

KLIMEŠOVÁ M., HANUŠ O., NEJESCHLEBOVÁ H., NECIDOVÁ L., BURSOVÁ Š., VORLOVÁ L., HARUŠTIAKOVÁ D., MARTÍNKOVÁ N. (2023): Transport vzorků pro mikrobiologické vyšetření – doporučení pro postup mikrobiologických analýz v syrovém mléce při porušení chladového režimu během transportu vzorků do laboratoře. Schválená metodika, Vydal MILCOM a.s., Ke Dvoru 12a, Praha. ISBN 978-80-88390-06-0.

KLIMEŠOVÁ M., NEJESCHLEBOVÁ H., VORLOVÁ L., NECIDOVÁ L., BURSOVÁ Š., HANUŠ O., NEJESCHLEBOVÁ L., VONDRUŠKOVÁ E., KOPECKÝ J. (2022): Vliv teploty na vybrané ukazatele syrového mléka. *Mlékařské listy (Zpravodaj)*, 194, 33 (5), s. 16–22.

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potravinu živočišného původu.

Korespondující autor:

doc. RNDr. Marcela Klimešová, Ph.D.,
Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a,
160 00 Praha 6, e-mail: marcela.vyletelova@seznam.cz

Přijato do tisku: 21. 10. 2024

Lektorováno: 13. 11. 2024

FUNKČNÍ VLASTNOSTI EXOPOLYSACHARIDŮ BAKTERIÍ MLÉČNÉHO KVAŠENÍ

Jiří Štětina¹, Ilaha Sultanova¹, Veronika Stetsenko¹,
Blanka Vrchotová¹, Ivana Hyršlová², Irena Němečková²

¹ Ústav mléka, tuků a kosmetiky, Vysoká škola chemicko-
technologická v Praze

² Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Praha

Functional properties of exopolysaccharides of lactic acid bacteria

Abstrakt

Byl stanoven obsah exopolysacharidů 4 vybraných kmenů bakterií jogurtové kultury (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CCDM 66, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CCDM 767, *Streptococcus thermophilus* CCDM 129, *Streptococcus thermophilus* CCDM 144) po kultivaci v mléce a byly charakterizovány reologické vlastnosti a synereze jogurtů s rozmíchaným a nerozmíchaným koagulátem vyrobených pomocí kultur vytvořených jejich kombinací. Obsah exopolysacharidů se pohyboval v rozmezí 13 – 129 mg/L. Nejvyšší pevnosti gelu, zdánlivé viskozity rozmíchaného koagulátu a nejnižší synereze bylo dosaženo při fermentaci kulturou *L. bulgaricus* CCDM 767 a *Str. thermophilus* CCDM 144. Tato kultura ovšem poskytovala nejnižší mez toku rozmíchaného koagulátu. Nejnižší pevnosti gelu a zdánlivé viskozity rozmíchaného koagulátu bylo dosaženo při fermentaci kulturou *L. bulgaricus* CCDM 66 a *Str. thermophilus* CCDM 129. Jogurt vyrobený pomocí kul-

tury *L. bulgaricus* CCDM 66 a *Str. thermophilus* CCDM 144 vykazoval významné zvýšení synereze, což ukazuje na riziko nevhodné kombinace exopolysacharidů kmenů bakterií mléčného kvašení.

Klíčová slova: jogurt, exopolysacharidy, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, pevnost gelu, zdánlivá viskozita, synereze

Abstract

The content of exopolysaccharides of 4 selected strains of lactic acid bacteria from yogurt starter (*Lactobacillus bulgaricus* CCDM 66, *Lactobacillus bulgaricus* CCDM 767, *Streptococcus thermophilus* CCDM 129, *Streptococcus thermophilus* CCDM 144) was determined after cultivation in milk, and the rheological properties and syneresis of set-type and stirred-type yogurts produced using cultures created by their combination. The content of exopolysaccharides ranged from 13 to 129 mg/L. The highest gel strength, apparent viscosity of the stirred coagulum and the lowest syneresis were achieved during fermentation with starter *L. bulgaricus* CCDM 767 and *Str. thermophilus* CCDM 144. However, this culture provided the lowest yield stress of the stirred coagulum. The lowest gel strength and apparent viscosity was achieved during fermentation with *Lactobacillus bulgaricus* CCDM 66 and *Streptococcus thermophilus* CCDM 129. Yogurt produced using *Lactobacillus bulgaricus* CCDM 66 and *Str. thermophilus* CCDM 144 showed a significant increase in syneresis, indicating the risk of inappropriate combination of exopolysaccharides of lactic acid bacteria strains.

Key words: yogurt, exopolysaccharides, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, gel strength, apparent viscosity, syneresis

Úvod

Řada bakterií mléčného kvašení produkuje při fermentaci extracelulární polymery tzv. exopolysacharidy (EPS), které ovlivňují texturu mléčných výrobků, zvyšují viskozitu vodné fáze, zvyšují tuhost gelu mléčných bílkovin, vaznost vody a snižují jeho synerezi. Jedná se o velmi různorodou skupinu obvykle heteropolysacharidů tvořených z opakujících se podjednotek 3–8 různých monosacharidů, hlavně glukózy, galaktózy, rhamnózy, N-acetylglukosaminu nebo N-acetylgalaktosaminu, případně kyseliny glukuronové. (Broadbent, McMahon et al. 2003). Podle zastoupení monomerů pak mohou být EPS neutrální, či anionické, což pak určuje jejich interakce s mléčnými bílkoviny. Ke složitosti chemické struktury EPS přispívá variabilita vazebných pozic monosacharidů, velikost opakujících se jednotek a počet a délka postranních řetězců. Další variabilitou EPS je molekulová hmotnost, která se pohybuje v rozmezí od 10 do 1 000 kDa. β -1,4- glykosidické vazby vedou k tužším řetězcům než β -1,2-, β -1,3- nebo β -1,6- vazby

a α -glykosidické vazby tvoří obecně pružnější strukturu EPS. Přítom dlouhé, tuhé postranní řetězce, tuhá struktura a vysoká molekulová hmotnost polymeru vede ke zvýšení jeho limitního viskozitního čísla a tím viskozity produktu. (Tiwari, Kavitate et al. 2021) Navíc EPS mohou po syntéze zůstat u povrchu bakteriální buňky (tvořit kapsule) nebo mohou být volně vylučovány do okolního prostředí, což také ovlivňuje jejich funkční vlastnosti. (Mende, Rohm et al. 2016) Velký vliv na reologické vlastnosti fermentovaného mléka mohou mít interakce s mléčnými bílkovinami, které mohou vést buď ke zpevnění struktury gelu, nebo naopak k separaci fází a zhoršení textury výrobku. (Ayala-Hernandez, Goff et al. 2008)

Jak známo, též mikroorganismy jogurtové kultury *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus* jsou schopny EPS produkovat, čehož se využívá i v průmyslové praxi. (Kumar, Kumar et al. 2022) Množství EPS ve vzorcích komerčních jogurtů se přitom uvádí od 10 do 170 mg L⁻¹, v modelových vzorcích až 400 mg L⁻¹ (Folkenberg, Dejmeke et al. 2006), ale vzhledem k jejich variabilitě mohou být účinky velmi různorodé. Při srovnání různých kultur tedy není, z hlediska jejich účinku na reologické vlastnosti produktu, množství produkovaných EPS rozhodující. (Korcz and Varga 2021) Přítom ve směsných kulturách závisí jejich výsledný efekt na současném působení různých EPS. V práci proto byly hodnoceny vlastnosti modelových výrobků fermentovaných kombinací 4 kmenů mikroorganismů tvořících jogurtovou kulturu, které vykazovaly odlišné reologické vlastnosti.

Metodika

Suroviny

Pro výrobu jogurtu bylo použito „Trvanlivé UHT mléko odstředěné“ (Mlékárna Pragolaktos a.s., 0,3 % tuku, obsah bílkovin 3,4 %) s přísadkou sušeného odstředěného mléka (Moravia Lacto, a.s., 0,5 % tuku, obsah bílkovin 33,8 %) a mikrobiální kultury ze Sběrky mlékárenských mikroorganismů Laktoflora, Milcom a.s, Praha:

- *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CCDM 66
- *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CCDM 767
- *Streptococcus thermophilus* CCDM 129
- *Streptococcus thermophilus* CCDM 144

Stanovení produkce exopolysacharidů

Stanovení bylo provedeno po kultivaci jednotlivých kmenů bakterií mléčného kvašení v trvanlivém nízkotučném mléce. Koagulát byl tepelně ošetřen (95°C; 15 minut) a po zchlazení byla přidána trichloroctová kyselina tak, aby výsledná koncentrace byla 20 %hm. Po 30 minutách stání při laboratorní teplotě byla směs centrifugována (8 600 x g; 15 minut; 4 °C). Supernatant byl smíchán s etanolem (96 %) v poměru 1:3 objemově a ponechán přes noc při 4 °C. Po centrifugaci (8 600 x g; 15 minut; 4 °C) byl supernatant odebrán a peleta vysušena při 55 °C. Peleta byla vzápětí rozpuštěna v deionizované

vodě a dialyzována 3 dny proti deionizované vodě (Dialysis tubing cellulose membrane, Sigma D9527-100FT; 12-14 000 Da). Dialyzát byl smíchán s etanolem (96 %) v poměru 1:3 objemově a přidána 1 M HCl v poměru 1:1000. Směs pak byla ponechána přes noc při 4 °C. Po centrifugaci (8 600 x g; 15 minut; 4 °C) byl odebrán supernatant, peleta vysušena při 55 °C a zvážena.

Výroba jogurtu

Pro výrobu jogurtu bylo použito trvanlivé mléko s přísadkou 50 g sušeného odstředěného mléka na 1 kg směsi. Po smíchání surovin byla směs pasterována při teplotě 85 °C po dobu 10 minut (od dosažení požadované teploty) a vychlazena na fermentační teplotu.

Pro fermentaci byly použity jogurtové kultury vytvořené kombinací uvedených kmenů bakterií mléčného kvašení, které podle předběžného hodnocení vykazovaly buď nízkou nebo naopak vysokou táhlovitou konzistenci koagulátu:

- SS – kombinace kmenů nevykazujících táhlovitou konzistenci *Str. thermophilus* CCDM 129 a *L. bulgaricus* CCDM 66
- ST – kombinace *Str. thermophilus* CCDM 129 nevykazující táhlovitou konzistenci a *L. bulgaricus* CCDM 767 s táhlovitou konzistencí
- TS – kombinace *Str. thermophilus* CCDM 144 s táhlovitou konzistencí a *L. bulgaricus* CCDM 66 bez táhlovité konzistence
- TT – kombinace kmenů vykazujících táhlovitou konzistenci *Str. thermophilus* CCDM 144 a *L. bulgaricus* CCDM 767

Po inokulaci (0,1 %) bylo směs přelita do kelímků (průměr 6 cm, hmotnost vzorku 80 g) pro stanovení reologických vlastností jogurtu nebo do zkumavek Falcon (15 ml) pro stanovení synerese. Fermentace probíhala při teplotě 30 °C po dobu 16-18 hod do dosažení pH 4,4–4,6. Pak byly zkumavky a část kelímků pro hodnocení nerozmíchaného koagulátu přemístěna do lednice a vychlazena na teplotu 4–5 °C. Druhá část byla použita pro výrobu modelových jogurtů s rozmíchaným koagulátem. Pro posouzení vlivu kultury na obnovení struktury koagulátu bylo provedeno rozmíchání při dvou různých teplotách:

rozmíchání v chladu – vzorky byly nejprve přemístěny do lednice, do druhého dne vychlazeny na teplotu 5 °C a následně rozmíchány.

rozmíchání za tepla – vzorky byly bezprostředně po fermentaci rozmíchány (při fermentační teplotě 30 °C) a následně přemístěny do lednice a vychlazeny na teplotu 5 °C

Vzorky byly rozmíchány pomocí mechanického míchadla RZR 2102 (Heidolph Instruments GmbH & Co. KG; Německo) s míchací kotvou R1330 (průměr 45 mm, šířka 5 mm a výška 55 mm), při 300 otáčkách za minutu po dobu 1 minutu.

Byly provedeny dvě nezávislé výroby. Hodnocení výrobků bylo provedeno po 5 dnech skladování při teplotě 4-5 °C

Hodnocení reologických vlastností jogurtu s nerozmíchaným koagulátem

Reologické vlastnosti jogurtu byly stanoveny při teplotě 5 °C pomocí reometru Viskotester iQ (Thermo Haake, Německo) s geometrií lopatkového vřetene FL22. Měření bylo řízeno softwarem RheoWin Job Manager a vyhodnocení RheoWin Data Manager v. 4.86 (Thermo Haake, Německo). Byla sledována časová závislost smykového napětí při frekvenci otáčení geometrie 100 min⁻¹ po dobu 300 sekund. Maximální hodnota napětí na počátku časové závislosti udává pevnost gelu, konečná hodnota poměru napětí a úhlové rychlosti geometrie udává zdánlivou viskozitu po rozmíchání koagulátu, které simuluje rozmíchání výrobku spotřebitelem. Bylo provedeno 5 paralelních stanovení.

Hodnocení synerexe

Sklon gelu jogurtu s nerozmíchaným koagulátem k synerezi byl stanoven zátěžovým testem při působení odstředivé síly pomocí centrifugy EBA 200 (Hettich GmbH & Co. KG, Německo). Vzorky fermentované ve zkumavkách Falcon 15 ml byly vystaveny relativnímu odstředivému zrychlení 3000 g po dobu 3 min. Uvolněná syrovátka byla po odstředění odlita a byla změřena hmotnost zkumavky se vzorkem bez syrovátky. Synereze byla vyjádřena jako relativní množství uvolněné syrovátky vztažené na počáteční hmotnost vzorku. Pro každý vzorek byla provedena 3 paralelní stanovení.

Hodnocení reologických vlastností jogurtu s rozmíchaným koagulátem

Hodnocení bylo provedeno pomocí reometru Kinexus (Malvern Instruments Ltd., UK) s geometrií koaxiálních válců CC25 při teplotě 10 °C. Byla sledována závislost zdánlivé viskozity při zvyšování smykového napětí z hodnoty 0,1 Pa rychlostí 1 Pa/s až do dosažení smykové rychlosti 100 s⁻¹. Mez toku τ_0 byla vyhodnocena jako napětí, kdy bylo dosaženo maximální hodnoty zdánlivé viskozity.

Dále byla sledována časová závislost zdánlivé viskozity po dobu 5 minut působení smykové rychlosti 100 s⁻¹, ze které byly vyhodnoceny počáteční a konečné hodnoty zdánlivé viskozity η_1 a η_2 .

Pro každý vzorek byla provedena 3 paralelní stanovení.

Statistická analýza

Ke statistickému zpracování získaných dat byl použit tabulkový procesor Microsoft Excel (Microsoft Corporation, USA). Pro stanovení statistické významnosti rozdílu mezi vzorky byla použita analýza rozptylu dvou faktorů s opakováním (ANOVA) zohledňující vliv rozdílu mezi nezávislými experimenty.

Výsledky

Pro laboratorní výrobu modelových jogurtů byly použity kombinace kmenů bakterií mléčného kvašení, které podle deklarace sbírky mikroorganismů vykazují,

Tab. 1 Obsah exopolysacharidů (EPS) v mléce po fermentaci vybranými kmeny bakterií mléčného kvašení tvořících jogurtovou kulturu

Kultura	kmen	Táhlovitá konzistence	obsah EPS (mg/L)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	CCDM 66	ne	129
	CCDM 767	ANO	126
<i>Streptococcus thermophilus</i>	CCDM 129	ne	13
	CCDM 144	ANO	87

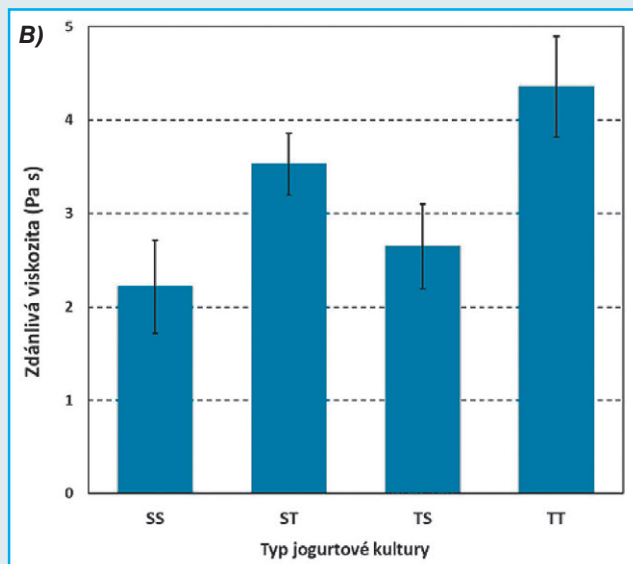
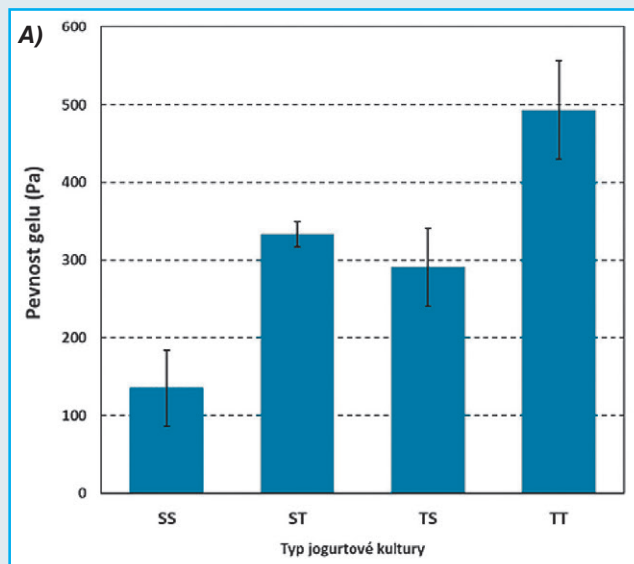
nebo naopak nevykazují, táhlovitou konzistenci. Výsledky ukazují (Tab. 1), že kmeny *Str. thermophilus* měly nižší produkci EPS, přičemž kmen s deklarovanou táhlovitou konzistencí dosahoval produkce jen 87 mg/L. Vyšší produkci EPS (nad 120 mg/L) vykazovaly oba kmeny *L. bulgaricus*, ovšem nezávisle na táhlovité konzistenci. To je v souladu s poznatky řady autorů, že vliv EPS na konzistenci fermentovaného mléka často nezávisí na jejich obsahu, ale ve větší míře na jejich složení a molekulové hmotnosti. (Korcz and Varga 2021) Významný vliv má též skutečnost, zda se jedná o volné či kapsulární EPS. (Mende, Rohm et al. 2016)

Výsledky stanovení vlivu typu jogurtové kultury daného kombinací kmenů s táhlovitou konzistencí a kmenů, které táhlovitou konzistencí nevytváří, na reologické vlastnosti modelových výrobků s nerozmíchaným koagulátem (Obr. 1 A a B) ukazují velký vliv EPS produkovaných kulturou *L. bulgaricus* CCDM 767 jak na pevnost gelu, tak na zdánlivou viskozitu koagulátu. Pevnost gelu spotřebitel vnímá při nabírání výrobku na lžičku a bezprostředně po vložení sousta do úst, zdánlivou viskozitu pak naopak při míchání výrobku lžičkou a pak při rozmělnění sousta v ústech. (LA TORRE, TAMIME et al. 2003) Průkazně nejvyšších hodnot ($P < 0,05$) dosáhl jogurt s kulturou TT tvořené oběma táhlovitými kmeny. Při srovnání výrobků připravených kulturami, které obsahovaly jen jeden kmen s táhlovitou konzistencí (ST a TS), dosáhla vyšších hodnot pevnosti gelu a viskozity kultura ST ($P < 0,05$), kde táhlovitou konzistencí produkuje *L. bulgaricus* CCDM 767. Kultura TS tedy měla významně nižší pevnost gelu i viskozitu než kultura TT, přestože kmen *L. bulgaricus* CCDM 66 produkuje srovnatelné množství EPS. Dá se tedy předpokládat, že se tyto EPS liší svým účinkem v důsledku rozdílného chemického složení a charakteru. (Tiwari, Kavitate et al. 2021) Ze srovnání kultur SS a TS ovšem vyplývá i průkazný pozitivní vliv ($P < 0,05$) EPS kmene *Str. thermophilus* CCDM 144.

Těž výsledky hodnocení synerexe gelu zátěžovým testem (Obr. 1 C) ukazují na vysoký vliv EPS produkovaných kmenem *L. bulgaricus* CCDM 767, kdy výrobky které jej obsahovaly (ST a TT) měly podíl uvolněné syrovátky až o řád nižší. Odlišný účinek ovšem měly EPS kmene *Str. thermophilus* CCDM 144, který v kultuře TS (v kombinaci s *L. bulgaricus* CCDM 66) poskytoval výrobek s významně vyšším podílem uvolněné syrovátky. Nabízí se hypotéza, že za toto zhoršení vaznosti vody v gelu jogurtu je odpovědné narušení struktury gelu v důsledku separa-

Obr. 1 Vliv typu jogurtové kultury na reologické vlastnosti a synerzi výrobku s nerozmíchaným koagulátem:**A)** Pevnost gelu; **B)** Zdánlivá viskozita po 5 minutách míchání v reometru; **C)** Synerze**SS** – *Str. thermophilus* CCDM 129 a *L. bulgaricus* CCDM 66;**ST** – *Str. thermophilus* CCDM 129 a *L. bulgaricus* CCDM 767;**TS** – *Str. thermophilus* CCDM 144 a *L. bulgaricus* CCDM 66;**TT** – *Str. thermophilus* CCDM 144 a *L. bulgaricus* CCDM 767

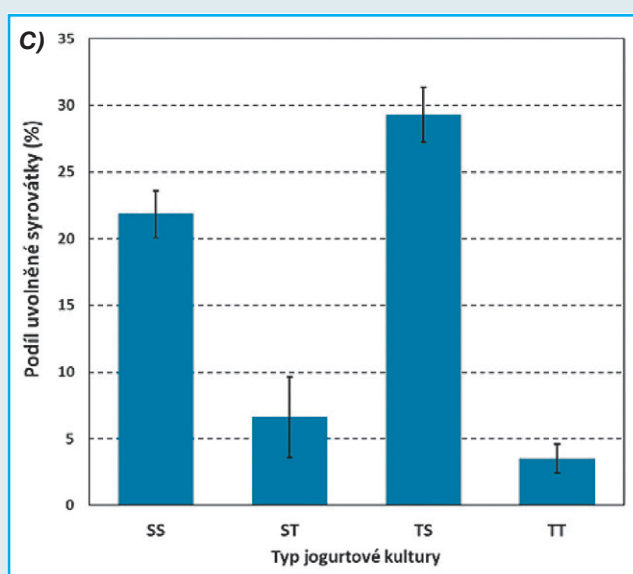
Chybové úsečky znázorňují výběrovou směrodatnou odchylku výsledků dvou nezávislých experimentů.



ce fází nemísitelných EPS produkovanými bakteriálními kmeny kultury TS. (Mende, Rohm et al. 2016)

V případě jogurtu s rozmíchaným koagulátem byl hodnocen nejprve vliv produkce EPS na mez toku výrobku po částečném obnovení struktury v závislosti na teplotě (Obr. 2 A). Tuto veličinu spotřebitel vnímá při nabírání výrobku na lžičku a bezprostředně po vložení sousta do úst. (Janhøj, Petersen et al. 2006) Výsledky ukazují nepříznivý vliv EPS na mez toku, kdy nejnižší mez toku mají jogurty kultury s obsahem bakteriálních kmenů s táhlovitou konzistencí (TT), ale průkazné snížení ($P < 0,05$) vykazují i při použití kombinace kultur ST a TS. Vyšší teplota rozmíchání (resp. následné obnovy struktury) vedla podle očekávání k průkazně ($P < 0,05$) vyšší hodnotě meze toku (Renan, Guyomarch et al. 2009) s výjimkou kombinace kultur TT, kde vyšší teplota zřejmě vedla k separaci fází a potlačení obnovy interakcí mezi částicemi koagulátu. (Mende, Rohm et al. 2016)

Hodnoty zdánlivé viskozity koagulátu (Obr. 2 B), které spotřebitel vnímá při míchání výrobku lžičkou a pak při rozmělnění sousta v ústech, (Janhøj, Petersen et al. 2006) vykazovaly podobnou závislost na použitém bakteriálním kmenu jako reologické vlastnosti výrobků s nerozmíchaným koagulátem. Nejvyšších hodnot zdánlivé viskozity ($P < 0,05$) dosáhly výrobky s kulturou TT tvořené oběma táhlovitými kmeny. V počáteční i konečné zdánlivé viskozitě výrobků rozmíchaných v chladu je ovšem, ve srovnání s nerozmíchaným koagulátem, příznivý vliv EPS produkovaných kulturou *L. bulgaricus* CCDM 767 patrný pouze v kombinaci TT s kulturou *Str. thermophilus* CCDM 144. Další kombinace s táhlovitou kulturou (ST a TT) naopak vykazovaly snížení zdánlivé viskozity. Ve výrobcích rozmíchaných při vyšší teplotě



(a tedy s následnou obnovou struktury až při postupném snižování teploty z teploty fermentace) se pak vliv produkce EPS projevil větším zvýšením viskozity, přičemž vliv *L. bulgaricus* CCDM 767 a *Str. thermophilus* CCDM 144 je srovnatelný. Destrukce struktury koagulátu při působení mechanického namáhání (pokles zdánlivé viskozity po 5 minutách působení smykové rychlosti) byla ovšem nižší ve výrobcích rozmíchaných v chladu ($P < 0,05$) a naopak byla vyšší ve výrobcích s kulturou *Str. thermophilus* CCDM 144 (varianty TS a TT).

Závěr

Stanovení obsahu exopolysacharidů sledovaných kmenů bakterií mléčného kvašení a rozdílný vliv na reolo-

Obr. 2 Vliv typu jogurtové kultury na reologické vlastnosti výrobku s rozmíchaným koagulátem:

A) Mez toku; **B)** Zdánlivá viskozita při smykové rychlosti 100 s^{-1} ($\eta_1 + \eta_2$ na počátku; η_2 po 5 minutách působení smykové rychlosti).

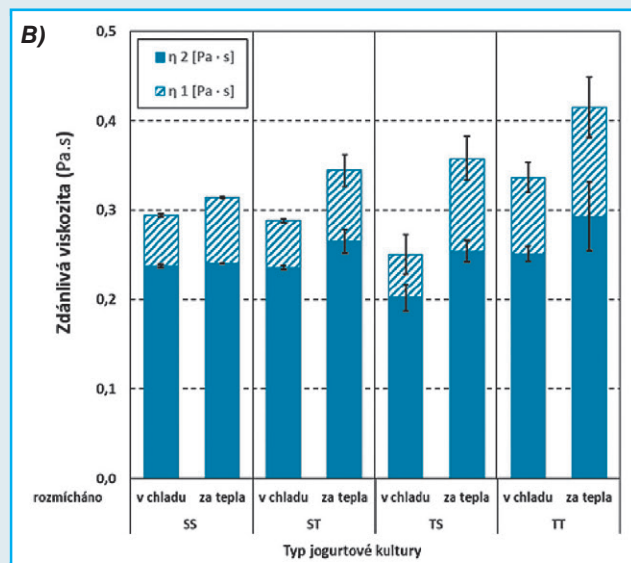
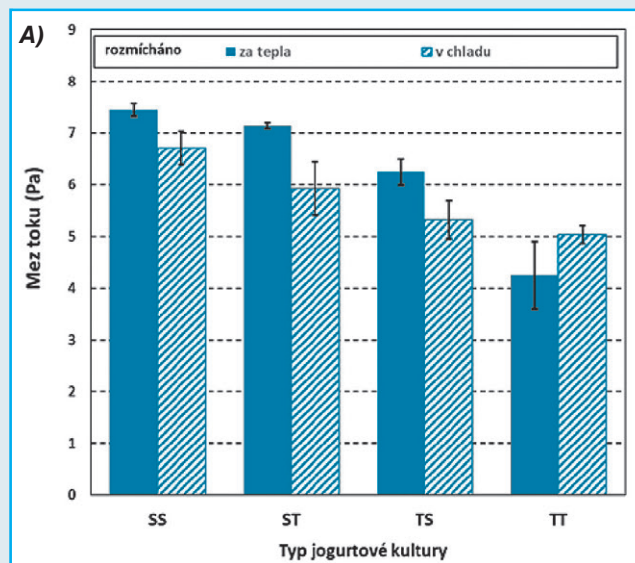
SS – *Str. thermophilus* CCDM 129 a *L. bulgaricus* CCDM 66;

ST – *Str. thermophilus* CCDM 129 a *L. bulgaricus* CCDM 767

TS – *Str. thermophilus* CCDM 144 a *L. bulgaricus* CCDM 66

TT – *Str. thermophilus* CCDM 144 a *L. bulgaricus* CCDM 767

Chybové úsečky znázorňují výběrovou směrodatnou odchylku výsledků dvou nezávislých experimentů.



gické vlastnosti výrobku při jejich kombinaci v jogurtové kultuře potvrzuje jejich význam při modifikaci textury výrobků. Byl potvrzen pozitivní vliv EPS *L. bulgaricus* CCDM 767 a *Str. thermophilus* CCDM 144 na reologické vlastnosti jogurtů. Kombinace různých kmenů jogurtové kultury však může mít i negativní důsledky pro vaznost vody či některé reologické vlastnosti koagulátu. To ukazuje na nutnost bližší charakterizace složení a dalších vlastností produkovaných exopolysacharidů.

Poděkování

Tato práce byla podpořena grantem Ministerstva zemědělství České republiky v projektu QK22010186.

Literatura

- AYALA-HERNANDEZ, I., GOFF H. D., CORREDIG M. (2008): Interactions Between Milk Proteins and Exopolysaccharides Produced by *Lactococcus lactis* Observed by Scanning Electron Microscopy. *Journal of Dairy Science*, 91, s. 2583–2590.
- BROADBENT, J. R., MCMAHON D. J., WELKER D. L., OBERG C. J., MOINEAU S. (2003): Biochemistry, Genetics, and Applications of Exopolysaccharide Production in *Streptococcus thermophilus*: A Review. *Journal of Dairy Science*, 86, s. 407–423.
- FOLKENBERG, D., DEJMEK P., SKRIVER A., SKOVGULDAGER H., IPSEN R. (2006): Sensory and rheological screening of exopolysaccharide producing strains of bacterial yoghurt cultures. *International Dairy Journal*, 16, s. 111–118.
- JANHØJ, T., PETERSEN C. B., FRØST M. B., IPSEN R. (2006): Sensory and rheological characterization of low-fat stirred yogurt. *Journal of Texture Studies*, 37, s. 276–299.
- KORCZ, E., VARGA L. (2021): Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: Techno-functional application in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 110, s. 375–384.
- KUMAR, S., KUMAR S., BUMBADIA M., SINGH S. K. (2022): Prospects and functionality of bacterial exopolysaccharides in dairy foods: A Review. *Journal of Agrisearch*, 9, s.: 1–5.

LA TORRE, L., TAMIME A. Y., MUIR D. D. (2003): Rheology and sensory profiling of set-type fermented milks made with different commercial probiotic and yoghurt starter cultures. *International Journal of Dairy Technology*, 56, s. 163–170.

MENDE, S., ROHM H., JAROS D. (2016): Influence of exopolysaccharides on the structure, texture, stability and sensory properties of yoghurt and related products. *International Dairy Journal*, 52, s. 57–71.

RENAN, M., GUYOMARCH F., ARNOULDELEST V., PAQUET D., BRULE G., FAMELART M. (2009): Rheological properties of stirred yoghurt as affected by gel pH on stirring, storage temperature and pH changes after stirring. *International Dairy Journal*, 19, s. 142–148.

TIWARI, S., KAVITAKE D., DEVI P. B., HALADY SHETTY P. (2021): Bacterial exopolysaccharides for improvement of technological, functional and rheological properties of yoghurt. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, s. 1585–1595.

Korespondenční autor: doc. Ing. Jiří Štětina, CSc., VŠCHT, Ústav mléka, tuků a kosmetiky, Technická 5, 166 28 Praha 6, e-mail: Jiri.Stetina@vscht.cz

Přijato do tisku: 12. 11. 2024

Lektorováno: 25. 11. 2024