

- BUCEK P., MILERSKI K., MAREŠ V., KONRÁD R., ROUBALOVÁ M., ŠKARYD V., RUCKI J., HAKL P. (2019): Chov ovcí a koz v České republice. Ročenka 2018. ČMSCH a.s. Praha, září, 189 s.
- ČSÚ (2020): Český statistický úřad. Katalog produktů. Soupis hospodářských zvířat - k 1. 4. 2019. [online]. © 2020. [cit. 2020-19-07]. Dostupné na www: <https://www.czso.cz/>
- FAOSTAT (2020): Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture data. Production. [online]. © 2020. [cit. 2020-19-07]. Dostupné na www: <http://faostat3.fao.org/home/E/>
- GIBBS P., MORPHITOU R., SAVVA G. (2004): Halloumi: Exporting to retain traditional food products. *British Food Journal*, 106, 569–576.
- JOSROVÁ L. (2018): Situační a výhledová zpráva – ovce a kozy. Ministerstvo zemědělství, Praha, 50 s. [online]. © 2020. [cit. 2020-15-07]. Dostupné na www: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/>
- HERIAN K. (2014): Prínos ovčích mléčných výrobků pro zdraví l'udí. *Mlékařské listy*, 143, I-VI.
- KOPP W. (2019): How western diet and lifestyle drive the pandemic of obesity and civilization diseases. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 12, 2221–2236.
- NAAGAR S., KANAWJIA S.K. (2019): Invited review: Recent advancements in the functionality of the components from goat milk and its products. *Indian Journal of Dairy Science*, 72, 453–461.
- PM FOOD & DAIRY CONSULTING (2014): World cheese market 2000-2020. [online]. © 2020. [cit. 2020-7-27]. Dostupné na www: <http://www.pmfod.com/upl/9735/WCMINFORMATION.pdf>
- PULINA G., MILÁN M.J., LAVÍN M.P., THEODORIDIS A., MORIN E., CAPOTE J., THOMAS D.L., FRANCESCONI A.H.D., CAJA G. (2018): Current production trends, farm structures, and economics of dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*, 101, 6715–6729.
- RYFFEL S., PICCINALI P., BÜTIKOFER U. (2008): Sensory descriptive analysis and consumer acceptability of selected Swiss goat and sheep cheeses. *Small Ruminant Research*, 79, 80–86.
- SVS ČR (2020): Státní veterinární správa České republiky. Registrované subjekty SVS. Zpracovatelé živočišných produktů pro přímý prodej v ČR. [online]. © 2020. [cit. 2020-3-16]. Dostupné na www: <https://www.svs.cz/>

Korespondující autor: doc. Ing. Eva Samková, Ph.D.,
Katedra potravinářských biotechnologií a kvality
zemědělských produktů, Zemědělská fakulta,
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Studentská 809, 370 05 České Budějovice,
e-mail: samkova@zf.jcu.cz

Přijato do tisku: 27. 7. 2020
Lektorováno: 10. 8. 2020

VLIV JEDNOBUNĚČNÝCH ŘAS A SINIC NA RŮST A ŽIVOTA- SCHOPNOST PROBIOTICKÝCH BAKTERIÍ A BAKTERIÍ MLÉČNÉHO KVAŠENÍ

Karolína Medová¹, Gabriela Krausová¹, Jana Smolová¹,
Tomáš Brányik², Olga Kronusová³

¹ Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o.,

Oddělení Mikrobiologie a Technologie

² Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,

Ústav Biotechnologie

³ EcoFuel Laboratories s.r.o., Praha 9

Effect of single-cell algae and cyanobacteria biomass on the growth and viability of probiotic and lactic acid bacteria

Abstrakt

Jednobuněčné řasy a sinice jsou v současné době využívány v potravinářském průmyslu za účelem zvýšení nutriční hodnoty potravin. Díky obsahu hodnotných látek, jako jsou proteiny, nenasycené mastné kyseliny, vitaminy, antioxidanty, pigmenty a oligo- a polysacharidy, mohou přinášet konzumentům mnohé zdravotní benefity. Látky obsažené v řasách mohou také působit pozitivně na růst probiotických bakterií a vykazovat tak prebiotický efekt. Přídavek jednobuněčných řas či sinic do fermentovaných mléčných výrobků může mít významný vliv na životaschopnost přítomných probiotických bakterií a bakterií mléčného kvašení. Kromě toho však může také negativně ovlivňovat senzorycké vlastnosti a tím také limitovat obsah řas ve výrobku. Tato práce se zabývá testováním prebiotického efektu biomasy chlorelly a spiruliny přidané do mléka a syrovátky a jejich vlivem na životaschopnost kmenů *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*. Součástí práce je také senzorycké hodnocení vzorků mléka a syrovátky s přidanými řasami. Čtyři druhy laboratorně vykultivované biomasy (*Chlorella* G11, *Chlorella* H14, *Chlorella* AUT a *Spirulina maxima*) byly aplikovány v práškové formě do mléka a syrovátky v koncentracích 0,2; 0,5 a 1 g/150 ml společně s testovanými kmeny. Přídavek všech druhů jednobuněčných řas a sinic vykazoval pozitivní prebiotický efekt na kmen *B. animalis* subsp. *lactis* v mléce i v syrovátce. Přidávky *Chlorella* G11 a *S. maxima* v mléce působily prebioticky na *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, zatímco nárůst *S. thermophilus* nebyl přídavkem řas ovlivněn. V některých případech vykazoval *S. thermophilus* lepší životaschopnost ve vzorcích bez biomasy. Z výsledků je zřejmé, že životaschopnost jednotlivých bakteriálních kmenů závisí jak na typu média, tak na přítomnosti prebiotických látek a schopnostech daného kmene je fermentovat.

Klíčová slova: *Chlorella*, *Spirulina*, prebiotika, bakterie mléčného kvašení, *Bifidobacterium*, funkční potravina

Abstract

Single-cell algae and cyanobacteria are abundantly used in various sectors of the food industry to improve the nutritional quality of food. Due to the high content of valuable components such as proteins, unsaturated fatty acids, vitamins, antioxidants, pigments, oligo- and polysaccharides could bring customers multiple health benefits. The substances contained in algae could also have a positive impact on probiotics. Addition of microalgae into fermented milk products can significantly influence the viability of present probiotics and lactic acid bac-

teria. Moreover, it can also have an impact on sensory attributes of final products. In this thesis, prebiotic and growth stimulatory effect of *Chlorella* and *Spirulina* was tested on *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Furthermore, the sensory characteristics of treatments were discussed. Four microalgae species (*Chlorella* G11, *Chlorella* H14, *Chlorella* AUT and *Spirulina maxima*) in powder form, obtained by laboratory cultivation process, were introduced to milk, sweet whey at concentrations 0,2; 0,5 and 1 g/150 ml alongside the probiotic cultures. The addition of all microalgae had a positive prebiotic effect on *B. animalis* subsp. *lactis* in milk and sweet whey. *Chlorella* G11 and *S. maxima* supplemented milk samples experienced higher count and viability improvement of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* while *S. thermophilus* survival rate was not influenced. The results showed that the viability of probiotics depends on the type of medium, prebiotics content and fermentation ability of present microorganisms.

Key words: *Chlorella*, *Spirulina*, prebiotics, lactic acid bacteria, *Bifidobacterium*, functional food

Úvod

Zelené řasy v dnešní době figurují v mnoha studiích především jako významní producenti kyslíku či jako mikroorganismy se schopností tvorby mnoha organických sloučenin z jednoduchých anorganických látek. Díky svému složení a obsahu cenných látek se využívají například k výrobě doplňků stravy, které se na trhu objevují nejčastěji ve formě prášků nebo tablet, ale také se přidávají přímo do běžných produktů, jako jsou sušenky a těstoviny. Nejčastěji se setkáváme s výrobky obsahujícími řasy z rodu *Chlorella* či sinici spirulinu. Obsah řas ve výrobcích však limitují jejich výrazné sensorické atributy (barva, chuť, vůně) a příprava potravin obohacených o řasy je tak výrazně omezena zachováním přijatelných sensorických vlastností. Kromě toho je proces kultivace řas poměrně ekonomicky náročný, podobně jako jejich následné zpracování (desintegrace, extrakce, sušení apod.) a přidavek řas do potravin ve větším množství může tedy výrazně ovlivnit výslednou cenu produktu.

Chlorella má eukaryotní buňku dosahující rozměru 2-10 mikrometrů a má pravidelný sférický tvar. Je významným zdrojem nutričně hodnotných látek. Kromě obsahu cenných vitamínů (B1, B2, B6, B12, C, D, E, K) a prvků (fosfor, selen, zinek, vápník) obsahuje v sušině až 61,6 % proteinů, 13,7 % sacharidů a 12,5 % lipidů (Beheshtipour a kol., 2013; Becker, 2007; Blas-Valdivia a kol., 2011). Pro svůj obsah polynenasycených mastných kyselin je *Chlorella* považována za jejich významný zdroj. Nalézt v nich můžeme například eikosapentaenovou kyselinu (EPA), dokosapentaenovou kyselinu (DPA) a především pak dokosahexaenovou kyselinu (DHA), jejíž obsah činí přibližně 21 % z celového množství lipidů (Tokuşoglu a Ünal, 2003). Látky

obsažené v chlorelle mohou mít mnohé zdravotní benefity. Příznivé účinky byly prokázány vůči širokému spektru onemocnění zahrnující různé druhy rakoviny, hypertenzi a hyperlipidemii, anémii i diabetes. Rovněž *Chlorella* vykazuje i antioxidační a protizánětlivé, antivirové a antibakteriální, antialergenní, hypolipidemické a hepatoprotektivní účinky (Beheshtipour a kol., 2013).

Spirulina, někdy též nazývána *Arthrospira*, je mnohobuněčná, vláknitá sinice spadající do oddělení *Cyanobacteria* (sinice), třídy *Cyanophyceae* a řádu *Oscillatoriales*. Z nutričního hlediska obsahuje *Spirulina* téměř všechny esenciální makronutrienty a mikronutrienty včetně minerálů, vitamínů a stopových prvků. Obsah proteinu v sušině dosahuje 60-70 % (Beheshtipour a kol., 2013), lipidy tvoří 4-7 % sušiny. Za významný je považován obsah esenciálních mastných kyselin, zejména linoleové kyseliny a gama-linolenové kyseliny (GLA). Ve spirulině najdeme fykobiliny podílející se na fotosyntéze: fykocyanin C a allofykocyanin a další barevné komplexy zodpovědné za charakteristické zbarvení spiruliny, chlorofyl, beta-karoten a xantofyly. Přibližně 14 % sušiny tvoří polysacharidy tvořené glukosou, rhamnosou, mannosou, xylosou a galaktosou (Beheshtipour a kol., 2013). Vitamíny obsaženými ve spirulině jsou vitamín B1, B2 a B3 a B12 (Sotiroudis a Sotiroudis, 2013). *Spirulina*, respektive látky v ní obsažené, mohou v lidském organismu působit například imunomodulačně, antivirově a antibakteriálně, hypolipidemicky, antioxidačně a protizánětlivě (Beheshtipour a kol., 2013; Sotiroudis a Sotiroudis, 2013).

Obsah nutričně hodnotných látek v chlorelle a spirulině přispívá k jejich využití v podobě prebiotik, tedy látek, které mohou působit pozitivně na růst a životaschopnost probiotických bakterií. Příznivý vliv na mikroorganismy v mléčných výrobcích mohou mít již zmíněné oligosacharidy, ale také vitamíny a dusík obsažený v neproteinových strukturách (Beheshtipour a kol., 2013). Předchozí studie uvádí signifikantní nárůst počtu probiotických bakterií (*L. acidophilus* a *B. lactis*) v jogurtech s přidavkem *Chlorella vulgaris* a *Spirulina platensis* oproti kontrolním vzorkům bez přidaných řas či sinic. Čím vyšší koncentrace řas výrobek obsahoval (0,25 až 1,0 %), tím vyšší byl i nárůst počtu testovaných mikroorganismů (Beheshtipour a kol., 2012).

Cílem této práce bylo testování prebiotického efektu tří laboratorně vykultivovaných řas a jednoho druhu sinice na bakterie jogurtové kultury (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *S. thermophilus*) a *B. animalis* subsp. *lactis* v mléce a v syrovátce a následné sensorické hodnocení připravených vzorků, které je důležitým faktorem k optimalizaci množství biomasy v produktu.

Materiál a metodika

Použité mikroorganismy

Jednobuněčné řasy a sinice (Tab. 1) byly poskytnuty biotechnologickou společností EcoFuel Laboratories s.r.o. Jedná se laboratorně vykultivované kmeny, které proza-

tím nejsou komerčně dostupné. Vzhledem k unikátním vlastnostem jednotlivých kmenů se způsoby kultivace lišily.

Chlorella G11 má nízký obsah chlorofylu a vysoký obsah karotenoidů, což způsobuje její výrazně žluté zbarvení. Kultivace probíhala heterotrofně v médiu s glukosou za nepřístupu světla. Kvůli ochraně luteinu nebyla dezintegrována vysokotlakou homogenizací. Vzhledem k nízkému obsahu chlorofylu je nejméně náchylná k oxidaci a hnědnutí způsobenému oxidací chlorofylů.

Chlorella AUT byla kultivována autotrofně na venkovních plošinách a má výraznou tmavě zelenou barvu díky vysokému obsahu chlorofylu. Dezintegrace probíhala pomocí průmyslového vysokotlakého homogenizátoru při tlaku 800 bar a průtoku 30-50 l/h.

Chlorella H14 je heterotrofní kmen kultivovaný ve fermentoru s obsahem glukosy. Kvůli heterotrofii postrádá výrazně zelené zbarvení a je světlejší. Způsob dezintegrace je totožný jako u *Chlorella* AUT.

Spirulina maxima byla kultivována autotrofně. Po kultivaci byla sprejově sušena na prášek. Dezintegrace v tomto případě nebyla nutná díky přítomnosti velmi křehké buněčné stěny.

Testované mikroorganismy (Tab. 1) pocházely ze sbírky VÚM s.r.o. Collection Culture of Dairy Microorganism Laktoflora®.

Tab. 1 Seznam použitých mikroorganismů a jejich označení

Mikroorganismus	Označení
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	CCDM 94
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	CCDM 176
<i>Streptococcus thermophilus</i>	CCDM 176
<i>Spirulina maxima</i>	
<i>Chlorella vulgaris</i> AUT	
<i>Chlorella vulgaris</i> G11	
<i>Chlorella vulgaris</i> H14	

Jako testovací médium bylo použito UHT trvanlivé mléko s obsahem tuku 1,5 % (Madeta, a.s., Dr. Halíř) a syrovátka (Moravia Lacto, a.s.).

Příprava vzorků k testování prebiotického efektu

Do sterilních plastových nádobek obsahujících mléko či syrovátku byly naváženy řasy či sinice v koncentracích 0,2; 0,5 a 1 gram na 150 ml výrobku. Všechny vzorky s přísadkou i bez přísadky řas či sinic určené pro testování prebiotického efektu na bakterie jogurtové kultury byly ošetřeny dlouhodobou (63 °C, 30 minut) a krátkodobou (95 °C, 5 minut) pasterací ve vodní lázni. Krátkodobá pasterace byla zvolena za účelem dosažení lepší mikrobiální kvality vzorků jednobuněčných řas a sinic. Při stanovování prebiotického efektu řas na kmen *B. animalis* subsp. *lactis* byla poté použita pouze krátkodobá pasterace vzorků díky vyšší účinnosti sterilizace. Po ošetření teplem byly všechny vzorky ihned zchlazeny na teplotu fermentace a inokulovány příslušnými kultura-

mi. S jogurtovou kulturou CCDM 176 bylo připraveno 0,1% inokulum, s bifidokulturou CCDM 94 1% inokulum. Vzorky s jogurtovou kulturou ošetřené dlouhodobou pasterací byly fermentovány 18 hodin při 30 °C, vzorky ošetřené krátkodobou pasterací 5 hodin při 42 °C a vzorky s *B. animalis* subsp. *lactis* byly fermentovány 24 hodin při teplotě 37 °C. Po uplynutí doby fermentace byly vzorky přesunuty do chladničky, podrobeny rozborům a skladovány při teplotě 5 °C pro další analýzu prováděnou po 14 a 28 dnech skladování.

Kmeny obsažené ve vzorcích mléka a syrovátky se analyzovaly plotnovou metodou s využitím desítkového ředění. U každého vzorku bylo z časových důvodů provedeno jedno měření. Metody kultivace použité ke stanovení počtů jednotlivých kmenů jsou uvedeny v Tab. 2. Veškerá média byla připravena z dehydratovaných médií (Merck, Německo) v závodě Tábor, MILCOM a.s.

Tab. 2 Kultivační podmínky pro jednotlivé kmeny

Mikroorganismus	Médium	Kultivační podmínky
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	TOS-propionátový agar	37 °C/48-72 h, anaerobně
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	MRS agar 5,7	37 °C/48 h, anaerobně
<i>Streptococcus thermophilus</i>	M17 agar	37 °C/48 h, aerobně

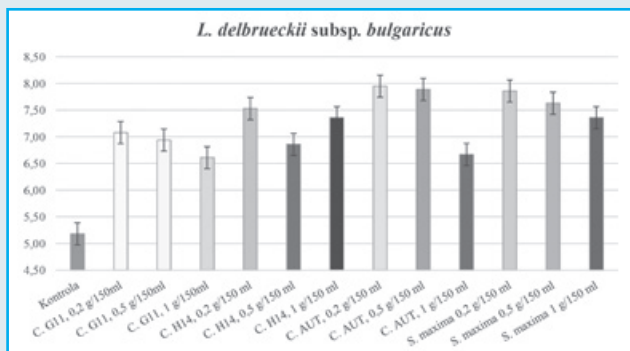
Senzorická analýza

Pro výběr konkrétní řasy nebo sinice a její nevhodnější koncentrace byla v rámci senzorického hodnocení použita pořadová zkouška dle normy ČSN ISO 8587. Hodnotil se celkový dojem ze vzorku zahrnující barvu, chuť a vůni. Vzorky byly porovnávány s kontrolou a hodnoceny na stupnici od 1 (nejlepší) do 5 (nejhorší) a poté seřazeny od nejlepšího po nejhorší. Nejednalo se o komisionální senzorické hodnocení, hodnotící tým se skládal z pěti výzkumných pracovníků Výzkumného ústavu mlékařského s.r.o.

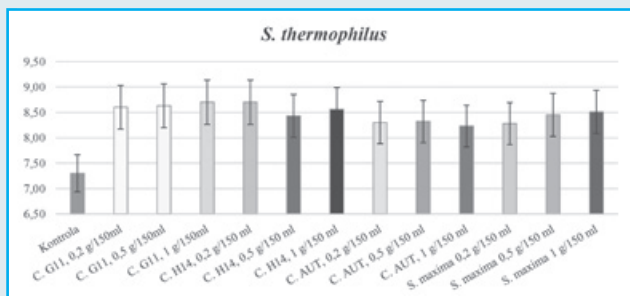
Výsledky a diskuse

Výsledky testování prebiotického účinku jednobuněčných řas a sinic na bakterie jogurtové kultury a *B. animalis* subsp. *lactis* jsou znázorněny graficky (Obr. 1-10). Jedná se o počty kmenů přítomné ve vzorcích mléka či syrovátky bezprostředně po fermentaci (0 dní skladování). Chybové úsečky v grafech byly vytvořeny automaticky v programu Excel jako 5% odchylky.

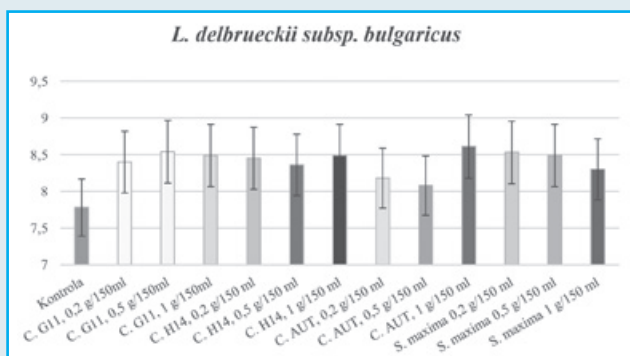
Na Obr. 1 a 2, kdy bylo médiem mléko ošetřené dlouhodobou pasterací, lze sledovat pozitivní prebiotický efekt řas na *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *S. thermophilus*. Oproti kontrole byl zaznamenán o 1-2 řády vyšší nárůst těchto mikroorganismů ve všech vzorcích s přísadkou biomasy. V kontrolním vzorku došlo po 28 dnech skladování k poklesu počtu *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, zatímco ve vzorcích s přísadkou *S. maxima* a *Chlorella* G11 byly sledovány poměrně konstantní počty obou mikroorganismů po celou dobu skladování, a to v případě



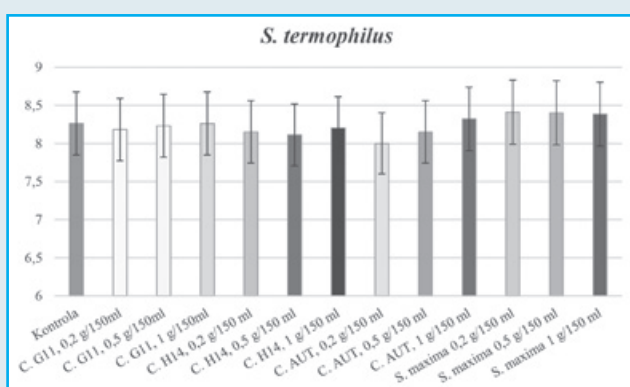
Obr. 1 Růst *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* v mléce ošetřeném dlouhodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)



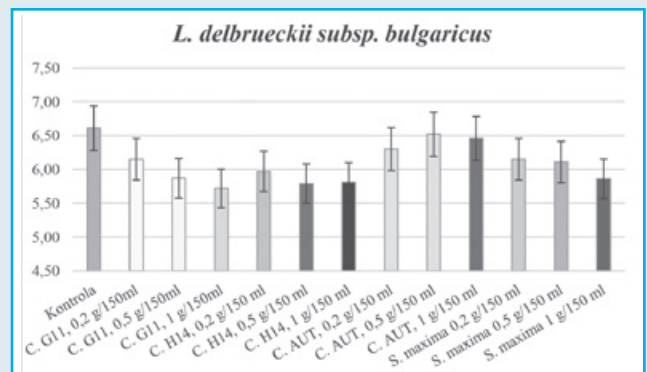
Obr. 2 Růst *S. thermophilus* v mléce ošetřeném dlouhodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)



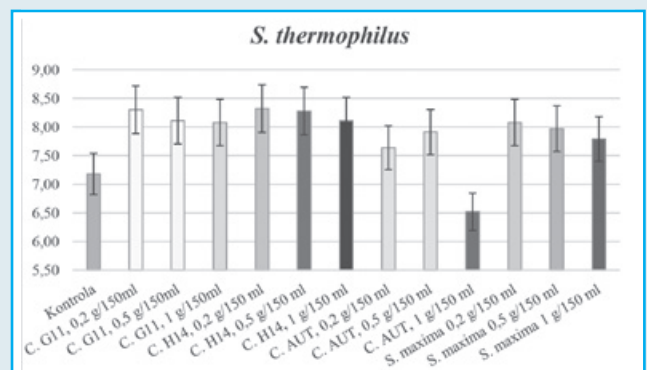
Obr. 3 Růst *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* v mléce ošetřeném krátkodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)



Obr. 4 Růst *S. thermophilus* v mléce ošetřeném krátkodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)



Obr. 5 Růst *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* v syrovátce ošetřené dlouhodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)

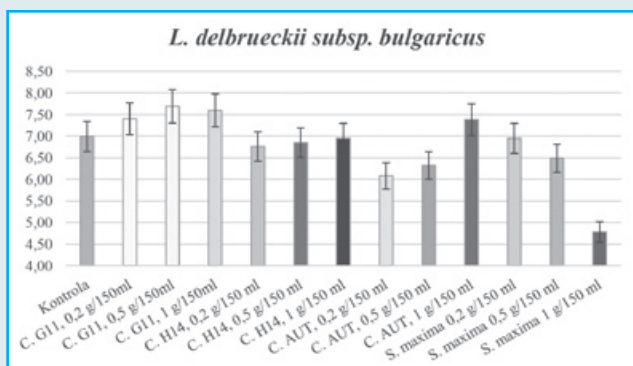


Obr. 6 Růst *S. thermophilus* v syrovátce ošetřené dlouhodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)

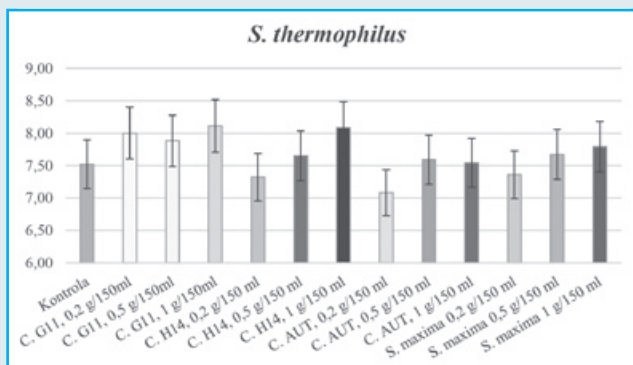
všech koncentrací přidávaných jednobuněčných řas či sinic (Tab. 3). Nejpříznivější výsledky byly pozorovány při koncentraci 0,2 g/150 ml v případě chlorelly G11 i *S. maxima*, kde jejich přidavky ve všech koncentracích měly pozitivní vliv na schopnost přežívání obou kmenů v průběhu skladování.

Na Obr. 3 a 4 (mléko ošetřené krátkodobou pasterací) lze pozorovat pozitivní prebiotický efekt jednobuněčných řas a sinic pouze na *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, kde byly počty vyšší než 10^7 KTJ/g zjištěny jak po fermentaci, tak i během skladování (s výjimkou chlorelly AUT, kde po 28 dnech došlo ke strmému poklesu). V případě *S. thermophilus* se počty po fermentaci nijak významně nelišily od kontrolního vzorku. Největší prebiotický efekt byl pozorován při přidavku chlorelly G11 při koncentraci 0,5 g/150 ml. V případě streptokoků nastal po 28 dnech skladování výrazný pokles až pod hodnotu 10^5 KTJ/g (Tab. 4). Výsledky dostupné studie (Fadaei a kol., 2013) uvádí, že *Spirulina platensis* přidaná do mléka má opravdu významný vliv na životaschopnost *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Oproti tomu, počet ani životnost *S. thermophilus* nebyly přidavkem řas ovlivněny. Výsledky této studie tak korespondují i s našimi výsledky.

V syrovátce ošetřené dlouhodobou pasterací (Obr. 5, 6) nebyl sledován prebiotický efekt biomasy na *L. delbrueckii*



Obr. 7 Růst *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* v syrovátce ošetřené krátkodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)



Obr. 8 Růst *S. thermophilus* v syrovátce ošetřené krátkodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)

kii subsp. bulgaricus při použití jakékoli řasy či sinice v jakékoliv koncentraci. Kontrolní vzorek obsahoval 10^6 KTJ/ml po celou dobu skladování, kdežto vzorky obohacené biomasou zaznamenaly pokles až na hodnotu 10^2 KTJ/ml (Tab. 5). U *S. thermophilus* byl zaznamenán ve většině případů nárůst vyšší o 1 logaritmický řád oproti kontrole.

Obr. 7 a 8 znázorňují počty mikroorganismů v syrovátce ošetřené krátkodobou pasterací. Zde byl zaznamenán prebiotický efekt po fermentaci na oba kmeny v případě použití chlorely G11. Přidávky jiných druhů jednobuněčných řas či sinic nijak významně neovlivnily počty jogurtových bakterií ve vzorcích. Adice chlorely G11 pozitivně ovlivnila životnost *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*, který byl po celou dobu přítomen ve vyšším počtu ve vzorcích s přidanou řasou (Tab. 6). U *S. thermophilus* byl v průběhu skladování zaznamenán pokles o 2-4 logaritmické řády ve vzorcích s biomasou. V kontrolním vzorku k poklesu nedošlo.

Výsledky naznačují, že vhodnějším substrátem s přidanou biomasou pro růst bakterií jogurtové kultury je mléko. Výrobek označený jako jogurt nebo jogurtový nápoj musí dle Vyhlášky č. 417/2016 Sb., o některých způsobech označování potravin, obsahovat nejméně 10^7 KTJ/g živých jogurtových kultur až do doby expirace. Pokud by substrátem byla syrovátka, výsledný produkt by nepodléhal žádnému legislativní-

Tab. 3 Počty bakterií jogurtové kultury (*L. delbrueckii subsp. bulgaricus* (LB) a *S. thermophilus* (ST)) v mléce ošetřené dlouhodobou pasterací během skladování

Médium	Řasa/sinice	Obsah řasy/sinice	Počet dní skladování	Log KTJ LB	Log KTJ ST
Mléko UHT 1,5 %	<i>Chlorella</i> G11	0,2 g/150 ml	0	7,08	8,60
			14	7,20	8,46
			28	7,11	7,43
		0,5 g/150 ml	0	6,94	8,63
			14	6,79	7,59
			28	6,60	7,82
		1 g/150 ml	0	6,61	8,70
			14	6,83	8,43
			28	6,56	7,95
	<i>Chlorella</i> H14	0,2 g/150 ml	0	7,53	8,70
			14	7,18	8,53
			28	6,89	7,08
		0,5 g/150 ml	0	6,86	8,43
			14	6,59	8,57
			28	6,45	7,23
		1 g/150 ml	0	7,36	8,56
			14	5,30	7,49
			28	5,08	6,52
	<i>Chlorella</i> AUT	0,2 g/150 ml	0	7,95	8,30
			14	7,86	8,15
			28	6,92	5,00
		0,5 g/150 ml	0	7,89	8,32
			14	6,58	7,81
			28	4,00	<5
1 g/150 ml		0	6,67	8,23	
		14	<4	6,32	
		28	<4	<5	
<i>Spirulina maxima</i>	0,2 g/150 ml	0	7,86	8,28	
		14	7,69	8,23	
		28	7,56	7,28	
	0,5 g/150 ml	0	7,63	8,45	
		14	7,57	8,08	
		28	7,20	6,48	
	1 g/150 ml	0	7,36	8,51	
		14	7,08	8,36	
		28	6,70	6,82	
-	-	0	5,18	7,30	
		14	6,23	7,45	
		28	4,86	6,66	

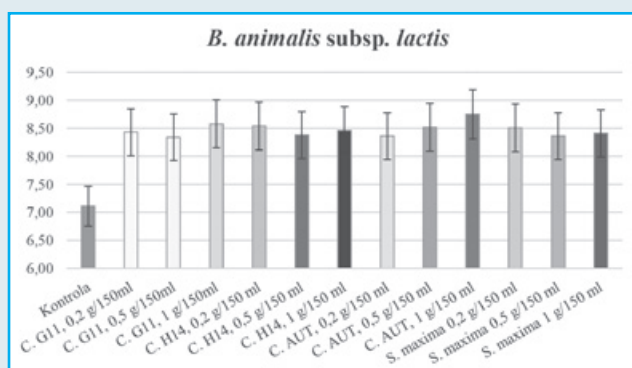
mu opatření týkajícímu se požadovaného obsahu živých bakterií.

Nejpříznivější výsledky v této části experimentu s bakteriemi jogurtové kultury byly zaznamenány ve vzorcích s přidavkem chlorely G11 a *S. maxima*. U vzorků s chlorelou AUT a H14 byl pozorován ve většině případů pokles počtu živých kultur po 14 či 28 dnech skladování. Za tímto jevem může stát například rozdílná metoda kultivace použitých řas a sinic a jejich následná dezintegrace.

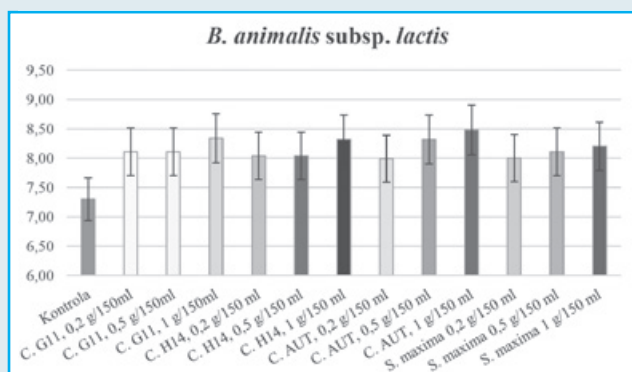
Tab. 4 Počty bakterií jogurtové kultury (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (LB) a *S. thermophilus* (ST)) v mléce ošetřeném krátkodobou pasterací během skladování

Médium	Řasa/sinice	Obsah řasy/sinice	Počet dní skladování	Log KTJ LB	Log KTJ ST	
Mléko UHT 1,5 %	<i>Chlorella</i> G11	0,2 g/150 ml	0	8,40	8,18	
			14	8,38	8,20	
			28	8,26	5,78	
		0,5 g/150 ml	0	8,54	8,23	
			14	8,46	8,20	
			28	7,83	7,80	
			1 g/150 ml	0	8,49	8,26
				14	8,00	8,28
				28	7,11	5,00
	<i>Chlorella</i> H14	0,2 g/150 ml	0	8,45	8,15	
			14	8,34	8,11	
			28	7,72	6,86	
		0,5 g/150 ml	0	8,36	8,11	
			14	7,30	8,00	
			28	6,53	5,30	
			1 g/150 ml	0	8,49	8,20
				14	7,82	7,94
				28	7,11	<5
	<i>Chlorella</i> AUT	0,2 g/150 ml	0	8,18	8,00	
			14	8,51	8,15	
			28	7,99	5,00	
		0,5 g/150 ml	0	8,08	8,15	
			14	8,30	8,08	
			28	5,00	5,30	
1 g/150 ml			0	8,61	8,32	
			14	8,18	7,88	
			28	<5	5,00	
<i>Spirulina maxima</i>	0,2 g/150 ml	0	8,53	8,41		
		14	8,08	8,08		
		28	8,08	5,00		
	0,5 g/150 ml	0	8,49	8,40		
		14	8,20	8,30		
		28	8,26	<5		
		1 g/150 ml	0	8,30	8,38	
			14	8,23	8,26	
			28	7,26	<5	
-	-	0	7,78	8,26		
		14	7,56	8,20		
		28	7,69	7,52		

Chlorella AUT a H14 byly dezintegrovány, kdežto *Chlorella* G11 a *S. maxima* nikoliv. Porušení buněčné stěny zapříčiňuje rozdíl v dostupnosti živin pro přítomné bakterie. Ačkoli byly očekávány příznivější počty bakterií spíše ve vzorcích s dezintegrovanými jednobuněčnými řasami či sinicemi, kde se předpokládala lepší přístupnost živin, vyšší počty jogurtových bakterií byly zaznamenány ve vzorcích s řasami a sinicemi s neporušenou buněčnou stěnou. Jedním z možných vysvětlení je ter-



Obr. 9 Růst *B. animalis* subsp. *lactis* v mléce ošetřeném krátkodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)



Obr. 10 Růst *B. animalis* subsp. *lactis* v syrovátce ošetřené krátkodobou pasterací s přidavkem jednobuněčných řas či sinic po fermentaci (doba skladování 0 dní)

molabilita prebiotických látek, které se po dezintegraci snáze uvolnily a při následné pasteraci mohlo dojít k jejich poškození. V neposlední řadě je třeba brát v potaz také rozdílné složení jednotlivých jednobuněčných řas či sinic, a tedy různé spektrum prebiotických látek, které mohlo zapříčinit rozdíly mezi jednotlivými vzorky. Odlišné složení a zastoupení sacharidů a dalších bioaktivních látek v biomase může mít vliv na bakteriální nárůst. Lze také konstatovat, že druhová specifita je vymezena jedinečnou enzymovou výbavou, která může hrát zásadní roli ve výsledné schopnosti fermentace (Krausová a kol., 2019). Pro bakterie je důležitá přítomnost vhodného zdroje energie. Tu většinou plní látky sacharidové povahy. Roli ve schopnosti fermentace bakterií může hrát také délka sacharidových řetězců a jejich struktura. Prebiotickou funkci mohou však vykazovat i různé polyfenolické látky a polynenasycené mastné kyseliny převedené na příslušné konjugované mastné kyseliny (Al-Sheraji a kol., 2013; Gibson a kol., 2017; Li a kol., 2015).

Přestože počty *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* v mléce i v syrovátce byly nižší než *S. thermophilus*, na přidavky biomasy reagovaly lépe laktobacily, u kterých byl pozorován povětšinou o 1-2 řády vyšší nárůst oproti kontrole v případě mléka jako média. Zdá se, že mléko v kombinaci s jednobuněčnými řasami či sinicemi poskytuje bakteriím velké množství potřebných živin, vytváří tak

Tab. 5 Počty bakterií jogurtové kultury (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (LB) a *S. thermophilus* (ST)) v syrovátce ošetřené dlouhodobou pasterací během skladování

Médium	Řasa/sinice	Obsah řasy/sinice	Počet dní skladování	Log KTJ LB	Log KTJ ST
Syravátka	<i>Chlorella</i> G11	0,2 g/150 ml	0	6,15	8,30
			14	5,80	8,15
			28	5,63	7,30
		0,5 g/150 ml	0	5,87	8,11
			14	4,00	7,93
			28	4,59	6,08
		1 g/150 ml	0	5,72	8,08
			14	<4	7,40
			28	<2	5,54
	<i>Chlorella</i> H14	0,2 g/150 ml	0	5,97	8,32
			14	4,60	6,20
			28	2,60	3,48
		0,5 g/150 ml	0	5,79	8,28
			14	4,30	5,85
			28	2,30	<3
		1 g/150 ml	0	5,81	8,11
			14	<4	<4
			28	3,04	<3
	<i>Chlorella</i> AUT	0,2 g/150 ml	0	6,30	7,64
			14	<4	<4
			28	<2	5,18
		0,5 g/150 ml	0	6,52	7,91
			14	<4	<4
			28	3,49	<3
		1 g/150 ml	0	6,46	6,52
			14	<4	<4
			28	<2	<3
<i>Spirulina maxima</i>	0,2 g/150 ml	0	6,15	8,08	
		14	4,00	6,18	
		28	<2	3,74	
	0,5 g/150 ml	0	6,11	7,97	
		14	<4	5,00	
		28	4,08	4,08	
	1 g/150 ml	0	5,86	7,79	
		14	4,43	<4	
		28	3,99	3,00	
-	-	0	6,61	7,18	
		14	6,78	7,26	
		28	6,53	7,28	

vhodné prostředí pro jejich růst. Na životaschopnost probiotických bakterií a BMK ve fermentovaných mléčných výrobcích má kromě přídavku jednobuněčných řas či sinic vliv také velké množství faktorů zahrnující pH, redoxní potenciál, míru přítomnosti molekulárního kyslíku, bakteriocinů a mastných kyselin s krátkým řetězcem, způsob sterilizace mléka, objem inokula, teplotu inkubace, teplotu skladování a jiné (Champagne a Rastall, 2009; Mortazavian a kol., 2006). Z výše uve-

Tab. 6 Počty bakterií jogurtové kultury (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (LB) a *S. thermophilus* (ST)) v syrovátce ošetřené krátkodobou pasterací během skladování

Médium	Řasa/sinice	Obsah řasy/sinice	Počet dní skladování	Log KTJ LB	Log KTJ ST
Syravátka	<i>Chlorella</i> G11	0,2 g/150 ml	0	7,40	8,00
			14	7,04	7,04
			28	6,79	5,41
		0,5 g/150 ml	0	7,69	7,88
			14	7,08	7,08
			28	7,20	6,08
		1 g/150 ml	0	7,60	8,11
			14	7,26	7,60
			28	6,81	5,15
	<i>Chlorella</i> H14	0,2 g/150 ml	0	6,76	7,32
			14	4,60	6,99
			28	4,18	4,00
		0,5 g/150 ml	0	6,85	7,65
			14	5,15	6,48
			28	<3	4,00
		1 g/150 ml	0	6,95	8,08
			14	5,91	6,00
			28	<3	<4
	<i>Chlorella</i> AUT	0,2 g/150 ml	0	6,08	7,08
			14	4,00	7,00
			28	<3	<4
		0,5 g/150 ml	0	6,32	7,59
			14	4,48	6,48
			28	<3	<4
		1 g/150 ml	0	7,38	7,54
			14	8,04	5,48
			28	<3	<4
<i>Spirulina maxima</i>	0,2 g/150 ml	0	6,95	7,36	
		14	4,30	7,26	
		28	<3	6,74	
	0,5 g/150 ml	0	6,49	7,67	
		14	4,60	6,34	
		28	<3	<4	
	1 g/150 ml	0	4,78	7,79	
		14	6,28	6,36	
		28	<3	<4	
-	-	0	6,99	7,52	
		14	6,86	7,32	
		28	6,36	7,32	

dených výsledků je zřejmé, že typ pasterace má skutečně významný vliv na životaschopnost *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Obr. 9 obsahuje výsledné počty *B. animalis* subsp. *lactis* v mléce ošetřené krátkodobou pasterací. Přídavky všech druhů jednobuněčných řas a sinic ve všech koncentracích měly pozitivní prebiotický efekt na *B. animalis* subsp. *lactis*. Oproti kontrolnímu vzorku byl po fermentaci pozorován vyšší nárůst tohoto kmene o 1 lo-

Tab. 7 Počty *B. animalis* subsp. *lactis* (BL) v mléce ošetřeném krátkodobou pasterací

Médium	Řasa/sinice	Obsah řasy/sinice	Počet dní skladování	Log KTJ BL
Mléko UHT 1,5 %	<i>Chlorella</i> G11	0,2 g/150 ml	0	7,40
			14	7,04
			28	6,79
		0,5 g/150 ml	0	7,69
			14	7,08
			28	7,20
		1 g/150 ml	0	7,60
			14	7,26
			28	6,81
	<i>Chlorella</i> H14	0,2 g/150 ml	0	6,76
			14	4,60
			28	4,18
		0,5 g/150 ml	0	6,85
			14	5,15
			28	<3
		1 g/150 ml	0	6,95
			14	5,91
			28	<3
	<i>Chlorella</i> AUT	0,2 g/150 ml	0	6,08
			14	4,00
			28	<3
		0,5 g/150 ml	0	6,32
			14	4,48
			28	<3
1 g/150 ml		0	7,38	
		14	8,04	
		28	<3	
<i>Spirulina maxima</i>	0,2 g/150 ml	0	6,95	
		14	4,30	
		28	<3	
	0,5 g/150 ml	0	6,49	
		14	4,60	
		28	<3	
	1 g/150 ml	0	4,78	
		14	6,28	
		28	<3	
-	-	0	6,99	
		14	6,86	
		28	6,36	

garitmický řád. Prokázalo se, že jednobuněčné řasy a sinice také významně zvýšily životaschopnost použitého kmene (Tab. 7). Zatímco během skladování (mezi 14. a 28. dnem) došlo v kontrolním vzorku k poklesu téměř o 1 řád, všechny vzorky obohacené o jednobuněčné řasy či sinice obsahovaly stabilní počet bifidokultur po celou dobu experimentu. Zcela pozitivní vliv na *B. animalis* subsp. *lactis* měl přídavek chlorelly AUT, kdy se počet bifidobakterií zvyšoval s rostoucí koncentrací biomasy. Na základě dostupné literatury lze také předpokládat zvýšenou citlivost některých bifidobakterií k vyšším kon-

Tab. 8 Počty *B. animalis* subsp. *lactis* (BL) v syrovátce ošetřené krátkodobou pasterací

Médium	Řasa/sinice	Obsah řasy/sinice	Počet dní skladování	Log KTJ BL
Syravátka	<i>Chlorella</i> G11	0,2 g/150 ml	0	8,11
			14	8,04
			28	8,45
		0,5 g/150 ml	0	8,11
			14	8,20
			28	8,18
		1 g/150 ml	0	8,34
			14	8,38
			28	8,34
	<i>Chlorella</i> H14	0,2 g/150 ml	0	8,04
			14	8,00
			28	8,23
		0,5 g/150 ml	0	8,04
			14	8,20
			28	7,91
		1 g/150 ml	0	8,32
			14	8,28
			28	8,18
	<i>Chlorella</i> AUT	0,2 g/150 ml	0	7,99
			14	8,08
			28	7,95
		0,5 g/150 ml	0	8,32
			14	8,26
			28	8,34
1 g/150 ml		0	8,48	
		14	8,58	
		28	8,46	
<i>Spirulina maxima</i>	0,2 g/150 ml	0	8,00	
		14	8,04	
		28	8,15	
	0,5 g/150 ml	0	8,11	
		14	7,88	
		28	8,30	
	1 g/150 ml	0	8,20	
		14	8,30	
		28	8,00	
-	-	0	7,30	
		14	7,96	
		28	7,41	

centracím (3 %) jednobuněčných řas a sinic (Krausová a kol., 2019). Pozitivní efekt *Spirulina platensis* a *Chlorella vulgaris* na nárůst a životnost probiotických bakterií (*Bifidobacterium lactis* a *Lactobacillus acidophilus*) prezentuje ve své studii také Beheshtipour a kol. (2012). Vědecká studie, která se zabývala působením *S. platensis* na *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, taktéž poukazuje na příznivé účinky přídavku biomasy do mléka inokulovaného kulturou Bb-12.

Obr. 10 prezentuje výsledné počty *B. animalis* subsp. *lactis* v syrovátce ošetřené krátkodobou pasterací.

Je zřejmé, že stejně jako v případě mléka, i zde působil přídavek řas i sinic pozitivně z hlediska počtu bakterií. Oproti kontrolnímu vzorku byly vyšší počty pozorovány ve vzorcích s biomasou, a to zejména ve vzorcích s obsahem 1 g/150 ml. Mezi přídavky 0,2 a 0,5 g/150 ml nebyly pozorovány zásadní rozdíly. Na životaschopnost bakterií měla vliv zejména *Chlorella* G11 (Tab. 8). I po 28 dnech skladování byl *B. animalis* subsp. *lactis* přítomen v počtu 10^8 KTJ/ml. Podobně jako u mléčných vzorků s bifidobakteriemi jsme pozorovali zcela pozitivní vliv chlorelly AUT, kdy se počet bakterií zvyšoval s rostoucí koncentrací biomasy. Je možné, že *Chlorella* AUT obsahuje specifické prebiotické látky, které jsou vhodným zdrojem energie pro námi použitý kmen. Je také nutné zmínit, že *B. animalis* subsp. *lactis* vykazuje v syrovátce (jak s přídavkem jednobuněčných řas či sinic, i bez nich) významně lepší životaschopnost než bakterie jogurtové kultury.

V další části práce by bylo vhodné zaměřit se na chování *B. animalis* subsp. *lactis* ve vzorcích obsahujících také bakterie jogurtové kultury a sledovat jejich vzájemné působení. Ke studiu interakcí mezi jednotlivými mikroorganismy by bylo nutné individuálně testovat každou kombinaci bakteriálních kmenů. Z dostupné literatury lze například usuzovat, že přemíra růstu jogurtových bakterií může mít mírný inhibiční vliv na růst probiotických bakterií ve fermentovaných mléčných výrobcích a následně snižovat také jejich životaschopnost (Mortazavian a kol., 2011).

Senzorické hodnocení

Nejlépe hodnocené byly vzorky mléka či syrovátky s obsahem chlorelly G11, a to zřejmě kvůli nízkému obsahu chlorofylu a absenci typické rybníční pachuti. *S. maxima* a *Chlorella* H14 byly hodnoceny pozitivně spíše v nižších koncentracích v syrovátce a v nejvyšší koncentraci i v mléce, které vykazuje lepší maskovací vlastnosti nežádoucích vjemů. Nejhůře hodnocena byla *Chlorella* AUT, která skrze svůj vysoký obsah chlorofylu získala téměř od všech hodnotitelů negativní hodnocení i v nejnižších koncentracích jak v mléce, tak v syrovátce.

Závěr

Bylo zjištěno, že přídavky všech testovaných jednobuněčných řas či sinic ve všech koncentracích působí pozitivně na růst a životaschopnost *B. animalis* subsp. *lactis* jak v mléce, tak v syrovátce. Téměř všechny vzorky s přídavkem biomasy obsahovaly po celou dobu skladování 10^8 KTJ/ml.

Počty *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* byly zásadně ovlivněny způsobem pasterace. Krátkodobá pasterace zajistila téměř o 2 řády vyšší nárůst tohoto kmene v mléce a o 1 řád v syrovátce. Významně také prodloužila jeho životaschopnost. Významný prebiotický efekt a zlepšení životaschopnosti *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* v mléce byly pozorovány především ve vzorcích s chlorelou G11 a *S. maxima*.

Naopak *S. thermophilus* vykazoval lepší životnost ve vzorcích ošetřených dlouhodobou pasterací, kde byl také přítomen ve vyšších počtech než v kontrolních vzorcích. Prebiotický efekt chlorelly G11, H14 a *S. maxima* byl zaznamenán ve vzorcích mléka ošetřených dlouhodobou pasterací. Zde se jeho počty pohybovaly okolo 10^8 KTJ/g.

Pro bakterie jogurtové kultury se jako optimální médium jeví mléko, pro bifidobakterie pak mléko i syrovátka.

Návrhem do budoucna může být stanovení biologicky aktivních látek v řasách působících prebioticky na dané kmeny, které mají enzymové vybavení k jejich fermentaci. Dále by bylo vhodné otestovat chování probiotických bakterií a bakterií mléčného kvašení v jednom médiu a sledovat vzájemné interakce základních kultur s probiotickými kmeny, optimalizovat složení substrátu, dobu a teplotu pasterace a fermentace. Bylo by také důležité zaměřit se vylepšení senzorických vlastností a pozorovat, jak mohou přídavky sladidel, barviv, aromat či jiných přídatných látek ovlivňovat nárůst a životaschopnost probiotických bakterií.

Z hlediska senzorického hodnocení byly nejlépe hodnoceny vzorky s chlorelou G11, H14 a *S. maxima*. Kromě chlorelly AUT by tedy bylo možné všechny ostatní vzorky využít pro další aplikační použití.

Poděkování:

Tato práce vznikla s finanční podporou Národní agentury pro zemědělský výzkum (MZe ČR) při řešení projektu QK1910300 a za podpory MZE-RO1420.

Literatura

- Al-Sheraji S. H., Ismail A., Manap M. Y., Mustafa S., Yusof R. M., Hassan F. A. (2013) Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5, str. 1542-1553.
- Becker E. W. (2007) Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25, str. 207-210.
- Beheshtipour H., Mortazavian A. M., Haratian P., Darani K. K. (2012) Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology*, 235, str. 719-728.
- Beheshtipour H., Mortazavian A. M., Moha mmadi R., Sohrabvandi S., Khosravi-Darani K. (2013) Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, str. 144-154.
- Blas-Valdivia V., Ortiz-Butron R., Pineda-Reynoso M., Hernández-García A., Cano-Europa E. (2011) *Chlorella vulgaris* administration prevents HgCl₂-caused oxidative stress and cellular damage in the kidney. *Journal of Applied Phycology*, 23, str. 53-58.
- ČSN ISO 8587. Senzorická analýza – Metodologie – Pořadová zkouška. Praha: Český normalizační institut, 2008, 24 stran.
- Fadaei V., Mohamadi-Alasti F., Khosravi-Darani K. (2013) Influence of *Spirulina platensis* powder on the starter culture viability in probiotic yoghurt containing spinach during cold storage. *European Journal of Experimental Biology*, 3 (3), str. 389-393.
- Gibson G. R., Hutkins R., Sanders M. E., Prescott S. L., Reimer R. A., Salminen S. J., Scott K., Stanton C., Swanson K. S., Cani P. D., Verbeke K., Reid G. (2017) Expert consensus document: The international scientific association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 14, str. 491-502.

- Champagne C., Rastall R. (2009) Some technological challenges in the addition of probiotic bacteria to foods, *Prebiotics and Probiotics Science and Technology*, Charalampopoulos D. and Rastall R.A., str. 763-806.
- Krausová G., Karpíšková K., Smolová J., Lucáková S., Brányik T. (2019) Růst laktobacilů a bifidobakterií na médiu s přísadkou mikroskopických řas. *Mlékárenské listy*, 175, str. 9-14.
- Li W., Wang K., Sun Y., Ye H., Hu B., Zeng X. (2015) Lactosucrose and its analogues derived from lactose and sucrose: Influence of structure on human intestinal microbiota in vitro. *Journal of Functional Foods*, 17, str. 73-82.
- Mortazavian A., Ghorbanipour S., Mohammadifar M.A., Mohammadi M. (2011) Biochemical properties and viable probiotic population of yogurt at different bacterial inoculation rates and incubation temperatures. *The Philippine Agricultural Scientist*, 94, str. 155-160.
- Mortazavian A., Sohrabvandi S., Mousavi M., Reinheimer J. (2006) Combined effect of temperature-related variables on the viability of probiotic microorganisms in yogurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 61, str. 248-252.
- Sotiroudis T., Sotiroudis G. (2013) Health aspects of Spirulina (Arthrospira) microalga food supplement. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 78, str. 395-405.
- Tokuşoglu Ö., Ünal M. K. (2003) Biomass nutrient profiles of three microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Isochrysis galbana*. *Journal of Food Science*, 68, str. 1144-1148.
- Vyhláška č. 417/2016 Sb. Vyhláška o některých způsobech označování potravin.

Korespondující autor:

MVDr. Gabriela Krausová, Ph.D.

Výzkumný ústav mlékařský s.r.o.

Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6

e-mail: krausova@milcom-as.cz

Přijato do tisku: 30. 7. 2020

Lektorováno: 5. 8. 2020

PŘIROZENÉ ANTIMIKROBIÁLNÍ LÁTKY V MLÉCE A NĚKTERÉ MOŽNOSTI JEJICH APLIKACÍ

Milada Pločková¹, Daniel Koval¹, Šárka Horáčková^{1,2}

¹ Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha

² ČTPP při Potravinářské komoře

Natural antimicrobial substances in milk and possibilities of their applications

Abstrakt

Mléka savců včetně mléka kravského obsahují významné antimikrobiálně aktivní komponenty, hlavně imunoglobuliny, laktoferin, laktoperoxidasa a lysozym, které zajišťují imunitní ochranu v prvních fázích života mláďat. Jsou rovněž důležité pro potlačení růstu mikroorganismů bezprostředně po nadojení. Kravské mléko má vysoký obsah laktoperoxidasy, ale nízký obsah laktoferinu a lysozymu, mateřské mléko má vysoký obsah laktoferinu a lysozymu, ale nízký obsah laktoperoxidasy.

Schopnost využívat aktivitu těchto antimikrobiálních faktorů v kravském mléce by mohla mít vliv na údržnost syrového mléka. Použití izolovaného laktoferinu či laktoperoxidasy vede k vývoji nových funkčních potravin, potravních doplňků, příp. léčiv založených na jejich účincích.

Klíčová slova: laktoferin, laktoperoxidasa, lysozym, funkční potraviny, léčiva.

Abstract

Mammalian milk, including cow's milk, contains important antimicrobially active components, mainly immunoglobulins, lactoferrin, the lactoperoxidase and lysozyme, which provide immune protection in the early stages of pup life. They are also important for inhibiting the growth of microorganisms immediately after milking. Cow's milk is high in lactoperoxidase but low in lactoferrin and lysozyme, breast milk is high in lactoferrin and lysozyme but low in lactoperoxidase. The ability to utilize the activity of these antimicrobial factors in cow's milk could affect the shelf life of raw milk. The use of isolated lactoferrin or lactoperoxidase leads to the development of new functional foods, food supplements, or drugs based on their effects.

Key words: lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme, functional foods, drugs.

Úvod

Mléko je nejen zdrojem energie, vysoce biologicky hodnotných bílkovin, vitaminů a minerálních látek, ale obsahuje i řadu důležitých látek schopných inaktivovat růst mikroorganismů. Znalosti o antimikrobiálně aktivních faktorech mléka lze využít při kontrole mastitid ale také při výrobě funkčních potravin, potravních doplňků, léčiv nebo kosmetiky.

Antimikrobiálně aktivní komponenty mléka jsou nejčastěji bílkovinné povahy. Mezi nejdůležitější patří imunoglobuliny, laktoferin, laktoperoxidasa a lysozym, o kterých bude podrobněji pojednáno v následujícím textu. Tyto mikrobicidní látky jsou aktivní asi 0,5 – 4 h po nadojení, poté jejich aktivita klesá.

Imunoglobuliny

První důležitou obrannou složkou mléka jsou imunoglobuliny, pomocí kterých matka předává pasivní imunitu svým potomkům. Imunitní systém novorozenečků savců není dostatečně účinný, aby poskytl jedinci ochranu před infekcemi. Imunoglobuliny tedy chrání mláďata do té doby, než jejich vlastní imunitní systém nabude účinnosti. Imunoglobuliny jako komponenty přírodního obranného mechanismu jsou syntetizovány jako odpověď na přítomnost cizích těles, např. bakterií a virů. Vyskytují se v vysokých koncentracích v kolostru, v nižších koncentracích ve zralém mléku. Primárním imunoglo-