou dočasně), aniž by k tomu měli prokazatelný zdravotní důvod.

Problém, který je ale podstatně závažnější a zasahuje prakticky celou českou populaci, je výše zmíněná energetická bilance. Obiloviny stále tvoří základnu všeobecně přijímané výživové pyramidy a jsou většinou odborné veřejnosti stále považovány za základní složku naší stravy. Obiloviny nepřestanou být zdrojem energie, a to dostupným a snadno využitelným, ale v našem civilizačním prostředí je však, na rozdíl od většinového zbytku světa tato jejich role podstatně méně významná a v případě dostatečného příjmu energie z jiných (nutričně často mnohem problematičtějších) zdrojů, jakými jsou tuky a jednoduché sacharidy (cukry) obsažené v nápojích a dalších potravinách se stává spornou. Pokud kryjeme svůj denní příjem energie z mnoha rozmanitých zdrojů, na významu přibývají ostatní potenciální nutriční přínosy obilovin (složky vlákniny a její přidružené sloučeniny). Vláknina je různou měrou součástí prakticky všech potravinářských surovin rostlinného původu. Vláknina obilovin má své charakteristické složení (proměnlivé podle druhů a odrůd) i své charakteristické vlastnosti.

Vláknina se vyskytuje především v obalových a podobalových vrstvách obilovin. Vedle neškrobových polysacharidů, z nichž beta-glukany, arabinoxylany, fruktany a fruktooligosacharidy mají v převážné míře prokázané velmi pozitivní nutriční vlastnosti (působí příznivě v trávicím traktu, snižují glykemický index potravin, podporují rovnováhu ve střevním mikrobiomu a nepřímo mohou do jisté míry i pozitivně ovlivňovat hladinu cholesterolu a poměr HDL/LDL formy) a jejich biologická aktivita

je poměrně dobře prozkoumána (je formulována i ve zdravotních tvrzeních EFSA). Uvedené anatomické části zrna obsahují další široké spektrum látek, jako jsou polyfenoly, fenolické kyseliny, alkylresorcinoly, ale také proteiny a další složky aleuronové vrstvy, minerální látky, některé vitaminy, o jejichž nutričním přínosu již víme, nebo jej předpokládáme (antioxidační vlastnosti polyfenolů). Zároveň ale také víme o složkách (kyselina fytová), které mají antinutriční vlastnosti, o složkách, které jsou z hlediska jejich biologické aktivity sporné, nebo o ní nevíme vůbec. Obalové vrstvy jsou zároveň vždy větší měrou ohroženy kontaminací – zejména mykotoxiny nebo rezidui pesticidů.

Vedle toho, že zjevně nemáme zdaleka ucelený přehled o složkách obilovin a zejména jejich obalových vrstev a o jejich biologické aktivitě, druhou otázkou, kterou je třeba si klást, je, nakolik efektivně používané technologické postupy zpracování obilovin dokáží využít složky s evidentními nutričními benefity a naopak eliminovat ty, o jejichž negativních vlastnostech či dokonce toxicitě víme. Jak standardní technologické postupy mlýnského, pekárenského, pečivářenského, těstářenského průmyslu, tak další standardně používané technologie potravinářského zpracování obilovin nejsou zdaleka schopny ve všech případech plně a efektivně vytěžit nutričně přínosné složky a zároveň účinně odstranit rizikové faktory.

Nejrozšířenější obilovinou zpracovávanou na potravinářské produkty je a bezesporu také zůstane pšenice. V našem civilizačním prostředí je absolutně dominantní, vykazuje zcela jedinečné technologické vlastnosti, které jsou dány vlastnostmi pšeničného lepku (v původním technologickém slova smyslu). Důkazem je mimo jiné i to, že právě pšeničné proteiny představují nejvyšší podíl na celkovém krytí denní spotřeby proteinů v evropské populaci. Pravdou ovšem také je, že její zmíněná dominance v našich zemích a ve střední a severní Evropě, nemá dlouhou tradici. Pšenice zde vytlačila žito na okraj významu teprve v posledních padesáti letech.

Standardní mlýnské zpracování pšenice na světlé a chlebové mouky se dnes limitně blíží technologické dokonalosti. Stávající konfigurace mlýnských výrobních linek dosahuje výtěžnosti těchto mouk kolem 80 %, což odpovídá prakticky naprostému využití veškerého endospermu. Standardní mlýnská technologie po staletích vývoje dosáhla toho, k čemu šla od počátku,

vytěžení energeticky bohatého endospermu a odstranění obalových vrstev jako vedlejšího produktu, který se používal (a z významné části stále používá) jako surovina pro výrobu krmiv. Čili odstraňujeme prakticky všechny potenciálně nutričně významné složky mimo škrobu a nutričně neplnohodnotné bílkovinné složky. Zároveň poměrně účinně odstraňujeme veškeré látky, které by mohly představovat zdravotní riziko (samozřejmě s výjimkou lepku, který ale představuje riziko pouze pro několik procent populace). Zároveň tak ale získáváme nenahraditelnou surovinu pro výrobu standardního běžného a jemného pečiva, kvalitního pšeničného chleba středomořského typu, pro výrobu baget, pizzy či semolinových těstovin italského typu.

V pekárenské technologii je tak novou výzvou upravit receptury nejžádanějších druhů pekařských výrobků. Jedná se o snížení obsahu soli, cukru a živočišných (nasycených) tuků a omezení či vyloučení přídatných látek sloužících jako zlepšovací přípravky a stabilizátory. Proto se v pekárnách v poslední době i u nás v Česku objevuje (znovuobjevuje) nepřímé vedení pšeničných těst a začínají se používat také pšeničné kvasné stupně (omládky) a pšeničné kvasy.

Standardní mlýnské zpracování žita je velmi podobné jako u pšenice ovšem s tím rozdílem, že podobalové vrstvy nelze oddělit tak dokonale a že i v žitném endospermu se vyskytuje relativně vysoký obsah arabinoxylanů. Čištění a odstranění většiny prakticky veškerého osemení a oplodí je však stejně účinné jako u pšenice, proto i zde je dekontaminace velmi efektivní. Žitné chlebové mouky jsou tak oproti pšeničným nejen čistým zdrojem energie, ale právě díky obsahu arabinoxylanů přinášejí i další nutriční benefit.

Výroba žitnopšeničného a pšeničnožitného chleba je u nás sice na podstatně nižší kvantitativní úrovni než dříve, ale její perspektivy nemusejí být špatné. Je chybou se domnívat, že by mohlo dojít k nějakému masivnímu návratu „tradičního“ žitnopšeničného chleba s obsahem 55 % (i více) žitné mouky, kde veškerý žitný podíl prošel prokvašením v třístupňovém režimu vedení kvasu.

Pro většinu dnešních zejména mladších konzumentů u nás je tento chléb příliš hutný, příliš kyselý, neodpovídá jejich představám. Zadrugé tato technologie výroby kvasového chleba je pouze jednou z možných. A právě proto vidíme perspektivu výroby chleba s žitným kvasem relativně optimisticky. Moderní technologie výroby a vedení kvasů poskytují obrovské možnosti výroby širokého spektra různých chlebů a pečiva, jehož součástí větší či menší měrou bude žito.

Podkladem pro tuto naději je sousední a nám kulturně velmi blízké Německo, které si po jistém zakolísání udrželo výrobu žitných chlebů a dosahuje i vzestupu a odkud k nám tyto technologie v posledních desetiletích úspěšně pronikají. A opět, jako v případě pšenice – čím více se bude rozvíjet sortiment kvasových chlebů a čím méně bude na trhu chleba vyrobeného přímým vedením pouze s přidavky okyselujících přípravků, tím lépe.

Na rozdíl od zmíněného Německa je u nás žito dnes již na hranici toho, co by bylo možné nazvat minoritní obilovinou. Ale existuje i řada dalších minoritních obilovin, které mají v našich zemích tradici a šanci se do jisté míry navrátit. Jedná se o ječmen, oves, proso a pseudoobilovinu pohanku.



Ječmen dvouradý - klasy



Ječmen bezpluchý - klasy



Ječmen – bezpluchý, jarní, odrůda AF Cesar, uvolněná zrna z pluch



Ječmen – bezpluchý, jarní, odrůda AF Cesar, detail zrna a zárodku



Proso – bezlepková obilnina



Proso – zrno



Zařízení na peeling zrna



Moderní odírací stroj ve mlýně



Standardní válcová stolice ve mlýně



Úderový mlýn s vertikální osou rotace



**Sada zařízení na výrobu pšeničných
a žitných kvasů**



**Sada fermentorů
(„aromatechnologie“)**

Pracovní skupina „Obiloviny v lidské výživě“ při ČTPP PK ČR vznikla transformací a rozšířením pracovní skupiny, která nesla název „Renesance ječmene v lidské výživě“. V roce 2015 jsme se věnovali převážně tématice lepku, v roce 2016 moderním trendům v cereální technologii a v roce 2017 sacharidům, vláknině a celozrnným moukám. Jde o to, co učinit na poli vědy a výzkumu, vzdělávání a technologického rozvoje pro to, aby se potenciál širšího spektra obilovin a širšího spektra cereálních potravinářských výrobků s nutričními benefity nad rámec pouhého energetického zdroje dostal ke konzumentům a především jimi byl přijat.

Skupina bude dále sledovat a reagovat na požadavky současné cereální vědy, výzkumu a praxe. V oblasti mlýnské technologie budou testovány a optimalizovány postupy používané při primárním zpracování obilovin a pseudoobilovin, jak ve fázi přípravy zrna k mletí, tak i během dezintegračního procesu. Bude sledován vliv různé formy hydrotermické úpravy zrn, vliv povrchové úpravy nebo techniky dezintegrace zrna a jejich modifikace na kvalitu a obsah nutričně významných látek. Výzkum bude zaměřen na sledování změn vlastností látek sacharidové povahy, zejména změny složek vlákniny a látek vláknině přidružených (polyfenoly). Bude hodnocena jejich biologická dostupnost a fyziologická využitelnost v připravených mlýnských produktech. Budou testovány a hodnoceny nové postupy fermentačního zpracování vybraných plodin (zejména řízené biotechnologické postupy) při znalosti dějů probíhajících na mikrobiální a molekulární úrovni. Bude probíhat vývoj a analýzy výrobků s přísadami fermentačních produktů, výrobků na bázi chleba, běžného pečiva, trvanlivého pečiva a snack výrobků. Významnou koncovkou bude komplexní zhodnocení po stránce senzorické a výživové a zhodnocení vlivu tepelných procesů na obsah, dostupnost a využitelnost výživově prospěšných a bioaktivních látek cereálních výrobků.

Použitá literatura:

Bajerová E., Gabrovská D., Havelková D., Havelková V., Hrušková M., Jurkaninová L., Polišenská I., Sluková M. - editorka, Vaculová K., Faměra O., Jirčík L., Příhoda J., Skřivan P. - editor, Švec I. Tláškal P. (2016): Obiloviny v lidské výživě 2016. Moderní trendy v mlýnské a pekárenské výrobě. ISBN 978-80-88019-16-9.

Blažková L., Gabrovská D., Hrušková M., Jurkaninová L. - editorka, Málková H., Mandová A., Pinkrová J., Sluková M. - editorka, Vaculová K., Winterová R., Faměra O., Skřivan P.-editor, Švec I. (2017): OBILOVINY V LIDSKÉ VÝŽIVĚ 2017 Shrnutí poznatků o obilovinách se zaměřením na problematiku sacharidů obilovin. Celkový počet stran 71, kapitoly Přehled o beta-glukanech (nejen obilných), počet stran 8; Změny sacharidů během zpracování obilovin, počet stran 6; Vliv přídatku různých typů vlákniny na kvalitu pekařských výrobků, počet stran 13. Potravinářská komora. Česká technologická platforma pro potraviny. ISBN 978-80-88019-24-4.

Brand-Miller J. C., Stockmann K., Atkinson F., Petocz P., Denyer G. (2009): Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1,000 foods. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89 (1): 97-105.

Dewettinck K., Van Bockstaele F., Kühne B., Van de Walle D., Courtens T.M., Gellynck X. (2008): Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48: 243-257.

Gabrovská D., Hálová I., Chrpová D., Ouhrabková J., Sluková M., Vavreinová S., Faměra O., Kohout P., Pánek J., Skřivan P. (2015): Obiloviny v lidské výživě. Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku. ISBN 978-80-88019-07-7.

Jalili T., Wildman R.E.C., Medeiros D.M. (2000): Nutraceutical roles of dietary fiber. *Journal of Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*, 2: 19-34.

Jenkins C.L.D., Lewis D., Bushell R., Belobrajdic D.P., Bird A.R. (2011): Chain length of cereal fructans isolated from wheat stem and barley grain modulates *in vitro* fermentation. *Journal of Cereal Science*, 53: 188-191.

McKevith B. (2004): Nutritional aspect of cereals. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 29: 111-142.

Rosell C. M., Barro F., Sousa C., Mena M. C. (2014): Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science*, 59: 354-364.

Skřivan P., Sluková M. (2016): Nové perspektivy mlýnské výroby?. *Potravinářská revue* 6, str. 30-31. ISSN 1801-9102.

Sluková M., Skřivan P. (2016): Pšeničné pečivo v lidské výživě. *Potravinářská revue* 4, str. 26-30. ISSN 1801-9102.

Venn B. J., Green T.J. (2007): Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet-disease relationships. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61: 122-131.

Nařízení komise (EU) č. 432/2012 ze dne 16. května 2012, kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování potravin jiných než tvrzení o snížení rizika onemocnění a o vývoji a zdraví dětí (v konsolidovaném znění platném od 17. 1. 2014).

4 Využití roztoku chlordioxidu k dezinfekci elektrodialyzačního zařízení v rámci chemického čištění

Jiří Ečer¹, Tatjana Dymar²

¹MemBrain s.r.o., Pod Vinicí 87, 471 27 Stráž pod Ralskem

²Predstavitel'stvo MEGA a.s. v Respublike Belarus

e-mail: jiri.ecer@membrain.cz

Souhrn

Chlordioxid se běžně používá k dezinfekci pitné vody, je účinný i ve velmi nízkých koncentracích. Na rozdíl od ostatních sloučenin chlóru se nejedná o chlorační činidlo, nýbrž o činidlo oxidační. Při dlouhodobých testech iontovýměnných membrán RALEX[®] (výrobce MEGA a.s., Stráž pod Ralskem) v roztocích chlordioxidu o různých koncentracích bylo ověřeno, že chlordioxid nemá negativní vliv na fyzikální a elektrochemické vlastnosti membrán. Mlékárenský závod Babushkina Krynka v Osipoviči (Bělorusko) nám umožnila použít roztoku chlordioxidu během chemického čištění průmyslové elektrodialyzační jednotky. Při těchto testech byly odebírány vzorky suroviny a vody pro mikrobiologické rozbor. Také byly odebírány stěry z potrubních částí elektrodialyzační jednotky.

Klíčová slova: chlordioxid, elektrodialýza, dezinfekce

Úvod

Ještě při řešení projektu „Nové technologické postupy s využitím membránových procesů poskytující nové potravinářské produkty se zlepšenými nutričními a užitelskými vlastnostmi“, program KUS č. QJ 1510341, byl při dlouhodobém testování zjišťován vliv různě koncentrovaných roztoků chlordioxidu (max. průměrná koncentrace 3 ppm, jednorázově 10 ppm) na iontovýměnné membrány RALEX[®], a to na jejich elektrochemické vlastnosti (tj. plošný odpor, specifický odpor, převodové číslo a permselectivita, iontovýměnná kapacita), dále na mechanické vlastnosti (tahové zkoušky) a také na průběh elektrodialýzy (ED) při standardním solném testu s exponovanými membránami na laboratorní elektrodialyzační jednotce P EDR-Z/2x1 s modulem EDR-Z/2x10-0,8. Vliv ClO₂ na membrány byl také studován optickou metodou skenovací elektronové mikroskopie (SEM) na zařízení FEI Quanta 250 FEG.

Po vyhodnocení všech měření bylo konstatováno, že nedošlo k výrazné degradaci iontovýměnných membrán, která by se projevila skokovou změnou vlastností, a že je tedy možné roztok chlordioxidu používat při dezinfekci elektrodialyzačních jednotek [1, 2].

Provozní zkoušky

Provozní zkoušky s dezinfekcí průmyslové elektrodialyzační jednotky (EWDU) pomocí roztoku chlordioxidu dávkovaného do vody během chemického čištění (CIP) probíhaly v mlékárenském závodě Babushkina Kryнка v Osipoviči (Bělorusko).

Nebylo možné provést úpravu řídicího programu EWDU, aby dávkování roztoku chlordioxidu probíhalo jen ve vybraných krocích CIP. Proto bylo použito řešení, kdy se roztok ClO₂ dávkoval ve všech krocích CIP při napouštění vody do zařízení. K tomu byl využit signál o probíhajícím čištění (kontrolka) a signál ze snímače polohy ventilu pro napouštění vody. Při splnění obou podmínek došlo ke spuštění samoodvzdušňovacího magnetického dávkovacího čerpadla GMXA0424 firmy ProMinent[®] [3].

Koncentrovaný roztok chlórdioxidu připravený rozpouštěním tabletek DUTRION[®] [4] v demineralizované vodě byl dávkován do vody v přívodním potrubí do koncentrátové nádrže EWDU v takovém množství, aby po skončení cirkulace byla ve vodě alespoň prokazatelná koncentrace ClO₂. Minimální koncentrace ClO₂ měřená pomocí přenosného fotometru HI 96738 (výrobce Hanna Instruments) [5] tak byla stanovena na hodnotě 0,45 ppm v právě napuštěné vodě před zahájením cirkulace.

V průběhu zkoušek byla provedena i šoková dezinfekce s počáteční koncentrací ClO₂ 7,2 ppm, která pak byla během následujících dvou týdnů postupně snižována až na minimální úroveň 0,45 ppm.

Pro kontrolu účinnosti použití roztoku ClO₂ k dezinfekci při chemickém čištění EWDU byly odebírány vzorky pro mikrobiologická stanovení (celkový počet mikroorganismů, *Enterobacteriaceae*, plísně a kvasinky) jednak suroviny/odsoleného produktu ze zásobního tanku, dále na vstupu do a výstupu z EWDU, potom také vstupní napouštěné vody a roztoku koncentráту po skončení provozu. Seznam odběrných míst je uveden v Tab. 1. Také byly odebírány stěry z diluátového i koncentrátového potrubí na výstupu z elektrodialyzačních svazků ke zjištění, zda dochází ke snižování foulingu. Chlórdioxid totiž kromě dezinfekčního účinku má schopnost narušovat biofilm.

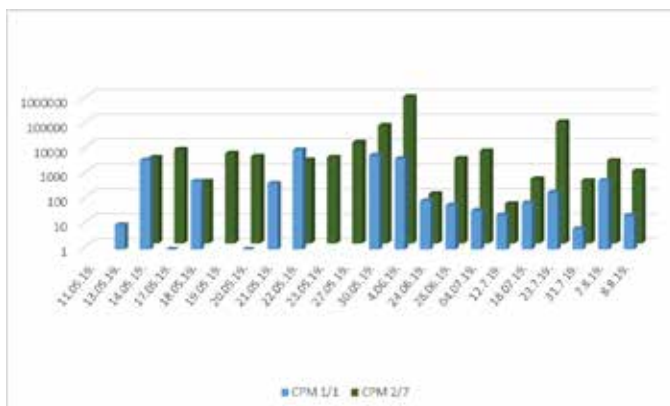
Tab. 1: Seznam odběrných míst

Místo odběru
1. vsádka
1/1 Nádrž koncentrátu – voda (před ED)
1/2 Tank se syrovátkou (před ED)
1/3 Vstup do EWDU – feed (start)
1/4 Výstup z EWDU – diluát (start)
1/5 Vstup do EWDU – diluát (konec)
1/6 Tank se syrovátkou (po ED)
2. vsádka
2/2 Tank se syrovátkou (před ED)
2/3 Vstup do EWDU – feed (start)
2/4 Výstup z EWDU – diluát (start)
2/5 Vstup do EWDU – diluát (konec)
2/6 Tank se syrovátkou (po ED)
2/7 Nádrž koncentrátu – koncentrát (konec ED)

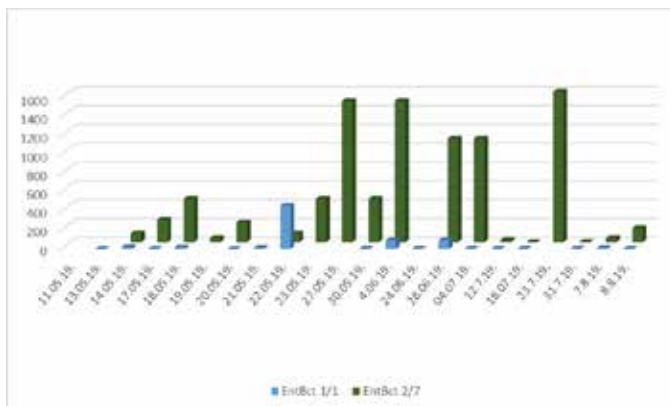
Vyhodnocení

Ve sledovaném období od poloviny května 2019 do začátku srpna 2019 se ve většině případů každý den odsolovaly na elektrodialyzační jednotce dvě až tři vsádky syrovátky. Byla zpracovávána zahuštěná sladká syrovátka o průměrné sušině 18,2 % (94 vsádek, celkový objem 2 570 380 litrů, průměr na vsádku 27 344 litrů) a kyselá syrovátka zahuštěná nanofiltrací o průměrné sušině 19,2 % (51 vsádek, celkový objem 1 358 600 litrů, průměr na vsádku 26 639 litrů). Celkem byla EWDU v provozu (doba odsolování) 317 hodin a 8 minut, tzn. průměrná denní provozní doba činila 5 hodin a 52,4 minut. Průměrná doba CIP činila 7 hodin, z toho 220 minut cirkulace vody, roztoku louhu nebo kyseliny. Zbytek času CIP zabralo vypouštění jednotky a napouštění vody do koncentrátové nádrže.

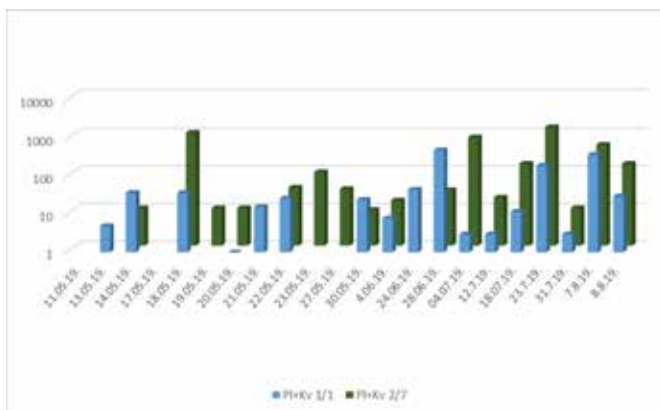
Výsledky mikrobiologických rozborů vody (odběrné místo 1/1) a finálního koncentráту (odběrné místo 2/7) v průběhu zkoušek jsou přehledně znázorněny na Obr. 1 až Obr. 3.



Obr. 1: Celkový počet mikroorganismů

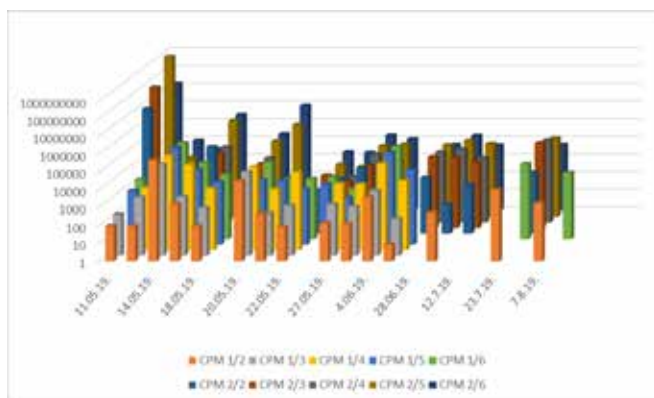


Obr. 2: Enterobacteriaceae

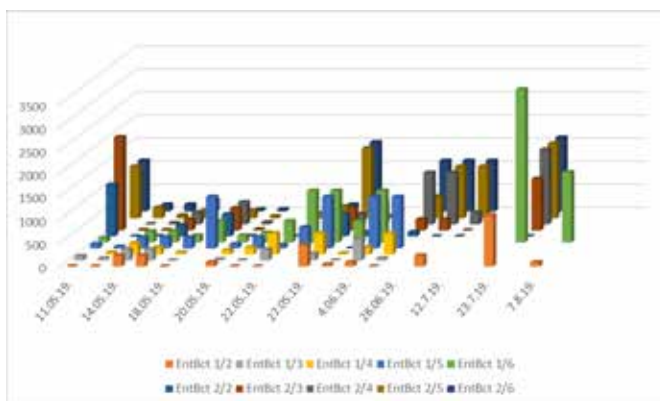


Obr. 3: Plísně a kvasinky

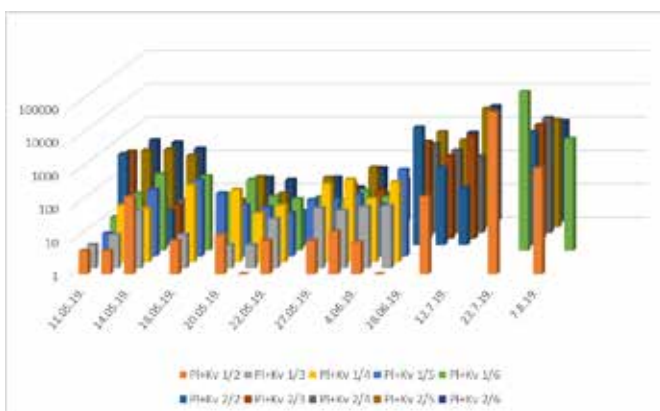
Výsledky mikrobiologických rozborů suroviny (odběrná místa 1/2 a 2/2), odsoleného produktu (odběrná místa 1/6 a 2/6), suroviny na vstupu do EWDU při startu odsolování (odběrná místa 1/3 a 2/3), diluátu na výstupu z EWDU na začátku odsolování (odběrná místa 1/4 a 2/4) a finálního diluátu na vstupu do EWDU (odběrná místa 1/5 a 2/5) v průběhu zkoušek jsou přehledně znázorněny na Obr. 4 až Obr. 6.



Obr. 4: Celkový počet mikroorganismů



Obr. 5: Enterobacteriaceae

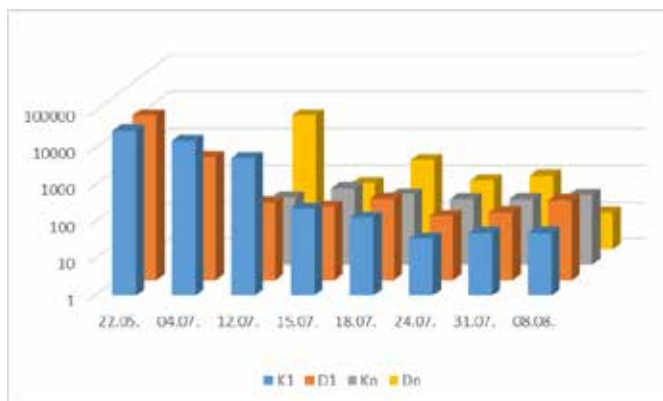


Obr. 6: Plísně a kvasinky

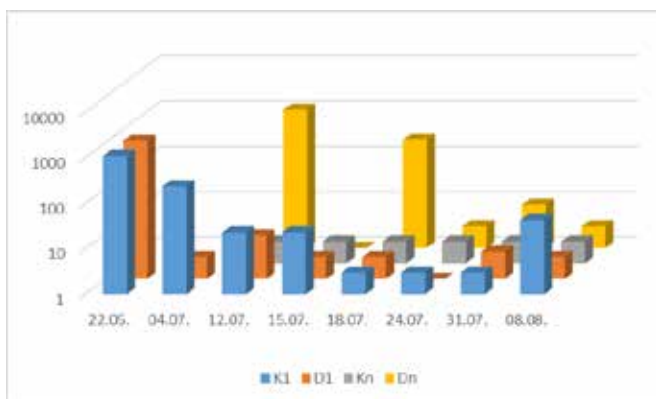
Z grafů na předchozích obrázcích je zřejmé, že mikrobiologická kvalita pitné vody používané při provozu a CIP elektrodialyzační jednotky je nedostatečná, což samozřejmě má negativní vliv na celý proces odsolování syrovátky a na následné chemické čištění. Také čistota suroviny není dobrá, což je dáno jednak tím, že syrovátky před odsolováním nejsou pasterizovány a navíc jsou uchovávány při teplotách 10-15 °C. V průběhu odsolování,

které probíhá vsádkovým způsobem při 15 °C, dochází k dalšímu nárůstu mikroorganismů.

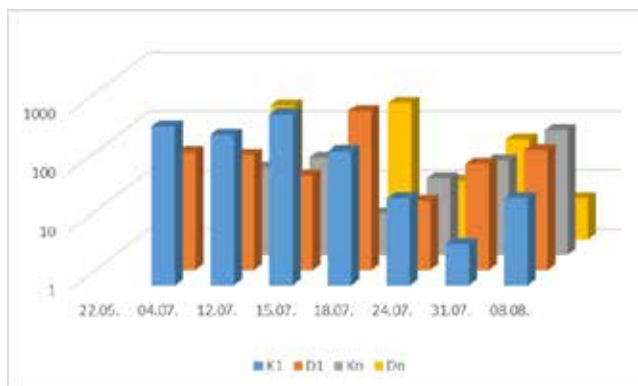
Výsledky mikrobiologických sčítů z koncentrátového i diluátového potrubí na výstupu z posledního elektrodialyzačního svazku (označení K1 a D1) a ještě z některého z dalších sedmi svazků zařízení (označení Kn a Dn) jsou na Obr. 7 až Obr. 9.



Obr. 7: Celkový počet mikroorganismů



Obr. 8: Enterobacteriaceae



Obr. 9: Plísně a kvasinky

I přes kolísavou mikrobiální kvalitu vody i zpracovávaných syrovátek je zřejmý pozitivní vliv roztoku chlordioxidu na množství foulingu v elektrodialyzačním zařízení.

Závěr

Po ověření odolnosti iontovýměnných membrán RALEX® vůči působení roztoku chlordioxidu byly provedeny provozní zkoušky s dezinfekcí průmyslové elektrodialyzační jednotky pomocí roztoku chlordioxidu dávkovaného do vody během chemického čištění. Tyto zkoušky probíhaly od poloviny června do začátku srpna 2019 v mlékárenském závodě Babushkina Krynka v Osipoviči (Bělorusko), přičemž byly odebrány vzorky pro mikrobiologické rozborů z vytípaných míst elektrodialyzačního zařízení.

K přípravě roztoku chlordioxidu byly použity DUTRION®. Pohodlnější (i s ohledem na manipulaci s nebezpečnou látkou) by bylo vhodnější použít například prostředek Clorious2 (výrobce Brenntag GmbH) [6], který je 0,6% roztokem ClO_2 .

Pro účely zkoušek bylo provizorně použito řešení, kdy se roztok ClO_2 dávkoval ve všech krocích CIP při napouštění vody (snímač polohy ventilu)

do zařízení s využitím signálu o probíhající čišťení (kontrolka). Lepší variantou by byla úprava programového vybavení EWDU, kdy by bylo možné spouštět dávkování roztoku ClO_2 pouze ve vybraných krocích čisticí sekvence.

Bohužel množství zpracovávané suroviny bylo nižší než množství potřebné pro optimální provoz EWDU (18 hodin odsolování, zbytek na čištění a potřebné manipulace). I z tohoto důvodu, ale především z důvodu špatné mikrobiální kvality vstupních surovin a vody, zkoušky nepotvrdily pozitivní efekt dezinfekce zařízení pomocí roztoku chlórdioxidu na kvalitu výsledného odsoleného produktu. Částečným pozitivním výsledkem bylo snížení mikrobiálního znečištění v průběhu odsolování syrovátky z foulingu a to díky narušování biofilmu na vnitřních površích elektrodialyzačního zařízení.

Poděkování

Tato práce navázala na výsledky získané během řešení projektu „Nové technologické postupy s využitím membránových procesů poskytující nové potravinářské produkty se zlepšenými nutričními a užitelskými vlastnostmi“, program KUS č. QJ 1510341, finančně podporovaného Ministerstvem zemědělství ČR.

Literatura

- [1] J. Ečer, E. Stránská, J. Gracias a D. Neděla, *Dlouhodobé testování membrán RALEX[®] v roztoku chlordioxidu*, Stráž pod Ralskem: MemBrain s.r.o., 2017.
- [2] J. Ečer, E. Stránská, H. Fárová a J. Gracias, „Dlouhodobé testování membrán RALEX[®] v roztoku chlordioxidu,“ *Chemické listy*, sv. 112, č. 12, pp. 860-865, 15 12 2018.
- [3] ProMinent, „Popis výrobku,“ ProMinent, [Online]. Available: <https://www.prominent.cz/cs/V%C3%BDrobky/V%C3%BDrobky/D%C3%A1vkovac%C3%AD-%C4%8Derpadla/Magnetick%C3%A1-membr%C3%A1nov%C3%A1-d%C3%A1vkovac%C3%AD-%C4%8Derpadla/p-gamma-x.html>. [Přístup získán 02 2019].
- [4] „ТАБЛЕТКИ DUTRION TABLET,“ [Online]. Available: <https://dutri.by/produkty/tabletki-dutrition>. [Přístup získán 03 2019].
- [5] „Hanna-cz,“ Hanna Instruments, [Online]. Available: <https://www.hanna-cz.cz/Prenosny-stolni-fotometr-Chlordioxid-oxid-chloricity-0-00-az-2-00-mg-l-HI-96738-d280.htm>. [Přístup získán 23 10 2017].
- [6] *Technical data sheet Clorious2 Care*, Mülheim an der Ruhr: Brenntag GmbH, 2016.

5 Využití membránových technologií v pivovarství

Pavel Dostálek, David Bierhanzl a Jakub Nešpor

VŠCHT Praha, FPBT, Ústav biotechnologie, Technická 5, 16628 Praha

6 e-mail: pavel.dostalek@vscht.cz

Úvod

V současné době v pivovarství stále převládá tradiční způsob filtrace piva, kdy se na svíčkové filtry naplavuje křemelina. Tím však vzniká její velké odpadní množství, u kterého se stále hledá následovně plnohodnotné využití. Otázka moderních trendů a snížení ekologického dopadu výroby postihuje i pivovarský průmysl a právě filtrace piva nabízí zajímavé řešení této problematiky. Membránová filtrace totiž pro svůj průběh nevyžaduje filtrační materiál jako je křemelina. Zhruba od 70. let 20. století se začínají objevovat studie, které se zabývají tématem membránové filtrace a její aplikace v pivovarech. Přestože se tato technika v průmyslovém měřítku objevuje už od konce 80. let 20. století, zaujímá pouze 10 % trhu, jelikož se stále potýká s významným nedostatkem. Průběh je totiž značně limitován jevem, který způsobuje zanášení pórů membrány a v anglosaské literatuře je označován jako „fouling“. Toto zanášení pak snižuje efektivitu filtračního procesu a zvyšuje provozní náklady.

Filtrace v pivovarství

Filtrace je jednou ze separačních technik, která našla své uplatnění v několika částech pivovarské výroby. Již během scezování na varně dochází k oddělení sladového mláta od sladiny ve scezovací kádi nebo na sladlinovém filtru. Dále se využívá např. při zahušťování kvasnic nebo při úpravě odpadní a varní vody (1). Co do významu je v pivovaru nejdůležitější filtrace již dokvašeného piva, které již prošlo primárním (hlavním) a sekundárním kvašením (dokvašování, ležení).

Filtrace dokvašeného piva

Filtrace dokvašeného piva patří mezi jednu ze závěrečných operací jeho výroby, která navazuje na fermentační část. Nefiltrované dokvašené pivo se z ležáckých nádob čerpá do prostor filtračního oddělení, kde je zfiltrováno. Filtrované pivo se poté ve většině případů dále stabilizuje a ukládá do přetlačných tanků, ze kterých se distribuuje na stáčírny, kde se plní do různých obalů.

Hlavním cílem filtrace je odstranění kvasničných buněk, které nesedimentovaly během ležení mladého piva. Společně s kvasinkami jsou na filtrační přepážce zadržovány i zákalotvorné částice, mezi které patří proteiny, polyfenolové látky, protein-polyfenolové agregáty a polysacharidy (2).

Výsledkem filtrace je dosažení optimální čirosti piva. Naměřená hodnota zákalu musí být nižší než 0,5 j. EBC. Tím dochází ke zvýšení biologické a koloidní stability piva, což má za následek prodloužení trvanlivosti, v některých případech až na 1 rok. Tato skutečnost umožňuje výrobcům piva exportovat produkty po celém světě a konkurovat ostatním značkám na trhu a zvyšovat tím své tržby. Naopak trvanlivost nefiltrovaného ležáku (piva plzeňského typu) se pohybuje okolo 1 měsíce při ideálních podmínkách uskladnění (3).

Princip filtrace a její rozdělení podle typu a mechanismů

Během filtrace proudí kapalina přes porézní přepážku, na které se postupně zachycují pevné částice kapaliny a postupně vytváří filtrační koláč. Průběh filtrace je založen na Darcyho zákonu, který v roce 1856 formuloval francouzský inženýr Henry Darcy. Tento zákon je pro potřeby filtrace upraven do následujícího matematického vztahu (4):

$$\text{filtrační rychlost} = \frac{\text{permeabilita} \times \text{tlakový rozdíl} \times \text{filtrační plocha}}{\text{výška filtračního koláče} \times \text{dynamické viskozita}} \quad (1)$$

Zachycení suspendovaných částic v roztoku na filtrační přepážce lze rozdělit podle mechanismu jejich zadržení na 2 skupiny:

- povrchovou,
- hloubkovou filtraci.

Schematicky jsou tyto mechanismy naznačeny na obrázku 1. Povrchová filtrace využívá tzv. síťový efekt, kdy průměr zachycené částice je větší než velikost pórů filtrační přepážky. Tyto částice jsou zadrženy na jejím povrchu. Naopak u hloubkové filtrace proniká částice dovnitř póru, kde může být mechanicky zadržena nebo mohou vznikat interakce s vnitřní stranou póru (2).



Obr. 1: Schéma mechanismů povrchové a hloubkové filtrace

Filtrace se rozděluje do pěti skupin, které jsou zobrazeny v tabulce 1. Základním parametrem tohoto rozdělení je velikost pórů filtrační přepážky (5).

Tab. 1: Druhy filtrace rozdělené podle velikost u jejich pórů (5)

Druh filtrace	Velikost pórů [μm]	Separované částice
Standardní filtrace	1–10	ostatní částice
Mikrofiltrace	0,1–1	kvasinky, bakterie
Ultrafiltrace	0,01–0,1	koloidní částice, viry
Nanofiltrace	0,001–0,01	barevné látky, pesticidy
Reverzní osmóza	<0,001	soli

Membránová filtrace v pivovarství

Membránová filtrace patří mezi jeden z moderních trendů v pivovarství. Tato technologie představuje zajímavou alternativu k již zmíněným sypkým filtračním materiálům, zejména k tradičně používané křemelině. Samotná membrána slouží zároveň jako filtrační přepážka a separační vrstva, což vede k eliminaci používání křemeliny. Tato významná přednost vede k odstranění problému ekologické likvidace odpadní křemeliny a jejích nevhodných vlastností (6). Dalšími přednostmi jsou nižší spotřeba elektrické energie, čisté a hygienické pracovní prostředí, udržení senzorické a biologické stability piva bez vychytávání iontů železa, nižší potřeba lidské práce a snížení výtrat piva (7,8).

Mezi další výhody membránové techniky patří její široké využití v celém procesu výroby piva. Je možné ji využít např. k (9):

- filtraci piva,
- studené pasteraci,
- výroba nealkoholického a nízkoalkoholického piva,
- získávání piva z odpadních kvasnic,
- úpravám vody.

Přestože se membránová filtrace využívá v potravinářském průmyslu již od sedmdesátých let 20. století, není její použití příliš časté. Tato skutečnost je způsobena zejména vysokou pořizovací cenou membránových zařízení a také fenoménem zanášení tzv. foulingem pórů membrány během samotné filtrace. Častější proplachování a sanitace zanesených membrán zvyšuje provozní náklady společně s vyšší spotřebou sanitační chemie (5,6). Dalším důvodem zvyšování provozních nákladů je časté praskání membránových vláken – tzv. prášení modulu, které se poté musí obměňovat. Membránové moduly mají omezenou životnost. Někteří výrobci uvádí možnost provedení 500 sanitačních cyklů, což představuje výdrž modul na 1 až 1,5 roku. Díky tomu dochází k zatěžování odpadního hospodářství, zejména plastového odpadu. Výměna modulu s filtrační plochou 12 m² stojí přibližně 2 500 USD (cca 57 000 Kč) (10).

Membránová filtrace piva její pozice na světovém trhu

Světová produkce piva v roce 2018 činila přibližně 1,9 mld. hl piva (<https://www.statista.com/statistics/270275/worldwide-beer-production>). Bylo publikováno, že membránová filtrace představuje asi 10 % objemu trhu (6). Tuto informaci potvrzují jiní autoři (5) ve své publikaci a uvádí, že přibližně 95 % vyrobeného piva je zfiltrováno pomocí křemelinové filtrace. Gaub (11) ve svém článku tyto čísla upřesňuje a píše, že na membránových filtrech je filtrováno zhruba 150 mil. hl piva. Do této sumy jsou zahrnuty, jak průmysloví výrobci piva, tak i minipivovary a vcelku tak membránová filtrace piva zaujímá asi 8 % trhu.

Americká společnost Pentair, která je jedním z výrobců membránových filtrů pro pivovarský průmysl, prezentuje ve svých firemních materiálech, že je ročně zfiltrováno zhruba 100 mil. hl piva na membránových filtrech. Dále uvádí, že k roku 2016 po celém světě instaloval více než 100 membránových filtračních systémů pro pivovarský průmysl (12). Nejvíce jich je instalováno v Asii a Pacifiku (celkem 31) a mezi nejčastější zákazníky patří velké pivovarské skupiny jako je např. Heineken nebo skupina ABInBev (13). Švýcarský výrobce filtračních systémů Filtrox informuje o prodeji membránových filtrací a uvádí, že ročně jsou provedeny zhruba 2 až 3 instalace „cross-flow“ filtrace. Tato společnost prodává přibližně 20 křemelinových filtrací ročně (10).

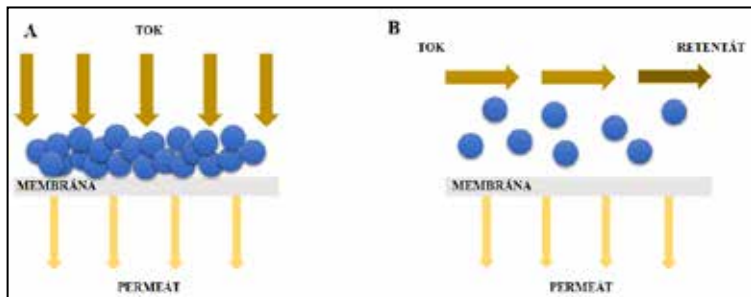
Základní rozdělení membránové filtrace

Na základě velikosti používaných pórů se membránové procesy dělí do čtyř kategorií. Toto rozdělení je ukázáno v tabulce 1.

Jedním z dalších způsobů dělení membránové techniky je rozdělení podle charakteristiky toku filtrované suspenze. Schéma možných toků je naznačeno na obrázku 2. Nefiltrované pivo je možné přivádět na membránu dvěma způsoby jako (14):

- přímý tok (filtrace do mrtvého bodu, „dead-end“ filtrace),
- příčný tok (tangenciální neboli křížový tok, „cross-flow“ filtrace)

V případě využití přímého toku dochází na povrchu membrány k postupné tvorbě filtračního koláče. Membrána se tak musí po určité době regenerovat sanitací nebo zpětným proplachem (15).



Obr. 2: Rozdělení membránových separací podle charakteristiky toku. A – „dead-end“ filtrace, B- „cross-flow filtrace“

Je-li tok veden tangenciálně a s dostatečnou rychlostí, dochází k omývání povrchu membrány a filtrační koláč se netvoří (16). Tento způsob filtrace se provozuje ve dvou režimech. Vsádkový režim se využívá při zahušťování odpadních kvasnic. Filtrovaná suspenze neustále cirkuluje, dokud není dosaženo požadované hustoty biomasy. Kontinuální režim naopak reguluje míchání zahuštěného retentátu se vstupujícím nástřikem, aby hustota filtrované suspenze byla po celou dobu filtrace konstantní. Tento způsob se využívá při filtraci dokvašeného piva (17).

Konstrukce a druhy používaných membrán v pivovarství

V pivovarství se k filtraci dokvašeného piva velmi často používá mikrofiltrace, jelikož během ní nedochází ke zhoršení základních sensorických parametrů piva při docílení optimální čirosti zfiltrovaného. Mezi zmíněné sensorické parametry patří např. barva, pěnivost nebo hořkost piva (9,16).

V současné době se konstruují dva typy membrán:

- ploché,
- tubulární.

Z plochých membrán se poté mohou vytvářet deskové filtrační moduly podobně jako u kalolisu nebo deskových filtrů. Speciálním typem plochých membrán je spirálově vinutý model. Tubulární membrána se používá buď jako samostatný filtrační modul, nebo výrobci sdružují několika set jednotlivých dutých vláken do společného modulu, čímž dosahují větší filtrační plochy a tedy i účinnosti (18). Membrány z dutých vláken jsou zobrazeny na obrázku 3. Konstrukce používaných membrán a způsob přívodu filtrované suspenze rozhoduje o tom,



Obr. 3: Fotografie dutých vláken – „hollow fibre“

zda jsou pevné částice zadrženy na vnitřní nebo vnější straně membrány. V případě „dead-end“ filtrace je ve většině případů nástřík přiváděn na vnější stranu membrány. U „cross-flow filtrace“ je tomu naopak a nástřík prochází vnitřní stranou dutého vlákna (19).

V současné době se k výrobě membrán používají organické polymerní a anorganické materiály. Mezi často využívané polymery patří acetát celulózy,

polyakrylonitril, polyethersulfon (PES), polysulfon, polyvinylidenfluorid (20). Keramické membrány jsou nejčastěji vyráběny z anorganických sloučenin oxidu hliníku, titanu a zirkonu (21).

Mezi přední výrobce membránových filtračních systémů používaných v pivovarské výrobě se řadí společnosti jako je např. Alfa Laval, Gea, Parker, Pall a Pentair (4). Seznam produktů těchto firem je uveden v tabulce 2.

Tab. 2: Společnosti produkující filtrační systémy pro pivovarský průmysl

Společnost	Typ membrány	Použitý materiál	Velikost pórů [μm]	Zdroj
Alfa Laval	polymerní kazeta ¹	PES	0,45 a 0,65	Alfa Laval, 2008
Gea	keramické duté vlákno	Al ₂ O ₃	0,5-0,8	Gea, 2018
Parker	polymerní kazeta ¹	PES, PP ²	0,45 a 0,65	Parker Hannifin, 2012
Pall	polymerní dutá vlákna	PES	0,65	Buttrick, 2007; Pall, 2009
Pentair	polymerní dutá vlákna	kombinace PES a PVP ²	0,4-0,8	Pentair, 2015

1.: výrobci blíže nespecifikují typ použité membrány, 2.: PP (polypropylen), PVP (polyvinylpyrrolidon)

Membránové filtrační systémy se mohou rozdělit do dvou skupin na základě designu jejich technologie filtrace na:

- jednostupňovou,
- dvoustupňovou.

Jednostupňový filtrační systém je založen na přímé filtraci dokvašeného piva, které je přímo z ležáckých nádob přiváděno na membránový filtr. Naopak dvoustupňová filtrace využívá před samotnou filtrací odstředivku, která redukuje množství kvasničných buněk přicházejících do membránového modulu. Mezi jednotlivými výrobci probíhají diskuze o výhodách a nevýhodách jednotlivých systémů. Významným faktem je, že odstředivky zvyšují pořizovací cenu a zvyšují provozní náklady kvůli vyšší spotřebě elektrické energie (4,22).

TMP neboli tlakový gradient filtrace je důležitý parametr průběhu filtrace piva, který popisuje tlak potřebný k protlačení filtrované suspenze přes membránu, jenž je nutný pro udržení optimálního průtoku nefiltrovaného piva skrze membránu. Jeho matematické vyjádření je popsáno následující rovnicí:

$$TMP = \frac{P_1 + P_2}{2} - P_3$$

P₁ představuje tlak vstupu nástřiku do filtračního modulu, P₂ je tlak retentátu na výstupu z modulu a P₃ charakterizuje tlak vystupujícího permeátu (23).

Současné výzkumy, které se zabývají problematikou „cross-flow“ membránové filtrace (CMF), se snaží o nestálé zlepšování používaných systémů. Při hledání optimálního průtoku nefiltrovaného piva se uplatňují 2 způsoby konfigurace membránové filtrace:

- běžné provedení,
- provedení s konstantním TMP, tzv. UTP konfigurace (ang. uniform transmembrane pressure).

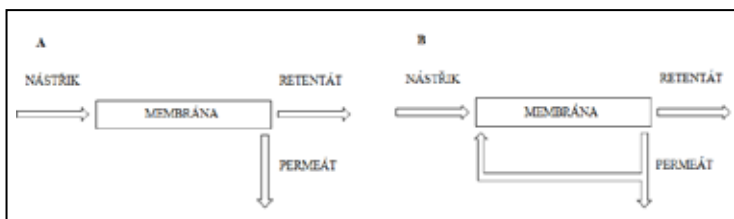
Schéma těchto provedení je zobrazeno na obrázku 4. V běžném uspořádání je největšího TMP dosaženo na vstupu do membránového modulu. Nejmenší TMP je naopak na výstupu retentátu z membránového modulu. Tato skutečnost je způsobena tlakovými ztrátami, ke kterým dochází v důsledku tření mezi proudící kapalinou a membránou. V systému UTP je udržován v celé délce modulu konstantní TMP, čehož je dosahováno pomocí cirkulačního čerpadla. Toto čerpadlo přidává k nefiltrované suspenzi

neustálé část permeátu. Díky tomu dochází ke zlepšení průtoku vstupujícího proudu a zvýšení účinnosti systému (5,24).

Průběh membránové filtrace

Celý filtrační cyklus se skládá z neustálé se opakujících tří jednotkových operací:

- filtrace,
- pročištění membrány,
- sanitace membrány.



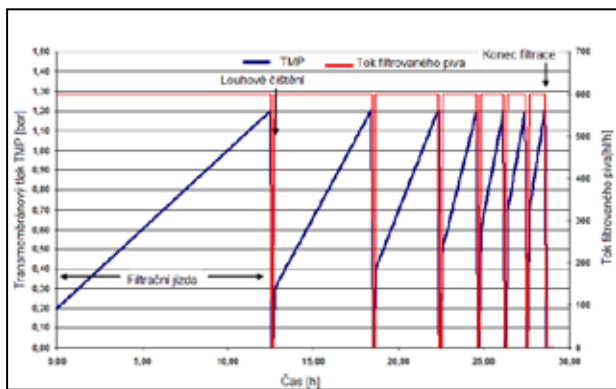
Obr. 4: Schéma možností uspořádání CMF. A – běžná konfigurace, B – konfigurace s konstantním TMP

Filtrace je zahájena přívodem nefiltrovaného piva na membránový modul. Pomocí cirkulačního čerpadla je udržována konstantní rychlost přítoku nefiltrovaného piva. Během filtrace dochází k postupnému růstu TMP, který po určité době dosáhne limitní hodnoty, která je daná výrobcem a filtrace musí být ukončena. Následuje krátké pročištění membrány různými technikami, např. zpětným proplachem. V dalším kroku je na membránový filtr opět přivedeno nefiltrované pivo. Jednotlivé filtrační cykly se označují jako filtrační jízdy. Průběžné pročištění membrány ovšem nedokáže odstranit trvalý „fouling“. Kvůli této skutečnosti se neustále zkracuje interval filtračních jízd až je dosaženo velmi krátkého filtračního úseku, čímž se zvyšují provozní náklady. V tento moment je poté celý filtrační cyklus ukončen a je spuštěna chemická sanitace membrány, během které se odstraní trvalý „fouling“. Membrána se regeneruje, TMP opět klesne na

nulovou hodnotu a může být zahájen nový filtrační cyklus (1,14,25,26). Schéma filtračního cyklu je zobrazeno na obrázku 5.

Zanášení (fouling) membrán během filtrace piva

Zanášení filtrační membrány neboli fouling během filtrace dokvašeného piva (obr. 6) se definuje jako kontinuální hromadění mikrobiální biomasy (kvasničných buněk) a dalších složek nefiltrovaného piva jako jsou koloidní částice nebo rozpuštěné makromolekuly. Tyto látky se usazují na povrchu membrány nebo uvnitř jejích pórů, protože velikost těchto částic je větší, než je velikost pórů membrány. Na tuto problematiku má také vliv fenomén označovaný jako koncentrační polarizace (18,27). Tvorbu kompaktní vrstvy dále zpevňují slabé vazebné interakce, které vznikají mezi jednotlivými složkami piva a používanou membránou na povrchu a uvnitř membrány. Tyto skutečnosti společně s tvorbou „foulingové“ vrstvy na povrchu membrány postupně vedou ke zvýšení TMP, což je doprovázeno také snižováním průtoku filtrovaného piva – permeátu (28).



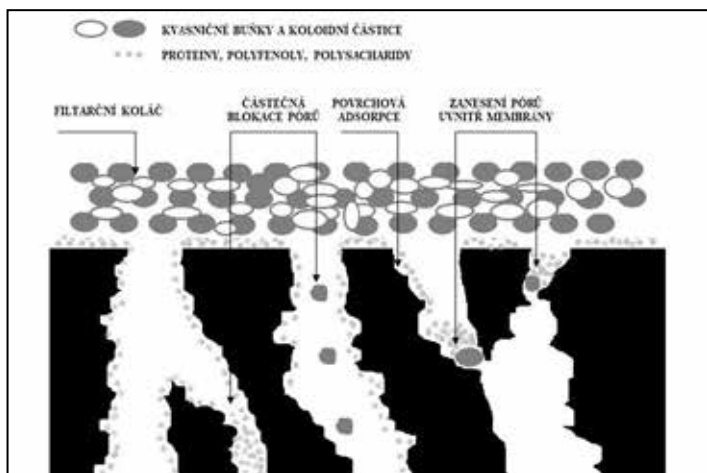
Obr. 5: Filtrační cyklus membránové filtrace

Na počátku 21. století byly v práci Fillaudeau a Carrère (16) formulovány hypotézy zabývající se problematikou mechanismu zanášení membrán. Na základě tvorby zanesené vrstvy a možnostech jejího odstranění je možné rozdělit mechanismus zanášení membrán na dvě základní kategorie:

- reverzibilní (vratné),
- ireverzibilní (nevratné).

Reverzibilní zanášení membrány je způsobeno v důsledku tvorby filtračního koláče na povrchu membrány, který je převážně tvořen vrstvou nahromaděných kvasničných buněk. Tyto buňky mohou následně zadržovat některé koloidní částice piva a tvořit kompaktnější vrstvu. Ireverzibilní zanášení membrány je způsobeno adsorpcí proteinů a dalších zákalotvorných částic na povrchu, a hlavně uvnitř pórů membrány. Tento druh foulingu je často možné odstranit pouze chemickou sanitací. Naopak k eliminaci reverzibilního foulingu stačí některé fyzikální metody čištění membrán jako je např. zpětný proplach.

Mezi další důvody, které způsobují zanášení membrány, se řadí fyzikálně-chemické prostředí piva, charakteristika použité membrány atd. (6).



Obr. 6: Mechanismy vedoucích k zanášení membrány

Závěr

V současné době v pivovarství v ČR stále převládá tradiční způsob filtrace piva, kdy se na svíčkové filtry naplavuje křemelina. Je to způsobeno tím, že většina pivovarů je na tuto filtraci vybavena a tato filtrace patří stále ekonomicky k nejvýhodnějším. Má však i své nevýhody. Především na konci filtrace vzniká velké množství odpadní křemeliny a dále práce s křemelinou je riziková (vdechnutí), rovněž křemelina většinou obsahuje stopová množství železa, které podporuje nežádoucí oxidační reakce probíhající v pivu. Naopak membránová mikrofiltrace piva tyto negativní vlastnosti nemá, pouze je zatím ve srovnání s křemelinovou filtrací nákladnější. Při počítání nákladů hraje roli typ a složení extraktu filtrovaného piva. Obecně přes membránu se lépe filtrují hluboce prokvašená piva, kdy je část ječného sladu použitého při výrobě nahrazena především škrobovými nebo cukernými surogáty. Membrána při použití na tyto typy piv vykazuje obecně vyšší průtočnost a vyšší životnost a tím je i ekonomická návratnost daleko lepší. Z hlediska automatizace je membránová filtrace piva také výhodnější. Protože však české ležáky nepatří mezi surogovaná piva a jejich stupeň prokvašení, ve srovnání se zahraničními pivy, je nižší, jsou obvykle v praxi na membránách obtížněji filtrovatelná. Membránová mikrofiltrace má ale i jiné výhody. Může za určitých podmínek nahradit pasteraci piva a tím se můžeme vyhnout tepelné zátěži hotového piva, která senzorické vlastnosti piva vždy zhoršuje.

Membránová filtrace může být aplikována i v dalších částech pivovarské výroby. Již dnes se používá reverzní osmóza pro odstranění iontů vody, která se pak používá k úpravám piva po filtraci. Dále se používá speciální membrána pro selektivní odstranění alkoholu z piva při výrobě nealkoholického piva a keramická membrána se používá pro zahuštění odpadních kvasnic a získání stažkového piva. Rovněž u sladivinových filtrů se používají polypropylenové plachetky pro oddělení sladiny od mláta.

Použití membránových technologií je tedy pivovarství mnohostranné a dá se předpokládat, že se stávající aplikace budou využívat stále více, a budou vznikat aplikace nové, jako je v současné době použití membrán pro čištění sanitálních roztoků od jemných pevných částic a tím zvyšování jejich použitelnosti.

Použitá literatura:

- 1) Basařová G., Šavel J., Basař P., Lejsek T. (2010) Pivovarství - teorie a praxe výroby piva, HBT, Praha, 309 stran.
- 2) Briggs D. E., Boulton C. A., Brookes P. A., Stevens R. (2004) Brewing Science and Practice, Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Boca Raton, 963 stran.
- 3) Slabý M., Olšovská J. (2017) Filtrovatelnost českého piva na membránových filtrech. Sborník ze semináře projektu KUSmem, Česká membránová filtrace z.s. a Česká technologická platforma pro potravinu, str. 48-59.
- 4) Buttrick P. (2010) Beer processing and filtration. The Brewer & Distiller International, 2, str. 10-16.
- 5) Moraru C. I., Schrader E. U. (2015) Application of membrane separation in the brewing industry (Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food and Biotechnological Applications – Second Edition, Pabby A. K., Rizvi S. S. H., Sastre A. M., Eds.), CRC Press, Boca Raton, 878 stran.
- 6) Van der Sman R. G. M., Vollebregt H. M., Mepschen A., Noordman T. R. (2012) Review of hypothesis for fouling during beer clarification using membranes. Journal of Membrane Science, 396, str. 22-31.
- 7) Buttrick P. (2007) Filtration – the facts. The Brewer & Distiller International, 3, str. 12-19.
- 8) Pentair: Enjoy membrane filtered beer, Enschede, 2015.
- 9) Ambrosi A., Cardozo N. S. M., Tessaro I. C. (2014) Membrane separation processes for the beer industry: a review and state of the art. Food Bioprocess Technology, 7, str. 921-936.
- 10) Filtrox: Kieselguhr vs. cross-flow filtration; Economical & Ecological Aspects, Bangkok, 2011.
- 11) Gaub R.: Brewer World - Beer crossflow filtration in craft breweries. [online]. Poslední aktualizace 24.5.2017 [1.4.2019]. Dostupné z: <http://www.brewer-world.com/2017/05/24/beer-crossflow-filtration-craft-breweries/>
- 12) Pentair: Beverage filtration solutions BMF compact S1-S4, Enschede, 2016.

- 13) Huttenhuis R.: Beer filtration with the latest generation membrane filter [online]. Poslední aktualizace 17.3.2016 [15.2.2019]. Dostupné z: <http://convention2016.ibdasiapac.com.au/wp-content/uploads/2016/05/1000-Rob-Huttenhuis-IBD-Presentation-BMF-22-1-2016-rev-1.0.pdf>
- 14) Wagner J. (2001) Membrane filtration handbook: Practical tips and hints, Osmonics, Minnetonka, 127 stran.
- 15) Slabý M., Štěřba K., Olšovská J. (2018) Filtrace piva – review. Kvasný Průmysl, 64, str. 173-184.
- 16) Fillaudeau L. Carrère H. (2002) Yeast cells, beer composition and mean pore diameter impacts on fouling and retention during cross-flow filtration of beer with ceramic membrane. Journal of Membrane Science, 196, str. 39-57.
- 17) Lindemann B. (2009) Filtration and Stabilization (Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets, Eßlinger H. M., Eds.), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, str. 225-235.
- 18) Water Planet: Concentration polarization: Early theories, Los Angeles, 2017.
- 19) Water Planet: MF/UF Membrane filtration: A state of the art review, Los Angeles, 2017..
- 20) Shi X., Tal G., Hankins N. P., Gitis V. (2014) Fouling and cleaning of ultrafiltration membranes: A review. Journal of Water Process Engineering, 1, str. 121-138.
- 21) Amin Sh. K., Abdallah H. A. M., Roushdy M. H., El-Sherbiny S. A. (2016) An overview of production and development of ceramic membranes. International Journal of Applied Engineering Research, 11, str. 7708-7721.
- 22) Chládek L. (2007) Pivovarství, Grada Publishing, a.s., Praha, 217 stran.
- 23) Lenntech: Membrane system management – Membrane technology. Poslední aktualizace 2019 [15.2.2019]. Dostupné z: <https://www.lenntech.com/membrane-systems-management.htm>
- 24) Bhan R. V. (2014) Cross-flow filtration (Fermentation and Biochemical Engineering Handbook, Vogel H. C., Tadaro C. L., Eds.), Elsevier, Oxford, str. 149-180.

- 25) Kupetz M., Rott M., Kleinlein K., Gastl M., Becker T. (2018) A new approach to assessing the crossflow membrane filtration of beer at laboratory scale. The Institute of Brewing & Distilling, DOI 10.1002/jib.529.
- 26) Pentair: Beverage filtration solutions: Beer membrane filtration system [online]. Poslední aktualizace 2019 [1.2.2019]. Dostupné z: <https://foodandbeverage.pentair.com/en/products/beverage-filtration-solutions-bmf-18>.
- 27) Reis, M. H. M., Madrona, G. S., Ferreira, F. B., de Santana Magalhães, F., Bindes, M. M. M., Cardoso, V. L. (2019) Membrane filtration processes for the treatment of nonalcoholic beverages (Engineering Tools in the Beverage Industry, Grumezescu A. M., Holban A. M., Eds.), Woodhead Publishing, Duxford, str. 175–207.
- 28) Nataraj S., Schomäcker, Kraume M., Mishra I.M., Drews A. (2008) Analyses of polysaccharide fouling mechanisms during crossflow membrane filtration. Journal of Membrane science, 308, str. 152-161.

6 Inovace v masném průmyslu

Rudolf Ševčík

*Ústav konzervace potravin a technologie masa, VŠCHT Praha, Technická 5,
166 28 Praha 6*

e-mail: rudolf.sevcik@vscht.cz

Úvod

Inovace můžeme v produkci a zpracování masa rozdělit na produktové inovace, týkající se především inovací ve složení masných výrobků a inovace týkající se používané technologie pro výrobu masa a masných výrobků. Změny ve složení masných výrobků jsou ovlivněny především změnou spotřebitelských návyků a zájmem spotřebitelů o zdravý životní styl, kdy skupiny spotřebitelů se zájmem o zdravý životní styl požadují „zdravější“ masné výrobky. Příkladem takovýchto masných výrobků jsou produkty, které obsahují nižší obsah soli, tuku, cholesterolu, dusitanů a kalorií než běžné výrobky a navíc obsahují bioaktivní látky, jako jsou například karotenoidy, nenasyčené mastné kyseliny, steroly a vláknina. Na druhé straně, spotřebitelé očekávají, že tyto nové masné výrobky si zachovají stejné senzorycké vlastnosti jako tradičně vyráběné masné produkty. I obchodní podmínky nutí masný průmysl používat stále kvalitnější suroviny, ale produkované výrobky se musí vyrábět s nižšími náklady. Výsledkem produktových inovací musí být tedy vysoce kvalitní, ale cenově dostupné masné výrobky. V této práci je tedy uveden zejména přehled inovací v oblasti výroby masných výrobků, při níž byly použity různé úpravy receptur. Tyto úpravy se týkaly snížení obsahu soli a dusitanů, náhrady tuku, změny profilu mastných kyselin, snížení obsahu cholesterolu nebo použití alternativních antioxidačních a antimikrobiálních látek. Druhou skupinu inovací tvoří inovace týkající se používané technologie a strojního vybavení. Tyto změny se týkají automatizace výrobního procesu, zlepšení pracovních podmínek a podmínek welfare, zlepšení stability produktu a způsobu nabízení masných výrobků spotřebiteli.

Inovace ve složení masných výrobků

Snížení obsahu sodíku a soli

Chlorid sodný je v masných výrobcích složkou plnicí současně několik různých funkcí. Těmito funkcemi jsou charakteristická chuť, zvýšení trvanlivosti masných výrobků, zvýšení vaznosti masa a pozitivní vliv na texturu masných výrobků. Existuje, ale přímý vztah mezi nadměrným příjmem sodíku a zvýšeným výskytem hypertenze. Hypertenze je jedním z hlavních rizikových faktorů zvýšeného výskytu kardiovaskulárních onemocnění. WHO (Světové zdravotnické organizace) doporučuje příjem 5 g soli denně, což odpovídá 2 g sodíku na den. Spotřeba masných výrobků a zpracovaného masa přispívá až 25% k celkovému dennímu příjmu chloridu sodného. Z těchto důvodů je snadou snížit obsah soli v masných výrobcích. Jako nejčastější náhrady se soli se využívá chlorid draselný a to buď samotný, nebo v kombinaci s mléčnanem draselným a dalšími látkami. Příklady kombinací látek, které slouží, jako náhrada soli jsou uvedeny v tabulce č. 1. Další možností je změna struktury kuchyňské soli, která vede k její větší rozpustnosti a tím i ke snížení dávkování soli o 25 až 50%. Příkladem mohou být produkty Star Flake od firmy Cargill nebo SODA-LO® Salt od firmy Tate & Lyle's.



Příklady výrobků se sníženým obsahem soli

**Tabulka č. 1: Příklady směsí látek využívaných k redukci kuchyňské soli
v masných výrobcích**

Masný výrobek	Použitá směs látek	Redukce soli (%)
Párky	NaCl (0,5%), KCl (0,5%) jedlé mořské řasy, Olivový olej	50 -75
Fermentované masné výrobky	NaCl (50%), KCl (40%), mléčnan draselný (10%)	50
Sušená pečeně	KCl (50%), mléčnan draselný (50%)	40
Měkký salám	1,2 – 1,3% NaCl, 0,22 – 0,35% citrán sodný, 0,2 – 0,5% karagenanu, 0,0 – 0,25% karboxymethylcelulosa	20 - 25
Kuřecí nuggety	KCl, kyselina citronová, kyselina vinná, sacharóza, jablečná dřevina	40 %
Sušené maso	NaCl (45–75%), KCl (25–50%), Ca ₂ Cl (15–20%), Mg ₂ Cl (5–10%)	25 -55

Snížení dusitanů a dalších konzervačních látek v masných výrobcích

Primární funkce dusitanů v masném průmyslu je antimikrobní účinek, dusitany potlačují růst a produkci mikroorganismů. Jsou konzervační látkou, která zabraňuje klíčení spor Clostridií a dále brzdí bacily i gramnegativní mikroorganismy včetně salmonel. Kromě konzervace se dusitany používají pro stabilizaci červené barvy masných výrobků, dále zlepšují chuť, texturu a zpomalují proces oxidace tuků. Dusitany ale mají také nežádoucí účinky na lidský organismus. Dusitany mohou být transformovány na karcinogenní a mutagenní N-nitroso sloučeniny, jako jsou nitrosaminy. Dusitan může reagovat s určitými aminokyselinami nebo sekundárními aminy za vzniku nitrosaminů, z nichž některé jsou karcinogenní. Přeměna dusitanů na

nitrosaminy probíhá jak v potravinách, tak i v lidském těle, zejména v žaludku. Kyselost v žaludku je ideální pro tvorbu nitrosaminů. Nicméně, většina z expozice na člověka je tvořena nitrosaminy pocházející z nepotravinových zdrojů. Nitrosaminy vyvolávají rakovinu různých orgánů, včetně jater, dýchacích cest, ledvin, jícnu, žaludku, zažívacího traktu a slinivky břišní. Alternativou k použití konzervantů včetně dusitanu je přidat přirozeně se vyskytující antimikrobiální látky do masných výrobků. Antimikrobiální látky byly definovány jako chemické látky přítomné nebo přidávané do potravin za účelem inhibice růstu mikroorganismů. Antimikrobiální látky přirozeně se vyskytující jsou protikladem tradičně používaným většinou syntetickým-antimikrobiálním látkám. Přirozené antimikrobiální látky jsou sloučeniny, které jsou přítomny v koření, bylinách nebo jejich éterických olejích (terpeny, flavonoidy a ostatní přirozeně se vyskytující antimikrobiální látky lze získat z mikroorganismů (např. nisin), nebo živočišných zdrojů (lysozym). K dalším možným látkám, které by mohly nahradit některé funkce dusitanů v masných výrobcích, patří: barvivo annatto, využití nerafinovaná mořská soli nebo surového cukru, použití různých druhů zeleniny a její extraktů: celer, mrkev, řepa a špenát.

Změny v profilech tuků v masných výrobcích (Snížení hladiny cholesterolu v masných výrobcích)

Podle WHO a FAO (Světová zdravotnická organizace a Organizace OSN pro výživu a zemědělství) je doporučený poměr polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a nasycených mastných kyselin ve stravě mezi 0,4 - 1,0. a poměr mezi PUFA ω -6/ ω -3 PUFA by měl být mezi 1,0 a 4,0. Obsah cholesterolu v masě se obvykle pohybuje mezi 75 - 100 mg na 100 g masa, u vnitřností 300-400 mg/100g masa. Doporučení pro denní příjem cholesterolu je méně než 300 mg denně.

Možnosti změn v profilech tuků a možnosti snížení cholesterolu:

- snížení obsahu tuku s použitím rostlinných materiálů (například: využití lněné vlákniny)
- použití rostlinných olejů a rybího tuku jako suroviny pro výrobu masných výrobků
- použití suroviny s nižším obsahem cholesterolu - koňské maso

- zvýšení konjugované kyseliny linolové v mase pomocí krmných směsí hospodářských zvířat
- kombinaci rostlinných sterolů a minerálů jako suroviny pro výrobu masných výrobků „Finská strava“



Játrová paštika s lněným semínkem a vlákninou



Vinná klobása s lněnou vlákninou

Zabránění oxidace tuků pomocí aktivního balení a přírodních antioxidantů

Oxidace lipidů v masných výrobcích a hotových pokrmech je klíčovým problémem, který snižuje trvanlivost masa, fermentovaných masných výrobků, syrových šunek, hotových pokrmů a další řady produktů. Oxidace vede k negativní změně vůně a chuti finálního produktu. Možností odstranění kyslíku a světla během skladování produktů (aktivní prvky balení). Použití složek s antioxidačním potenciálem do produktů: vitamin E, lutein a lykopen a také využívání přírodních antioxidantů z koření a bylin: rozmarýn, oregano, brutnák a šalvěj.

Fermentované masné výrobky s obsahem probiotik a prebiotik

Fermentované masné výrobky obsahují živé kultury, čímž je můžeme řadit mezi takzvané probiotické potraviny, stejně jako jogurty, kysané mléčné nápoje nebo kysané zeli. Probiotické potraviny obsahují mikroorganismy, které příznivě působí na střevní mikroflóru a jejím prostřednictvím ovlivňují zdravotní stav konzumenta. Jejich předností je šetrné působení na lidský organismus, kdy neničí mikroorganismy přirozeně se vyskytující v zažívacím traktu jako antibiotika. Nežádoucí mikroflóru probiotické mikroorganismy vytlačují tak, aby mezi prospěšnými a škodlivými mikroorganismy vznikla rovnováha, která je velmi důležitá pro správnou funkci imunitního systému a celkovou obranyschopnost lidského organismu. Fermentované masné výrobky jsou výrobky, které jsou tepelně neopracované, „syrové“, tudíž nejsou na rozdíl od jiných masných výrobků konzervovány tepelným zákrokem. Proto si uchovávají typickou chuť produktů fermentace. Na takto vyráběné výrobky jsou kladeny mnohem větší nároky na hygienu a používanou technologii, než je tomu v případě běžných masných výrobků. Základní surovinou pro výrobu fermentovaných masných výrobků jsou vepřové maso, hovězí maso a sádlo a dalšími surovinami jsou přídatné a pomocné látky, které dotvářejí výrobek; vedle koření a solící směsi je to substrát (většinou sacharosa) pro růst probiotické kultury, běžné ale není obohacení výrobku o prebiotika, které by podpořily kulturní mikroorganismy v zažívacím traktu.

Inovace používané v technologii

Inovace v používané technologii vycházejí ze snahy zlepšit podmínky práce a welfare zvířat se a se snahou automatizace výrobních postupů. Tyto procesy mohou začínat již automatickou nakládkou zvířat a jejich dopravou na jatka. Během jatečného opracování je snahou co nejvíce usnadnit manipulaci se zvířaty, tak aby se zároveň snížilo riziko kontaminace produkovaného masa a zároveň snížilo riziko výskytu vad masa. Následné procesy, které probíhají na boudě masa patří mezi náročné manuální činnosti, které se však daří automatizovat a tím minimalizovat podíl ruční práce.



Technologie pro dopravu a naskladnění drůbeže na porážku
(zdroj: eagri.cz)



Technologie pro dopravu a naskladnění drůbeže na porážku
(zdroj: eagri.cz)

Další inovace směřují především k prodloužení trvanlivosti a stabilizaci masných výrobků, jedná se o produkci pasterovaných masných výrobků v obalu, použití vysokého tlaku nebo využití pulzního elektrického pole. Se stabilizací produktů a prodloužením doby použitelnosti a trvanlivosti souvisí inovace v oblasti balení s využitím aktivních obalových prvků.

Použitá literatura

1. Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74 (1), 188–196.
2. Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., & Bee, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73(1), 29–41.
3. Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products , *Meat Science* 86 196–213.
4. Schwalfenberg, G. (2006). Omega-3 fatty acids — Their beneficial role in cardiovascular health. *Canadian Family Physician*, 52, 734–740.
5. Sebranek, J. G., & Bacus, J. N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate and nitrite: What are the issues? *Meat Science*, 77, 136–147.
6. Oberdieck, R. (2004). Fat protection for foods, especially meat products. *Fleischwirtschaft*, 84(10), 91–95.
7. Paleari, M. A., Moretti, V. M., Beretta, G., Mentasti, T., & Bersani, C. (2003). Cured products from different animal species. *Meat Science*, 63(4), 485–489.
8. Park, Y. (2009). Conjugated linoleic acid (CLA): Good or bad trans fat? *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, S4–S12 Suppl.

9. Ryan, E., Aherne, S. A., O'Grady, M. N., McGovern, L., Kerry, J. P., & O'Brien, N. M. (2009). Bioactivity of herb-enriched beef patties. *Journal of Medicinal Food*, 12(4), 893–901.
10. Bekhit A E-D.A., *Advances in Meat Processing Technology*, (2017), CRC Press.
11. Gou, P., Guerrero, L., Gelabert, J., & Arnau, J. (1996). Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42(1), 37–48.
12. <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/pubprv/prehled/>
13. Lopez-Lopez, I., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., & Jimenez-Colmenero, F. (2009). Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. *Meat Science*, 83(2), 255–262.

7 Výzkum membránové separace hovězí a vepřové krve

Vladimír Pour

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav sacharidů a cereálií

Technická 5, 166 28 Praha 6

e-mail: vladimir.pour@vscht.cz

Úvod

Membránové technologie nacházejí významné uplatnění při zpracování odpadů, mezi které lze zařadit také vepřovou a hovězí krev. Krev představuje problematický odpad, zejména vzhledem k vysoké hodnotě CHSK a BSK, velkému objemu, a obtížné manipulaci s ní a také problematické skladovatelnosti. S nárůstem cen za likvidaci tohoto odpadu se intenzivně hledají cesty optimálního zpracování a využití tohoto potravinářského odpadu.

Cíle experimentů

- ✓ **Najít vhodné podmínky pro zahuštění vepřové a hovězí krve – vhodná ultrafiltrační a nanofiltrační membrána, teplota, tlak, stupeň zakoncentrování.**
- ✓ **Předčištění krve mikrofiltrací – separace části proteinového podílu a následná ultrafiltrace získaného permeátu.**
- ✓ **Ověření vlivu podmínek mikro a ultrafiltrace na rychlost a účinnost separace.**
- ✓ **Navržení a ověření postupu při regeneraci a sanitaci membrán.**
- ✓ **Předpokládané technické požadavky potřebné pro případnou realizaci v provozním měřítku.**
- ✓ **Závěry a doporučení na základě provedených testů.**

Materiál a metody

Použitá zařízení

Pro realizaci čištění zvířecí krve v poloprovozních podmínkách byla použita filtrační zařízení pro mikrofiltraci a ultrafiltraci, na kterých proběhly prvotní laboratorní zkoušky.

Jednotka T.I.A. (Bollene) pro mikro a ultrafiltraci

Filtrační jednotka pro tangenciální filtraci (Obr. 1) francouzské firmy T.I.A. Bollene je osazena dvěma filtračními keramickými membránami MEMBRALOX (Francie) s plochou $2 \times 0,24 \text{ m}^2$. Limitní pracovní podmínky jsou: teplota do 85°C , tlak do 0,6 MPa, rozsah pH 0,5-13,5. Filtrační jednotka pracuje vsádkově se vstupním objemem max. 50 l.



Obr. 1: Filtrační jednotka TIA

Jednotka T.I.A. (Bollene) RO/NF/UF

Filtrační jednotka pro ultrafiltraci, nanofiltraci a reverzní osmózu (Obr. 2) francouzské firmy T.I.A. Bollene může být osazena až dvěma filtračními spirálně vinutými moduly UF nebo NF o ploše $2 \times 2,6 \text{ m}^2$ nebo jedním RO

modulem o ploše 2,4 m². Limitní pracovní podmínky jsou: teplota do 55°C, tlak do 10 bar pro moduly UF, teplota do 55°C a tlak do 35 bar pro moduly NF a do 40 bar, pro modul RO. I tato jednotka pracuje vsádkově se vstupním objemem max. 100 l.



Obr. 2: Filtrační jednotka TIA RO/NF/UF

Měření vodního výkonu na membránách

Vodní výkon se měřil před filtrací a po promytí modulu a membrány vodou tak, že se měřila hmotnost vody při teplotě 15 - 25 °C a tlaku stejném jako byl tlak při filtraci. Vodní výkon (J_v) byl pak spočítán jako průtok permeátu při filtraci vody za teploty 20 °C a vypočten podle vzorce:

$$J_v = J_P \cdot k_T / S \quad [l \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}] \quad (1)$$

kde: J_P = průtok permeátu $[l \cdot h^{-1}]$

S = filtrační plocha $[m^2]$

k_T = viskozitní koeficient pro přepočet na teplotu 20 °C $[1]$

Procentuální rozdíl ve vodních výkonech před filtrací a po čištění se pak vyjádřil jako:

$$\Delta J_v = (J_{v_{před}} - J_{v_{po}}) \cdot 100 / J_{v_{před}} \quad [\%] \quad (2)$$

kde: $J_{v_{před}}$ je vodní výkon před filtrací a $J_{v_{po}}$ je vodní výkon po čištění membrány [$\text{l} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$].

Specifikace vstupních vzorků

Byla zpracovávána zvířecí krev a to hovězí krev, vepřová krev a také směs hovězí a vepřové krve. U vstupních vzorků byla stanovena sušina a změřeno pH.

Tab. I: Specifikace vstupních vzorků krve

Ukazatel	Jednotka	Hovězí krev	Vepřová krev	Směs vepřová a hovězí krev
Sušina	%	11,5	12,8	11,8
pH		7,4	7,5	7,5

Podmínky měření

Měření probíhalo za různých provozních podmínek (teplota, tlak, znečištění vstupních vzorků, průtok) a to jak v oblasti mikrofiltrace, tak i v oblasti ultrafiltrace.

Příprava vzorků krve a podmínky mikrofiltrace

Vzorky krve se filtrovaly vždy po předchozí mechanické filtraci. Mechanická filtrace byla nutná z důvodu odstranění pevného podílu (sraženin – krevní koláč), které ve vzorcích byly přítomny i přes počáteční ošetření vzorků citranem sodným, přímo při odběru krve. Bez této mechanické filtrace by další operace nebyly možné. Tato filtrace probíhala přes nerezové síto s oky 0,6 mm. Na síť byl zadržen nejen krevní koláč, ale i hrubé částice organického původu o velikosti několika mm. U vzorku hovězí krve byl podíl sraženiny a hrubých částic tak velký, že objem krve po mechanické filtraci byl tak malý, že membránovou filtraci na poloprovozním

zařízení nešlo dále provést. Mikrofiltrace následně probíhala na keramické membráně Membralox. Přehled a podmínky mikrofiltrace jsou uvedeny v Tab. II.

Tab. II: Přehled podmínek při mikrofiltraci krve

<i>označení</i>	<i>velikost pórů membrány</i>		<i>tlak bar</i>	<i>teplota ° C</i>
	<i>1. stupeň</i>	<i>2. stupeň</i>		
MF 1	0,6 mm	0,8 µm	1	15 – 18
MF 2	0,6 mm	0,8 µm	1	15 – 20

Podmínky ultrafiltrace po mikrofiltraci krve

Permeát získaný po mikrofiltraci byl dále separován UF membránou při teplotě max. 20 °C a tlaku do 10 bar. Přehled a podmínky filtrace jsou uvedeny v Tab. III.

Tab. III: Přehled podmínek při ultrafiltraci

<i>označení</i>	<i>tlak bar</i>	<i>teplota ° C</i>
UF 1	10	16 – 20
UF 2	10	18 – 20

Čištění membrán a zařízení po filtraci

Čištění membrán po filtraci těchto vzorků je značně komplikované, především z důvodu vysokého organického znečištění na vstupu, které ve vzorkách bylo i přes přídavek roztoku citranu sodného (zamezení srážlivosti a sedimentace). I přes snahu co nejpečlivěji odstranit tyto nečistoty při vstupní mechanické filtraci (0,6 mm), bylo čištění největším problémem celého procesu.

Čištění keramických membrán po mikrofiltraci

Po filtraci se modul s keramickou membránou na základě předchozích zkoušek promýval několikrát pitnou vodou z vodovodního řádu (po filtraci na 100 μ m). Následně se celý modul čistil 3% roztokem chlornanu sodného při teplotě 60 °C po dobu 60 – 80 minut a celý se dvakrát propláchl pitnou vodou, toto však nestačilo k nastolení původního vodního výkonu membrány a proto muselo být čištěno dále 3% roztokem ULTRASILU 115 (výrobce ECOLAB) při 50 °C po dobu 120 minut. Následně bylo opět promýváno pitnou vodou. Ani toto ještě nestačilo a muselo být přistoupeno k dalšímu čištění 3 % roztokem HNO₃ po dobu 12 hodin a po neutralizaci pitnou vodou došlo k nastolení původního výkonu membrány. Bylo zkoušeno i kombinované čištění 3 % roztokem HNO₃ při teplotě 50 °C po dobu 3 hodin a po neutralizaci pitnou vodou pak čištění 3 % roztokem NaOH opět po dobu 3 hodin. Po neutralizaci bylo dosaženo původního výkonu membrány. Optimalizace čistícího procesu je velice problematická také s ohledem na značně proměnlivé složení jednotlivých vzorků krve.

Čištění spirálně vinutého modulu po ultrafiltraci

Spirálně vinutý modul se několikrát promýval po UF pitnou vodou a následně čistil 3% roztokem ULTRASILU 115 po dobu 3 hodin. Následovalo proplachování pitnou vodou, což však k vyčištění ještě nestačilo. Docházelo k postupnému vymývání retentátového prostoru membrány po dobu několika hodin. Byla následně odzkoušena řada dalších činidel pro čištění těchto membrán. Jako nejvýhodnější se zdá být čištění 5 % roztokem HNO₃ při teplotě 45 °C po dobu 1 hodiny a pak čištění 3 % roztokem NaOH opět po dobu 1 hodin. Tímto postupem bylo dosaženo, po důkladném propláchnutí pitnou vodou, původního vodního výkonu membrány, resp. čištění bylo považováno za dostatečné, pokud se hodnoty vodních výkonů před UF a po čištění filtračního modulu lišily o méně než 5%.

Závěr

Membránové separační technologie umožní zvířecí krev rozdělit na permeát a koncentrát (retentát). Permeát by mohl být částečně vrácen zpět do výrobního procesu a dále pak v lepší kvalitě a v menším objemu převáděn do čistírny odpadních vod. Zakoncentrovaná část (retentát) by mohla být přidávána do různých krmiv, případně sušena a v této stabilizované formě dále využita opět jako krmivo.

Využití jak keramických tak polymerních membrán se jeví výhodné zejména pro jejich energetickou nenáročnost v porovnání s klasickými technologiemi, jako jsou odpařování, zahušťování a sušení. Jako ve všech technologiích, tak i zde však musíme počítat s omezeními. Limitujícími faktory jsou v tomto případě zanášení membrán a tedy i jejich následná složitá regenerace. Tomuto by se dalo předejít lepší úpravou vstupující krve do filtračního procesu.

Laboratorní zkoušky na VŠCHT ukázaly cestu, která může vést k získání cenných látek z krve za současného snížení objemu odpadů, produkovaných při porážce jak hovězího tak i vepřového dobytka.

8 Abecední seznam autorů

AUTOR

INSTITUCE

B

Bierhanzl David	VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6
Binder Michal	Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6

D

Dostálek Pavel	VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6
Dráb Vladimír	Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6
Drbohlav Jan	Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6
Dymar Tatjana	Představitel'stvo MEGA a.s. v Respublike Belarus

E

Ečer Jiří	MemBrain s.r.o., Pod Vinicí 87, 471 27 Stráž pod Ralskem
------------------	---

J

Jurkaninová Lucie	VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6
--------------------------	--

N

Nešpor Jakub	VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6
---------------------	--

P

Pour Vladimír VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6

R

Roubal Petr Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a,
160 00 Praha 6

S

Skřivan Pavel VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6

Sluková Marcela VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6

Š

Švec Ivan VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6

Ševčík Rudolf VŠCHT Praha, Technická 1905/5,166 28 Praha 6



© Potravinářská komora České republiky
Česká technologická platforma pro potraviny

Počernická 96/272, 108 03 Praha 10 – Malešice

Tel.: +420 296 411 187

e-mail: foodnet@foodnet.cz

www.ctpp.cz

www.foodnet.cz

www.reformulace.cz

ISBN 978-80-88019-39-8

ISBN 978-80-907673-0-0

