

Vplyv aktivity vody a teploty na rast *Streptococcus thermophilus* a produkciu kyselín

LUBOMÍR VALÍK—GABRIELA PAŽITNÁ—FRIDRICH GÖRNER

Súhrn. Zníženie hodnoty a_w o 0,01 (z opt. $a_w = 0,994$ na $a_w = 0,983$) inhibovalo rast a metabolizmus vyšetrovanej kultúry účinnejšie ako zníženie kultivačnej teploty zo 40 na 30 °C: ich spoločný účinok bol pritom synergický. Súčasné zníženie hodnoty a_w a teploty ovplyvnilo fermentačné schopnosti *S. thermophilus* v menšom rozsahu. Zníženie hodnoty a_w pri oboch teplotách zvýšilo účinnosť metabolizmu; produkcia kyselín meraná ako počet °SH vzťahnutých k 1 log buniek a ich zhlukov sa zvýšila. Podobne sa zvýšila produkcia pre túto homofermentatívnu kultúru minoritnej kys. octovej. Predpokladá sa, že zvýšená intenzita metabolizmu kryje energetické potreby bunky súvisiace s jej osmoregulačnými procesmi.

Pre syrársku prax z toho vyplýva, že úprava hodnoty a_w solením na $a_w \leq 0,983$ (pri presolení) môže vo fáze fermentácie syroviny a ďalšieho zrenia spôsobiť nevíťané chuťové zmeny syra. Pri nižšej kultivačnej teplote (30 °C) je pomalší rast do určitej miery kompenzovaný zvýšením fermentačnej aktivity *S. thermophilus* bez kvalitatívnej zmeny metabolizmu.

Solenie syrov je jedným z technologických krokov pri ich výrobe. Zintenzívňuje odtokanie srvátky, vysolenie bielkoviny, zlepšuje chuťové vlastnosti a má významný vplyv na osmotický tlak ich vodnej fázy. Pri syroch s vyšším obsahom sušením stanoviteľnej vody priamo určuje ich aktivitu vody. Tento parameter má významný vplyv na rast a metabolizmus syrársky relevantných kultúrnych, ako aj kontaminujúcich baktérií [1, 2].

Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus* (*S. thermophilus*) tvorí spolu s *Lactobacillus helveticus* a dopĺňujúcimi druhmi *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* a *Lactobacillus casei* tzv. ementálsku kultúru na výrobu syrov s vysokodohrievanou syrovinou. *S. thermophilus* rastie v bujóne s obsahom 2,5 % NaCl, ale nerastie pri obsahu 4 % NaCl. Najlepšie rastí pri 37 a 45 °C a jeho minimálna teplota pre rast je 19 až 21 °C [3—5]. V symbiotickej ementálskej

Ing. Lubomír Valík, prof. Ing. dr. Fridrich Görner, DrSc., Katedra mlieka, tukov a hygieny požívatín, Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Ing. Gabriela Pažitná, VÚ LIKO, Miletičova 23, PSČ Bratislava.

kultúre *S. thermophilus* štiepi laktózu; glukózu fermentuje na kys. mliečnu, ale galaktózu vylučuje do prostredia [4]. Jej prítomnosť, ako aj malé množstvo kys. mliečnej aktivujú laktobacily prítomné v tejto kultúre, ktoré produkujú aminokyseliny dôležité pre streptokoky [3].

Cieľom tejto práce bolo získať experimentálne údaje o raste a tvorbe kyselín *S. thermophilus* LAKTOFLORA 786 pri klesajúcich hodnotách aktivity vody, znižovaných prídavkom NaCl do média, ako aj vplyv optimálnej a suboptimálnej kultivačnej teploty na tieto vlastnosti.

Materiál a metódy

Mikroorganizmus. Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus* (LAKTOFLORA 786).

Médiá. Mliečne médium štandardného zloženia (sušené odstredené mlieko 30 g; kvasničný autolyzát 1,1 g; peptón pre bakteriológiu 1,1 g; destilovaná voda 300 ml) sa sterilizovalo pri 0,12 MPa 20 min. Jeho hodnota pH sa upravovala v rámci intervalu hodnôt 7,0 až 7,2. Médiá so zníženými hodnotami a_v sa pripravovali vzhľadom na udržanie rovnakých vzájomných pomerov nutritívnych zložiek média prídavkom sterilného nasýteného roztoku NaCl.

Hodnota a_v v kultivačných médiách. Pôvodné médium malo hodnotu $a_v = 0,994$. S primeraným prídavkom NaCl sa hodnota a_v v médiu znížila na 0,983 (asi 3,4 % NaCl) a 0,958 (asi 6,5 % NaCl). Aktivita vody sa v pôvodnom a v upravených médiách stanovovala kryoskopicky na základe teploty tuhnutia Beckmannovým teplomerom s presnosťou na 0,01 °C. Na výpočet sa použil vzťah podľa Chena [6]: $2,303 \log a_v = 0,0097 t_t$, kde t_t je teplota tuhnutia média. Na kontrolu správnosti uvedeného vzťahu vypočítanej hodnoty a_v sa použili štandardné roztoky NaCl [7].

Spôsob inokulácie a kultivácie. Pôvodné, ako aj mliečne médiá NaCl upravované sa inokulovali 1 % prídavkom kultúry oživej kultiváciou v sterilnom mlieku pri 40 °C počas 24 h. Rastové krivky pri 30 a 40 °C sa získali zlúčením nameraných hodnôt počtu buniek a ich zhlukov z dvoch paralelných kultivácií vyšetrovanej kultúry *S. thermophilus* v súlade s postupom Zemanoviča a kol. [8].

Počet buniek a ich zhlukov sa meral mikroskopicky v 0,01 ml vzorky rozotretej na podložnom sklíčku na ploche 1 cm² po vysušení, fixácii plameňom a metanolom a farbení podľa Lewina a Blacka. Izolované bunky sa počítali ako jednotky a v tesných zhlukoch sa celý útvar počítal tiež ako bakteriálna jednotka (BJ) [9]. Súčasne sa zaznamenávali morfológické zmeny buniek prebiehajúce počas kultivácie.

Produkcia kyselín vyšetrovanej kultúry sa sledovala pomocou stanovenia potenciálnej (titračnej) kyslosti podľa Soxhleeta – Henkela, ako aj stanovením kapilárnou izotachoforézou (KITP).

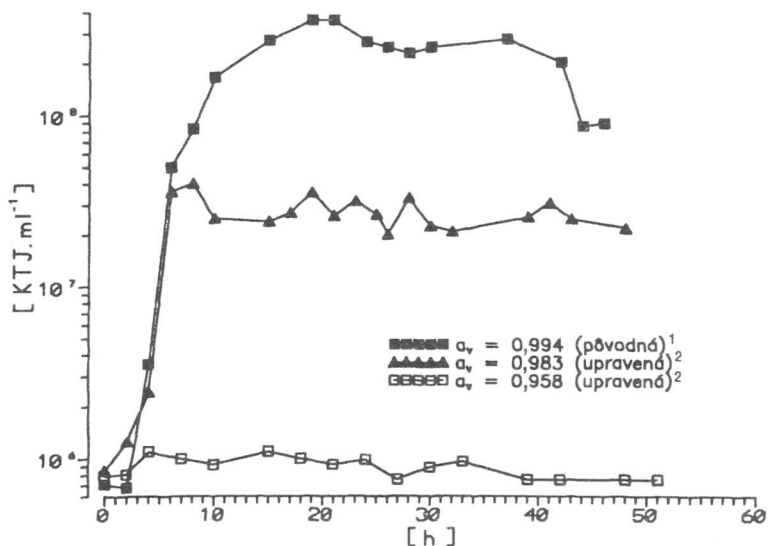
Potenciálna kyslosť v °SH udáva počet ml roztoku NaOH ($c_{\text{NaOH}} = 0,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) potrebných pri titracii mliečneho média s použitím fenolftaleínu ako indikátora [10].

Jednotlivé kyseliny vzniknuté fermentáciou sa stanovili na prístroji „izotachoforetický analyzátor s technikou spájania kolón ZKI 001“ s vodivostným detektorom (ÚRVJT Spišská N. Ves) a dvojkanálovým zapisovačom TZ 4200 (Laboratorní přístroje Praha). Vzorky sa analyzovali pri prúde $40 \mu\text{A}$ v analytickej kolóne. Na identifikáciu a stanovenie organických kyselín sa použil tento systém elektrolytov: vodiaci elektrolyt — HCl ($c = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), protiión — β -alanín, pH 3,0, aditívum — morfoínhydroxyetylcelulóza (0,1 %); zakončujúci elektrolyt — kyselina kaprónová ($c = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) a histidín ($c = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Na základe prítomnosti jednotlivých kyselín sa tieto stanovili metódou analytickej kalibračnej čiary. Kalibračné čiary boli zhodnotené lineárnou regresiou a zhotovené pre rozsah koncentrácií stanovovaných kyselín 0 – 15 mg/100 ml.

Výsledky a diskusia

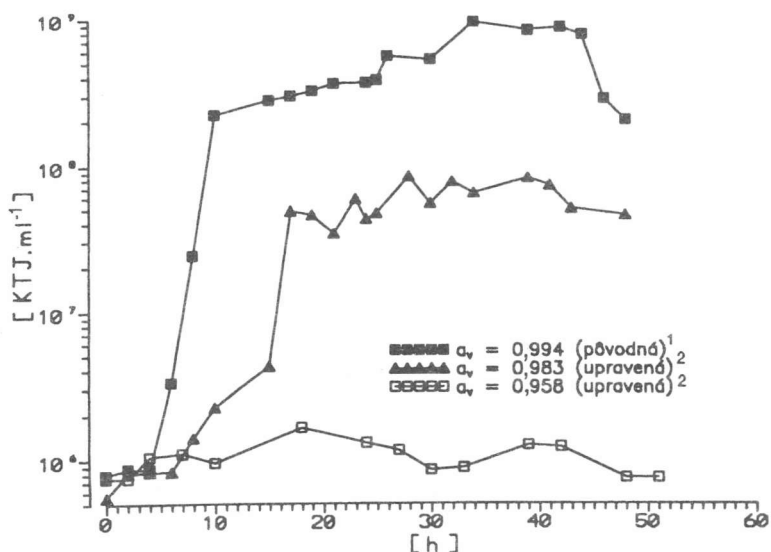
Vplyv a_v a teploty na rast *S. thermophilus* (LAKTOFLORA 786) je znázornený na obr. 1a a 1b. V pôvodnom mliečnom médiu ($a_v = 0,994$) pri optimálnej teplote 40°C (obr. 1a) prispôsobovacia, tzv. lag-fáza rastu *S. thermophilus* trvala asi 2 h a počas veľmi strmej exponenciálnej fázy rastu trvajúcej asi 4 h, bol generačný čas buniek (priemerný čas zdvojenia) $k^{-1} = 39 \text{ min}$ (tab. 1). Medzi 15. a 37. hodinou, t. j. počas stacionárnej fázy rastu, sa dosiahol priemerný maximálny počet BJ $\cdot \text{ml}^{-1}$ $2,89 \cdot 10^8$, čo bolo o 2,61 log-poriadkov viac ako počiatočné hodnoty stanovené po inokulácii. Po asi 37. h sa zaznamenal zrejmy úbytok buniek.

Pri pôvodnej aktivite vody mliečneho bujónu $a_v = 0,994$ a zníženej kultivačnej teplote 30°C (obr. 1b) počet BJ/ml začal exponenciálne narastať až po 4 h a po 10 h kultivácie rast *S. thermophilus* dosiahol hodnoty blízke hodnotám v stacionárnej fáze. Generačný čas počas exponenciálnej fázy $k^{-1} = 45 \text{ min}$ (tab. 1), bol dlhší ako pri kultivačnej teplote 40°C . Počas 48 h kultivácie vzrástol počet buniek *S. thermophilus* a ich zhlučkov na priemernú hodnotu reprezentujúcu 26. až 44. h vyšetrovania rastu $\bar{x}_g = 7,41 \cdot 10^8$ ($n = 6$), čo bolo asi 2,5-krát viac ako priemerná hodnota stacionárnej fázy pri optimálnej teplote 40°C .



Obr. 1a. Dynamika obsahu *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) v mliečnom bujóně pri 40 °C v závislosti od aktivity vody upravenej NaCl.

Fig. 1a. Dynamics of *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) content in milk culture medium at 40°C in dependence on water activity treated with NaCl. (¹Original, ²Treated.)



Obr. 1b. Dynamika obsahu *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) v mliečnom bujóně pri 30 °C v závislosti od aktivity vody upravenej NaCl.

Fig. 1b. Dynamics of *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) content in milk culture medium at 30°C in dependence on water activity treated with NaCl. (¹Original, ²Treated.)

Tabuľka 1. Charakteristické hodnoty pre rast a produkciu kyselín *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786)

Table 1. Characteristic values for growth and production of acids by *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786)

a_v ¹	Maximálny počet (geom. priemer) ² [BJ . ml ⁻¹]		Generačný čas ³ — k^{-1} [min]		Celková produkcia kyselín za 24 h ako % kys. mliečnej ⁴		Produkcia kyselín v exponenciálnej fáze ⁵ [°SH/log BJ]	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
0,994	7,41 . 10 ⁸	2,89 . 10 ⁸	45	39	0,88	1,04	14,9	18,3
0,983	3,86 . 10 ⁷	2,49 . 10 ⁷	133	50	0,70	0,92	21,0	27,9

BJ — bakteriálna jednotka, t. j. bunka, resp. zhuk bakteriálnych buniek, Bacterial unit, i.e. cell or agglomerate of bacterial cells.

¹ Water activity, ² Maximum number, ³ Generating time, ⁴ Total production of acids during 24 h as percent of lactic acid, ⁵ Production of acids in the exponential phase.

Z týchto nameraných hodnôt možno odvodiť, že zníženie kultivačnej teploty zo 40 °C na 30 °C (pri nezmenenej hodnote $a_v = 0,994$), spôsobilo predĺženie generačného času počas exponenciálnej fázy rastu z 39 min na 45 min. Maximálne počty BJ . ml⁻¹ počas stacionárnej fázy rastu však ostali podobné, pričom ale pri 30 °C oproti 40 °C bol jej začiatok posunutý asi o 10 h. Maximálny počet buniek a ich zhukov bol pri nižšej kultivačnej teplote vyšší ako pri vyššej. Tento jav sa môže vysvetliť tým, že pri nižšej teplote tvoril *S. thermophilus* kratšie retiazky, čo pri počítaní dalo väčší počet zhukov. Pri optimálnych hodnotách kultivačnej teploty tvorilo jednu retiazku streptokoka 20 – 30 buniek a pri 30 °C tvorilo jednu retiazku priemerne 6 – 12 buniek.

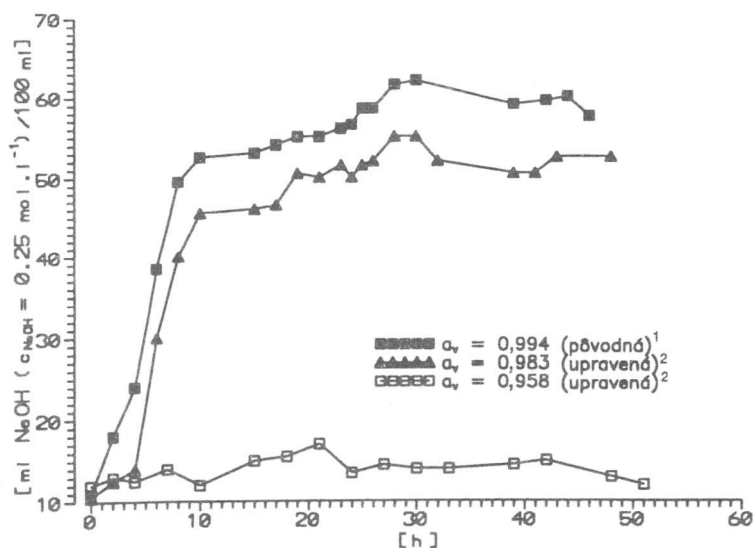
Pri zníženej aktivite vody v mliečnom médiu na $a_v = 0,983$ sa pri kultivačnej teplote 40 °C (obr. 1a) lag-fáza rastu oproti očakávaniu nepredĺžila významne. Exponenciálnu fázu (medzi 2. a 6. h) však charakterizoval generačný čas 50 min, ktorý bol o 11 min dlhší ako generačný čas *S. thermophilus* v médiu s neupravovanou hodnotou a_v . Po ukončení exponenciálnej fázy sa rast prudko zastavil; priemerný maximálny počet buniek a ich zhukov bol medzi 6. a 48. h $\bar{x}_g = 2,49 . 10^7$ BJ/ml ($n = 9$), čo bolo o 1,47 log-poriadku viac ako po inokulácii (tab. 1).

Pri rovnako zníženej aktivite vody v mliečnom médiu na $a_v = 0,983$, ale pri kultivačnej teplote 30 °C (obr. 1b), sa lag-fáza buniek už predĺžila asi na 6 h. Pomalšie nastupujúca exponenciálna fáza rastu, medzi 6. a 17. h (11 h), mala priemerný čas zdvojenia buniek a zhukov až 133 min. Priemerný maximálny počet BJ/ml počas prudko nastúpenej stacionárnej fázy bol $3,86 . 10^7$ BJ . ml⁻¹ ($n = 9$) (tab. 1).

Z nameraných hodnôt sa môže odvodiť, že zníženie kultivačnej teploty zo 40 °C na 30 °C pri rovnakej $a_v = 0,983$, malo výrazný vplyv na predĺženie lag-fázy z 2 na 6 h a rovnako aj na predĺženie generačného času z 50 na 133 min, čo je 2,66-násobok. Pritom priemerný maximálny počet buniek a zhlukov bol za týchto podmienok vyšší pri 30 °C, čo bol podobný jav ako pri $a_v = 0,994$. Ďalej sa môže odvodiť, že pri kultivačnej teplote 30 °C malo zníženie aktivity vody v médiu z $a_v = 0,994$ na 0,983 markantnejší vplyv na rast v porovnaní s kultivačnou teplotou 40 °C.

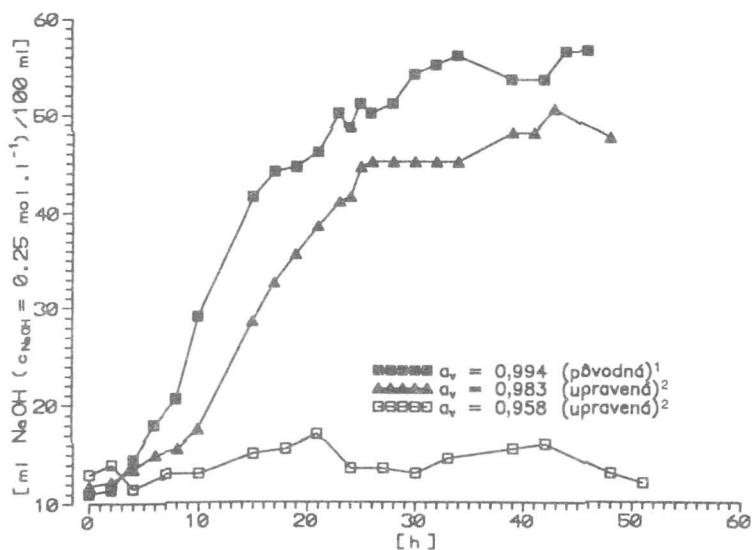
Pri hodnote a_v v mliečnom médiu $a_v = 0,958$ (upravenej prídavkom NaCl) sme nezistili po inokulácii pri obidvoch inkubačných teplotách žiadny významný nárast počtu BJ . ml⁻¹, čo v súlade s definíciou Richarda – Molarda a Lesagea [11] znamená, že táto hodnota a_v môže byť hraničnou pre rast nami vyšetrovanej kultúry *S. thermophilus* pri 30 aj 40 °C .

Vplyv aktivity vody a teploty na produkciu kyselín *S. thermophilus* (LAKTO-FLORA 786). Z obr. 2a a 2b vidieť, že produkcia kyselín vyšetrovanej kultúry *S. thermophilus* bola zníženou hodnotou a_v v médiu, ako aj teplotou kultivácie menej ovplyvnená ako rast (obr. 1a; 1b). Priemerná potenciálna kyslosť ($n = 4$) mliečneho média fermentovaného testovanou kultúrou za optimálnych podmienok ($a_v = 0,994$; $t = 40$ °C; obr. 2a) bola v stacionárnej fáze $59,0 \pm 1,1$ °SH. Po odčítaní pôvodnej potenciálnej kyslosti média toto predstavovalo (po prepočítaní



Obr. 2a. Titračná kyslosť mliečného bujónu fermentovaného *Streptococcus thermophilus* (LAK-TOFLORA 786) pri 40 °C v závislosti od aktivity vody upravenej NaCl.

Fig. 2a. Titrable acidity of milk culture medium fermented with *Streptococcus thermophilus* (LAK-TOFLORA 786) at 40 °C in dependence on water activity treated with NaCl. (¹Original, ²Treated.)



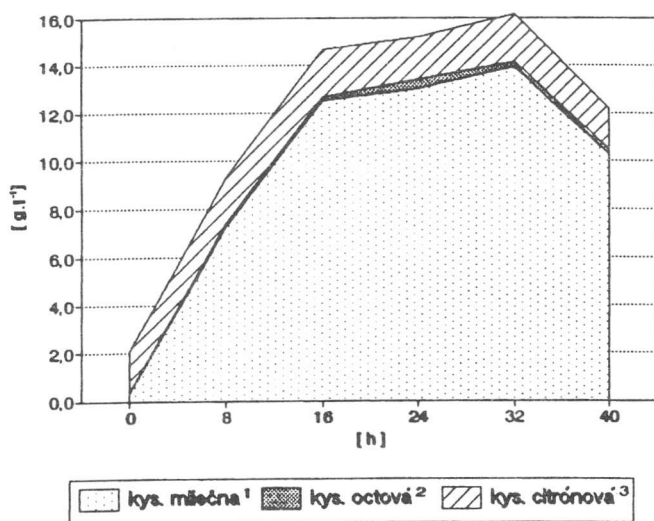
Obr. 2b. Titračná kyslosť mliečného bujónu fermentovaného *Streptococcus thermophilus* (LAK-TOFLORA 786) pri 30 °C v závislosti od aktivity vody upravenej NaCl.

Fig. 2b. Titrable acidity of milk culture medium fermented with *Streptococcus thermophilus* (LAK-TOFLORA 786) at 30°C in dependence on water activity treated with NaCl. (¹Original, ²Treated.)

taní na kys. mliečnu) koncentráciu 1,4 až 1,08 %. Produkcia kyselín *S. thermophilus* v médiu s optimálnou hodnotou $a_v = 0,994$ pri 30 °C (obr. 2b) zodpovedala priemernej potenciálnej kyslosti $55,0 \pm 1,7$ °SH, čo v prepočte na kys. mliečnu bolo 0,88 až 0,99 %. Zníženie hodnoty a_v v mliečnom médiu o 0,01 pri oboch kultivačných teplotách 40 a 30 °C potlačilo produkciu kyselín o 14,6, resp. 16,5 % (rast *S. thermophilus* bol za rovnakých podmienok inhibovaný o 42–44 %); vplyvom zníženia teploty inkubácie o 10 °C oproti optimálnej teplote poklesla produkcia kyselín v médiách s $a_v = 0,994$ a 0,983 o 8,3, resp. 10,5 %. Zníženie hodnoty a_v o 0,01 malo na produkciu kyselín väčší účinok ako zníženie teploty o 10 °C. Väčší účinok zníženej hodnoty a_v v živnom prostredí na rast súvisí s najväčšou pravdepodobnosťou s reakciou bakteriálnej bunky na prostredie s vyšším osmotickým tlakom. Streit a kol. [1] udávajú, že rôzne mikroorganizmy reagujú odlišne na náhle zvýšenie osmotického tlaku prostredia na bunku. Tlakový rozdiel v bunke a v jej prostredí sa môže vyrovnat' zvýšením osmotického tlaku v nej príjmom látok z prostredia (zo živného média), alebo látkami vzniknutými vlastnou syntézou v bunke. Spomalenie až inhibícia rastu mikroorganizmov zníženými hodnotami a_v v prostredí sa môže podľa Wodzinského a Fraziera [12] vysvetliť napr. tak, že zvýšené množstvo energie potrebné na transfer živín a metabolitov bunka spotrebuje na úkor rastu. Znížená hodnota a_v v prostredí môže tiež porušiť väzbu medzi bunkovou

membránou a stenou, čo tiež negatívne pôsobí na rast buniek. Dôkazom toho sú aj údaje o fermentačnej činnosti jednotkového množstva vyšetrovanej kultúry vyjadrené ako prírastok potenciálnej kyslosti v °SH/log BJ počas exponenciálnej fázy rastu *S. thermophilus*. Z ich porovnania v tab. 1 vyplýva, že znížením hodnoty a_v v mliečnom médiu o 0,01 pri 30, ako aj 40 °C sa zvýšilo množstvo kyselín vytvorených 1 log BJ o 41, resp. 52 % oproti produkcii kyselín pri optimálnej hodnote a_v . V súlade s týmto zistením je aj to, že znížením kultivačnej teploty o 10 °C pri oboch hodnotách a_v počet °SH/log KTJ poklesol. Bakteriálne bunky na zníženie kultivačnej teploty nereagovali podobnými obrannými mechanizmami ako pri osmoregulácii.

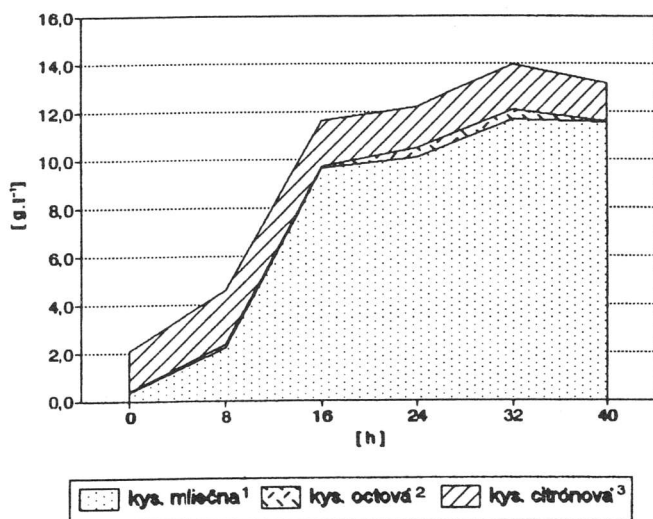
S. thermophilus je homofermentatívna baktéria mliečneho kysnutia. Laktózu fermentuje na kys. mliečnu, avšak za určitých podmienok môže produkovať malé množstvá kys. octovej, príp. iných kyselín [4]. V tejto práci sme pomocou izotachoforetických meraní sledovali vplyv aktivity vody a teploty mliečneho média na produkciu kys. mliečnej a octovej produkovaných testovanou kultúrou *S. thermophilus*. Obrázky 3a a 3b znázorňujú dynamiku zastúpenia kys. mliečnej a octovej pri optimálnej hodnote a_v v mliečnom médiu 0,994 pri 40 a 30 °C. V tomto prostredí *S. thermophilus* vytvoril pri oboch kultivačných



Obr. 3a. Dynamika obsahu organických kyselín v mliečnom médiu fermentovanom *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) pri 40 °C a pri pôvodnej $a_v = 0,994$. Stanovenie kapilárnou izotachoforézou.

Fig. 3a. Dynamics of organic acids content in milk medium fermented with *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) at 40°C with original $a_w = 0.994$. Determination by capillary isotachopheresis. (¹ Lactic acid, ² Acetic acid, ³ Citric acid.)

teplotách maximálne 0,04 % kys. octovej, čo bolo asi 3 % z obsahu kys. mliečnej. Kyselinu citrónovú, resp. citran, ktoré sú prirodzene prítomné v mlieku, *S. thermophilus* nefermentoval.

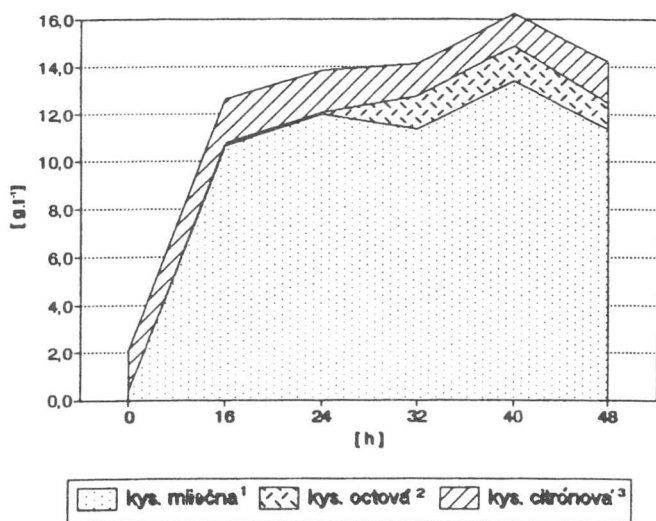


Obr. 3b. Dynamika obsahu organických kyselín v mliečnom médiu fermentovanom *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) pri 30 °C a pri pôvodnej $a_v = 0,994$. Stanovenie kapilárnou izotachoforézou.

Fig. 3b. Dynamics of organic acids content in milk medium fermented with *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) at 30°C with original $a_w = 0,994$. Determination by capillary isotachopheresis. (¹ Lactic acid, ² Acetic acid, ³ Citric acid.)

Na obr. 3c a 3d je znázornená dynamika produkcie kys. mliečnej a octovej počas fermentácie mliečného média so *S. thermophilus* pri zníženej hodnote $a_v = 0,983$. Z grafov vidieť, že nižšia kultivačná teplota spomalila predovšetkým fermentáciu laktózy, však dosiahnuté maximálne koncentrácie kyselín neboli zníženou kultivačnou teplotou výrazne ovplyvnené. Naproti tomu zníženie hodnoty a_v v médiu o 0,01 (0,994 oproti 0,983) sa pri oboch teplotách prejavilo 3,5-násobným zvýšením produkcie kys. octovej, pričom jej tvorba sa prejavila až v stacionárnej fáze rastu. Jej obsah v médiu za uvedených podmienok bol 0,13 až 0,15 %, čo bolo asi 10,0 až 11,0 % z obsahu kys. mliečnej. Pôvodná koncentrácia citranu v médiu zostala aj pri zníženej hodnote a_v nezmenená.

Obsahy kyselín stanovených izotachoforeticky v mliečnom médiu s hodnotou $a_v = 0,958$ fermentovanom s vyšetrovanou kultúrou zostali počas 48 h v zhode s predchádzajúcimi výsledkami, na úrovni ich obsahov v médiu bez fermentácie.

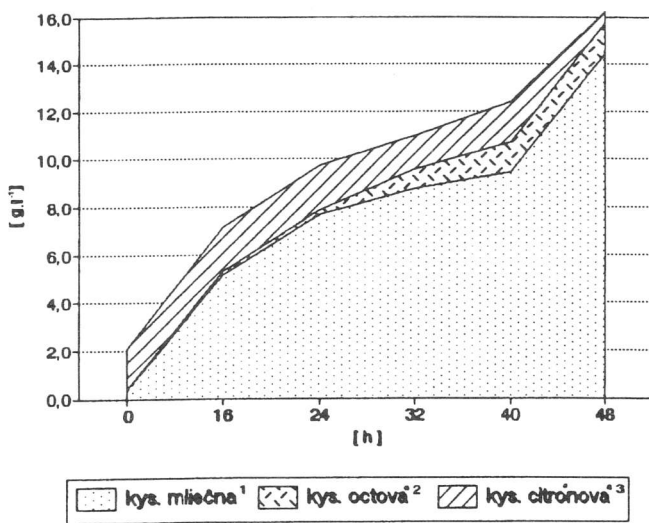


Obr. 3c. Dynamika obsahu organických kyselín v mliečnom médiu fermentovanom *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) pri 40 °C a pri $a_w = 0.983$ upravenej NaCl. Stanovenie kapilárnou izotachoforézou.

Fig. 3c. Dynamics of organic acids content in milk medium fermented with *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) at 40°C with $a_w = 0.983$ treated with NaCl. Determination by capillary isotachophoresis. (¹ Lactic acid, ² Acetic acid, ³ Citric acid.)

Výsledok izotachoforetických analýz, t. j. zvýšenie produkcie minoritnej kyseliny octovej počas fermentácie mliečného média so *S. thermophilus* vplyvom zníženia hodnoty a_w potvrdil určitú analógiu so zvýšenou intenzitou produkcie kyselín počas exponenciálnej fázy rastu vyjadrenej ako °SH/log BJ. Obidva pozorované javy pravdepodobne súvisia s obrannými osmoregulačnými procesmi bunky. Z tohto pohľadu pre syrársku prax zníženie hodnoty a_w v mlieku pri presolení na $a_w \leq 0.983$ vo fáze fermentácie syroviny a ďalšieho zrenia môže spôsobiť nevítané chuťové zmeny syra. Do určitej miery pomalší rast tejto kultúry je vyvážený zvýšením jej fermentačnej aktivity.

Zmeny rastu a metabolizmu baktérií mliečného kysnutia vplyvom zníženej aktivity vody prídavkom NaCl skúmali aj Rehacek a kol. [13]. Z metabolitov sledovali iba celkovú tvorbu kyselín meranú v médiu podľa Soxhleta a Henkela. Ich nálezy sú s našimi konformné. Nezaujímal sa ale o kvalitatívne zmeny metabolizmu testovaných baktérií, čo má podľa našich nálezov významný vplyv na ich fermentačné vlastnosti, a tým aj na senzorické vlastnosti pomocou nich vyrobených syrov.



Obr. 3d. Dynamika obsahu organických kyselín v mliečnom médiu fermentovanom *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) pri 30°C a pri $a_w = 0,983$ upravenej NaCl. Stanovenie kapilárnou izotachoforézou.

Fig. 3d. Dynamics of organic acids content in milk medium fermented with *Streptococcus thermophilus* (LAKTOFLORA 786) at 30°C with $a_w = 0.983$ treated with NaCl. Determination by capillary isotachophoresis. (¹ Lactic acid, ² Acetic acid, ³ Citric acid.)

Literatúra

1. STREIT, K.—RÜEGG, M.—BLANC, B., *Milchwissenschaft*, 34, 1979, s. 459.
2. FOX, P. F., *Dairy Ind. Int.*, 52, 1987, s. 19.
3. TEPLÝ, M. a kol.: *Čisté mlékařské kultury*. SNTL Praha, 1984.
4. SNEATH, P. A.—MAIR, H. S.—SHARPE, E. N.—HOTT, J. G.: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2. Baltimore — London, Williams and Wilkins 1986.
5. ROBINSON, R. K.: *Dairy Microbiology*, Vol. 2. London — New York, Elsevier 1990.
6. CHEN, C. S., *Lebensm.-Wis. Technol.*, 21, 1988, s. 256.
7. CHIRIFE, J.—RESNIK, S. L., *J. Food Sci.*, 49, 1984, s. 1486.
8. ZEMANOVIČ, J.—VALÍK, L.—GÖRNER, F., *Bulletin PV* (v tlači).
9. GÖRNER, F.—ILAVSKÁ, E.—VOLLEK, V.—JANČEKOVÁ, J.: *Mikrobiológia mlieka a tukov*. Bratislava, Chemickotechnologická fakulta SVŠT 1983.
10. PALO, V., *Chémia a technológia mlieka*. Bratislava, Chemickotechnologická fakulta SVŠT 1983.
11. RICHARD—MOLARD, D.—LESAGE, L., *Food Microbiology and Water Activity*. In: *Food Packaging and Preservation*. Ed. M. Mathlouthi. London — New York, Elsevier 1985.
12. WODZINSKI, R. J.—FRAZIER, W. C., *J. Bact.*, 81, 1961, s. 359.
13. REHACEK, J.—SOZZI, T.—STUDER, P., *Milchwissenschaft*, 37, 1982, s. 151.

Do redakcie došlo: 2. 10. 1992

Influence of water activity and temperature on *Streptococcus thermophilus* growth and production of acids

Summary

Lowering of water activity (a_w) by 0.01 (from optimum $a_w = 0.994$ to $a_w = 0.983$) inhibits growth and metabolism of inquired culture more effectively as lowering of cultivating temperature from 40 to 30°C; at the same time their common effect was synergic. Simultaneous lowering of a_w value and temperature influenced fermentative ability of *S. thermophilus* in lower range. Lowering a_w value at both temperatures increased effect of metabolism; acid production as a number of °SH related to 1 log of cells and their agglomerates was increased. Similar to this, the production of acetic acid, which is minor to this homofermentative culture, was increased. Presumably the higher intensity of metabolism covers energy needs of cell connected with its osmoregulating processes.

For cheese-making practice it follows from that that salt treatment of a_w value to $a_w = 0.983$ (over-salted) may in the phase of curd fermentation and further ripening produce uncalled for taste changes in cheese. At a lower cultivating temperature (30°C) is the slower growth compensated to some extent by increasing fermentative activity of *S. thermophilus* without qualitative change of metabolism.

Влияние активности воды и температуры на рост *Streptococcus thermophilus* и продукцию кислот

Резюме

Понижение величины a_w на 0,01 (из оптимальной $a_w = 0,994$ до $a_w = 0,983$) тормозило рост и метаболизм исследованной культуры более эффективно как понижение температуры из 40 на 30° С; их совместное действие было притом синергическим. Современное понижение величины a_w и температуры повлияло на ферментативную способность *Streptococcus thermophilus* в меньшем диапазоне. Понижение величины a_w обеих температурах повысило эффективность метаболизма; продукция кислот измеренная как количество °SH отнесенных к 1 лог-клеток и их сгустков повысилась. Подобным образом повысилась продукция уксусной кислоты, которая для этой гомоферментативной культуры является миноритной. Предполагается, что повышенная интенсивность метаболизма покрывает энергетические нужды клетки взаимосвязанные с ее осморегуляционными процессами.

Для производства сыра из этого вытекает, что обработка величины a_w солью на $a_w 0,983$ (при пересолении) может в фазе ферментации сырного полуфабриката и дальнейшего созревания вызвать нежелательные вкусовые изменения сыра. При нижней культивационной температуре (30 °С) более медленный рост компенсируется повышением ферментативной активности *Streptococcus thermophilus* без качественного изменения метаболизма.