

Vplyv kyseliny mliečnej na rast kvasinky *Candida maltosa*

DENISA LAUKOVÁ - LUBOMÍR VALÍK -
FRIDRICH GÖRNER - ŠTEFAN SCHMIDT

SÚHRN. V práci je popísaná dynamika rastu oxidatívnej kvasinky *Candida maltosa* Komagata, Nakase et Katsuya v modelovom roztoku s glukózou a kvasničným autolyzátom v závislosti od stúpajúceho prídavku kyseliny mliečnej (0 až 1,6 %). Kmeň *C. maltosa* bol izolovaný z povrchu znehodnotených ovocných jogurtových krémov pravdepodobne na Slovensku prvýkrát. Maximálna špecifická rastová rýchlosť v živnom médiu bez prídavku kyseliny mliečnej pri teplote 25 °C bola 0,36 h⁻¹ a trvanie lag-fázy 2,9 h. Znižovanie prirodzeného logaritmu špecifickej rastovej rýchlosti (ln μ) a zvyšovanie prirodzeného logaritmu lag-fázy (ln λ) *C. maltosa* v závislosti od stúpajúcej koncentrácie kyseliny mliečnej bolo možné charakterizovať lineárnymi korelačnými vzťahmi ($R_{\mu}^2 = 0,9526$; $R_{\lambda}^2 = 0,9577$). Na základe týchto závislostí sa v práci prezentujú predpovede, kedy kvasinka *C. maltosa* dosiahne počty 1.10⁶ KTJ.ml⁻¹.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: *Candida maltosa*, matematické modelovanie rastu, prediktívna mikrobiológia

Kvasinky patria ku kontaminujúcim mikroorganizmom jogurtov pre ich všeobecne vyššiu toleranciu voči nízkym hodnotám pH (3,0 až 4,0) a dobrý rast pri teplotách, ktoré bývajú v chladničkách počas ich uchovávaní v domácnostiach. Niektoré kvasinky majú schopnosť fermentovať laktózu, ktorá je v prírode unikátnym sacharidom mlieka a niektoré asimilovať kyselinu mliečnu. Mnohé druhy kvasiniek sa vyznačujú významnou proteolytickou a lipolytickou aktivitou [1-4].

Podľa Varnana a Sutherlandovej [5] ku znehodnoteniu, t. j. k nadúvaniu alebo bombáži jogurtov najväčšou mierou prispievajú kvasinky fermentujúce laktózu, ako napríklad *Kluyveromyces marxianus* a niektorí zástupcovia rodu *Saccharomyces*.

Ing. Denisa LAUKOVÁ, Ing. Lubomír VALÍK, PhD., Prof. Ing. Dr. Fridrich GÖRNER, DrSc., Doc. Ing. Štefan SCHMIDT, PhD., Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Korešpondujúci autor: Doc. Ing. Lubomír VALÍK, PhD., e-mail: valik@chtf.stuba.sk

Oxidatívne kvasinky, predovšetkým zástupcovia *Candida* spp., *Debaryomyces* spp., *Metschnikowia* spp., *Pichia* spp., *Rhodotorulla* spp., *Torulaspora* spp., *Trichosporon* spp. a *Yarrowia* spp., sa tiež zúčastňujú pri kazení jogurtov. Rastú na rozhraní jogurtu a vzduchu a prejavujú sa väčšinou prítomnosťou hladkých kolónií alebo ich povlakom na povrchu jogurtu. Biochemicky sa tieto kvasinky vyznačujú oxidatívnym odbúraním kyseliny mliečnej za vzniku CO₂ a H₂O [5]. Od rozsahu odbúrania kyseliny mliečnej týmito kvasinkami závisí miera odkyselenia povrchových vrstiev jogurtu, možný rast iných saprofytických mikroorganizmov, vrátane baktérií a v konečnom dôsledku tiež aj miera nadúvania alebo bombáž produktu.

Premnožením kontaminujúcich kvasiniek a v dôsledku ich metabolizmu sa chyby jogurtov manifestujú tiež zmenou ich textúry a konzistencie, kvasničnou, ovocnou a horkou chuťou a tiež nepríjemným zápachom [3,5-8].

Značné množstvo publikovaných štúdií [4,7,9-21] dáva zvýšený obsah kvasiniek a plesní vo fermentovaných mliečnych výrobkoch do súvislosti s nedostatočnou hygienou a sanitáciou technologických zariadení v prevádzke, kontamináciou z ovzdušia, nedodržaním podmienok pasterizácie, ako aj s nedostatočnou mikrobiologickou akosťou použitých prísad. Preto tieto mikroorganizmy spĺňajú indikátorové funkcie a využívajú sa pri posudzovaní hygienických podmienok výroby kyslomliečnych produktov [1,7,14,18,21-24].

Cieľom našej práce bolo charakterizovať a matematicky popísať rast nami izolovanej oxidatívnej kvasinky *Candida maltosa*, ktorá sa v spojitosti so znehodnotením jogurtov podľa dostupných prameňov uvádza poprvýkrát. Z tohto dôvodu sme dynamiku jej rastu sledovali v závislosti od obsahu kyseliny mliečnej v modelovom prostredí pri optimálnej teplote rastu.

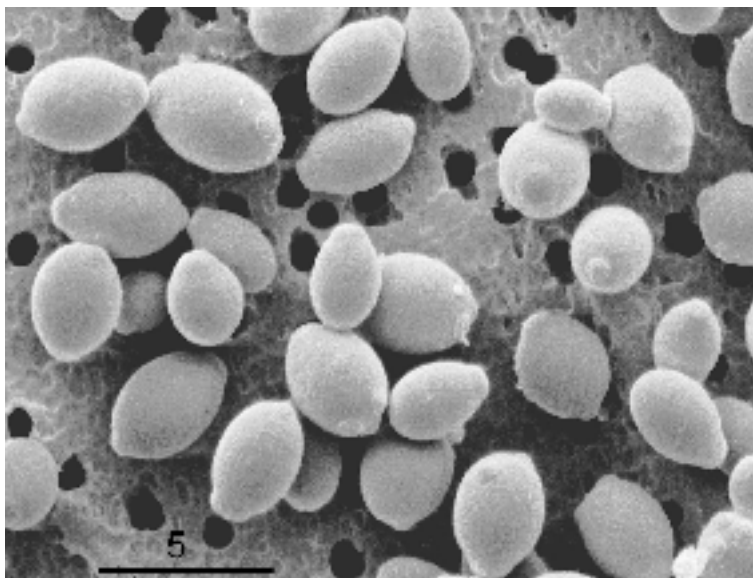
Materiál a metódy

Mikroorganizmus

Kmeň *C. maltosa* bol izolovaný z povrchu znehodnoteného ovocného jogurtového krému. Jeho identifikáciu potvrdilo pracovisko Zbierky kvasiniekových kultúr Chemického ústavu SAV v Bratislave (Ing. Sláviková).

C. maltosa tvorí na sladínovom agare po 3 dňoch pri teplote 28 °C mäkké, hladké a krémové kolónie, ktoré sú zonálne nevýrazne pruhované. Ich stred je mierne vyvýšený a okraj zvlnený. Bunky sú guľaté až mierne oválne s rozmermi 3,3 až 6,6 x 3,3 až 6,6 µm. Tvar buniek z 24 h kultúry *C. maltosa* v jablkovej šťave je znázornený na obr. 1.

C. maltosa vytvára pseudomycélium, nesporuluje, netvorí pigmenty ani polysacharidy na báze škrobu. Slabo toleruje prostredie s 50 % glukózy



OBR. 1. Kvasinka *Candida maltosa* - fotografia z elektrónového mikroskopu (autor: dr. M. Kaláb, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario, Kanada; http://anka.livstek.lth.se:2080/C_maltosa.htm).

FIG.1. Yeast *Candida maltosa* (dr. M. Kaláb, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario, Kanada; http://anka.livstek.lth.se:2080/C_maltosa.htm).

TAB. 1. Vybrané biochemické vlastnosti *Candida maltosa*.

TAB. 1. Some of the biochemical properties of *Candida maltosa*.

Sacharid/látka ¹	Kvasenie ²	Asimilácia ³	
Maltóza	–	+	
Sacharóza	+	(slabo)	
Laktóza	–	–	
Glukóza	+	+	
Galaktóza	–	+	
Rafinóza	–	–	
Trehalóza	+	+	
D–xylóza		+	
L–arabinóza		–	
KNO ₃		–	
Celobióza		+	
Inulín		–	
Škrob v roztoku		–	
Etanol		+	(slabo)
Glycerol		+	(slabo)

1 - saccharide/compound, 2 - fermentation, 3 - assimilation.

a bez vitamínov nerastie. Veľmi dobre rastie pri teplotách laboratória (20 až 23 °C), 28 °C, 37 °C a 42 °C. Biochemické vlastnosti popisovanej kvasinky sú zhrnuté v tab. 1.

Príprava suspenzie a inokulácia

Kmeň *C. maltosa* bol v laboratóriu uchovávaný na agare s glukózou, tryptónom a kvasničným extraktom (GTK agar, Imuna, Šarišské Michaľany, SR) pri teplote (5 ± 1) °C. Na prípravu suspenzie vegetatívnych buniek *C. maltosa* sa použil sterilný fyziologický roztok s hodnotou pH upravenou na 6,8 až 7,0. Suspenzie vyšetrovanej kvasinky používané pre inokuláciu bujónov sa pripravili vytrepaním 48 h kultúry vyrastenej na definovanom povrchu agaru s 5 ml sterilného fyziologického roztoku. Takto pripravené suspenzie sa v jednotlivých pokusoch použili na očkovanie roztokov s glukózou (Mikrochem, Pezinok, SR), kvasničným autolyzátom (Fluka, Buchs, Švajčiarsko) a s odstupňovanými koncentraciami kyseliny mliečnej (Lachema, Brno, ČR). Aktuálne molárne koncentrácie sa overovali acidobázickou titráciou s odmerným roztokom NaOH ($c_{\text{NaOH}} = 0,246 \text{ mol.l}^{-1}$) na indikátor fenolftaleín. Aktívna kyslosť naočkovaných bujónov bola stanovená meraním hodnoty pH digitálnym pH-metrom so sklenou elektródou (Radelkis OP-211/1, Budapešť, Maďarsko).

Bujóny boli inokulované suspenziou vegetatívnych buniek *C. maltosa* tak, aby sa štandardne dosiahla počiatočná denzita buniek $\leq 10^3 \text{ KTJ.ml}^{-1}$.

Stanovenie celkového počtu C. maltosa v bujónoch s rôznou koncentráciou kyseliny mliečnej

Celkové počty *C. maltosa* sa v paralelných modelových roztokoch s odstupňovanými koncentraciami kyseliny mliečnej (tab. 2) stanovovali zriedovacou kultivačnou metódou podľa normy STN ISO 7954 ako kvasinky [15].

Matematické hodnotenie dynamiky rastu C. maltosa

Obsah *C. maltosa* v modelových bujónoch inkubovaných pri teplote ($25 \pm 0,5$) °C bol v závislosti od času inkubácie pri každej koncentrácii kyseliny mliečnej vyhodnotený podľa Baranyiho modelu [25]. Špecifické rastové rýchlosti *C. maltosa* získané z rastových čiar pre jednotlivé koncentrácie kyseliny mliečnej sa podrobili matematickej analýze. Doplnkovo sa na základe experimentálnych výsledkov a neskôr prezentovaných závislostí vypočítali predpovede časov, po ktorých by *C. maltosa* dosiahla pri jednotlivých koncentraciách kyseliny mliečnej denzity $1.10^6 \text{ KTJ.ml}^{-1}$. Získané predpovede sa podrobili validácii podľa Baranyiho a kol. [26].

TAB. 2. Rastové parametre *Candida maltosa* v roztoku s glukózou a kvasničným autolýzátom v závislosti od koncentrácie kyseliny mliečnej pri teplote $(25 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

TAB. 2. Growth parameters of *Candida maltosa* in the glucose solution with yeast extract as a function of lactic acid concentration at a temperature of $(25 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$.

Koncentrácia kyseliny mliečnej ¹ [%]	Špecifická rastová rýchlosť ² [h^{-1}]	Trvanie lag-fázy ³ [h]	Generačný čas ⁴ [h]
0	0,35	2,7	0,86
0	0,36	3,0	0,83
0,28	0,27	4,1	1,12
0,28	0,26	3,3	1,17
0,54	0,23	7,5	1,33
0,54	0,18	7,7	1,63
0,72	0,18	12,4	1,66
0,72	0,20	13,8	1,53
0,79	0,18	18,6	1,66
0,79	0,18	18,5	1,66
1,01	0,17	21,6	1,77
1,01	0,17	22,2	1,77
1,24	0,11	23,5	2,66
1,24	0,13	24,5	2,35
1,59	0,13	64,8	2,32
1,59	0,13	64,5	2,33

1 - lactic acid concentration, 2 - specific growth rate, 3 - lag-phase duration, 4 - generation time.

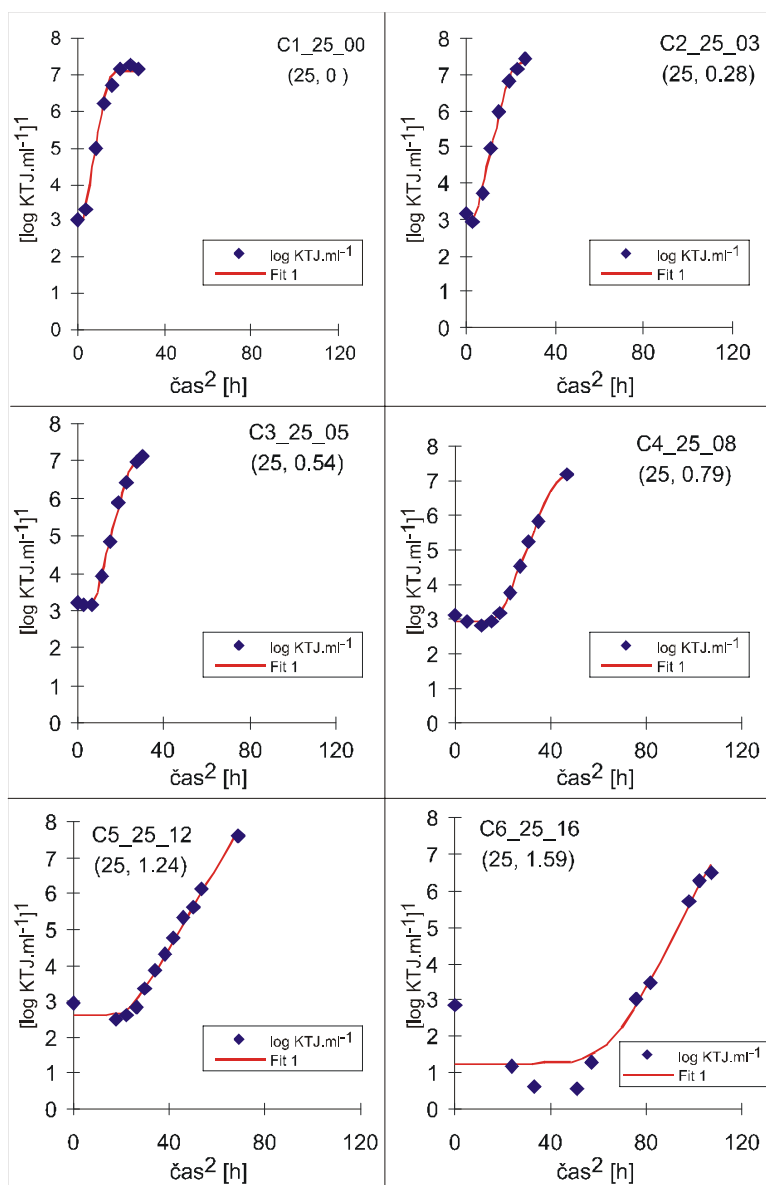
Výsledky a diskusia

Analýza rastu C. maltosa v závislosti od koncentrácie kyseliny mliečnej

Ako modelové prostredie pre rast a rozmnožovanie mikrobiálnej kultúry *C. maltosa* sme použili roztok s glukózou a kvasničným autolýzátom bez prídavku a s prídavkami kyseliny mliečnej 0,28 až 1,59 % (w/v).

Grafické znázornenia rastových čiar *C. maltosa* (obr. 2) a rovnako aj výsledky parametrov rastu zosumarizované v tab. 2 poukazujú na skutočnosť, že špecifická rastová rýchlosť sa so zvyšovaním počiatočnej koncentrácie kyseliny mliečnej znižovala a analogicky sa predlžovalo aj príslušné trvanie lag-fázy.

Na obr. 2 je už pri najnižšej koncentrácii kyseliny mliečnej 0,28 % (w/v) možné vidieť, že počas rastu v lag-fáze dochádzalo k úbytku živých buniek vyšetrovanej kvasinky. So vzrastajúcou koncentráciou kyseliny mliečnej sa tento úbytok prehlboval. Až na konci lag-fázy sa počet životaschopných buniek vyrovnal počtu buniek, ktoré podľahli účinku kyseliny mliečnej



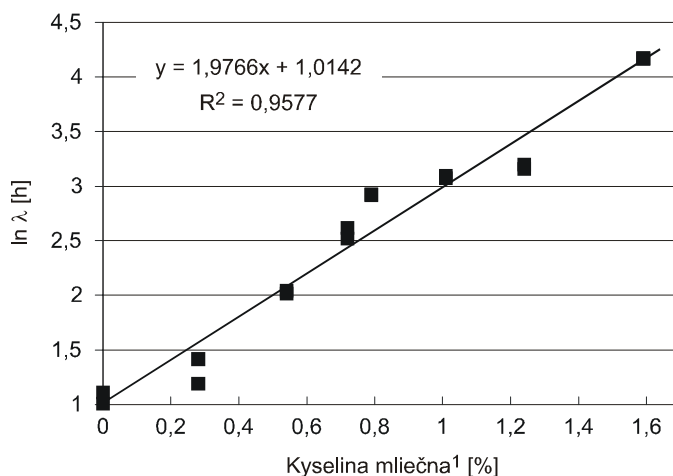
OBR. 2. Vybrané rastové čiary *C. maltosa* v roztoku s glukózou a kvasničným autolyzátom v závislosti od stúpajúcich koncentrácií kyseliny mliečnej pri $(25 \pm 0,5) ^\circ C$, v poradí C1 - 0 %; C2 - 0,28 %; C3 - 0,54 %; C4 - 0,79 %; C5 - 1,24 %; C6 - 1,59 %.

OBR. 2. Selected growth curves of *C. maltosa* in the glucose solution with yeast extract at increasing lactic acid concentrations at $(25 \pm 0,5) ^\circ C$ (in order C1 - 0 %; C2 - 0.28 %; C3 - 0.54 %; C4 - 0.79 %; C5 - 1.24 %; C6 - 1.59 %).
1 - $[\log CFU.ml^{-1}]$, 2 - time [h].

v bujóne, čím kultivačne stanovený počet KTJ bol nakoniec rovnaký ako po inokulácii. Napriek tomuto mikrobicídneho účinku kyseliny mliečnej dokázala časť buniek *C. maltosa* pri koncentrácii 1,6 % prekonať takmer 65 h (takmer trojdňovú) lag-fázu a pokračovať rastom v exponenciálnej fáze.

Skutočnosť, že *C. maltosa* vykazovala značnú toleranciu voči kyseline mliečnej v bujóne, potvrdzuje aj porovnanie vplyvu konkrétnych hodnôt počiatočnej koncentrácie kyseliny na jej špecifickú rastovú rýchlosť. Pri najvyššej použitej koncentrácii kyseliny mliečnej v bujóne (1,59 % w/v) sa síce lag-fáza *C. maltosa* predĺžila viac ako 21-násobne oproti lag-fáze v bujóne bez prídavku kyseliny mliečnej, ale na druhej strane rast kvasinky počas exponenciálnej fázy nebol tak výrazne ovplyvnený. Pri najvyššej koncentrácii kyseliny mliečnej špecifická rastová rýchlosť študovanej kvasinky poklesla totiž len na hodnotu 0,36 z pôvodnej rastovej rýchlosti v bujóne bez prídavku kyseliny.

Hodnoty rastových parametrov, ako trvanie lag-fázy (λ) a špecifická rastová rýchlosť (μ) boli v druhej fáze matematického hodnotenia analyzované vo vzťahu ku koncentráciám kyseliny mliečnej pridanej do bujónu. Príslušné vzťahy sú prezentované na obr. 2 a 3. Z nich je vidieť, že závislosti prirodze-



Obr. 3. Závislosť lag-fázy rastu *C. maltosa* ($\ln \lambda$) od koncentrácie kyseliny mliečnej v roztoku s glukózou a kvasničným extraktom pri teplote ($25 \pm 0,5$) °C.

FIG.3. Lag-phase duration of *C. maltosa* ($\ln \lambda$) as a function of the lactic acid concentration in the glucose solution with yeast extract at a temperature of (25 ± 0.5) °C.
1 - lactic acid [%].

ných logaritmov trvania lag-fázy, ako aj špecifickej rastovej rýchlosti *C. maltosa* od koncentrácií kyseliny mliečnej v bujóne sú lineárne a vysoko významné. Lag-fáza rastu *C. maltosa* sa so zvyšujúcou koncentráciou kyseliny mliečnej v bujóne (c) predlžovala podľa rovnice $\ln \lambda = 1,0141 + 1,9766 c$, ($R_{\lambda}^2 = 0,9577$). Analogicky, špecifická rastová rýchlosť sa pri zvyšovaní koncentrácie kyseliny mliečnej znižovala ($\ln \mu = -1,1458 - 0,6056 c$; $R_{\mu}^2 = 0,9526$).

Horeuvedené lineárne vzťahy bolo možné využiť pre výpočet času, pri ktorom by *C. maltosa*, ak by sa v príslušných tekutých kyslomliečnych poživatinách nachádzala, dosiahla počty 1.10^6 KTJ.ml⁻¹. Výsledky takto postavenej predikcie sú v závislosti od počiatočnej koncentrácie kvasinky zosumarizované v tab. 3. K nim treba poznamenať, že tieto predikcie sú najpresnejšie iba v prostredí poživatín, ktoré sa svojím vnútorným prostredím čo najviac približujú prostrediu modelovému.

Ak by sme uvedené výsledky chceli aplikovať napríklad na kyslomliečne produkty jogurtového typu, realita by sa s najväčšou pravdepodobnosťou od predpovedí odlišovala. Predpovede vychádzajúce z nášho veľmi jednoduchého modelu by boli kratšie, nakoľko k negatívnemu ovplyvneniu rastu *C. maltosa* by v jogurtoch prispeli určite kompetitívne vlastnosti baktérií jogurtovej kultúry, príp. iné faktory.

Pre potvrdenie tohto predpokladu uvádzame výsledok časti nepublikovanej štúdie, v rámci ktorej sme vykonali skladovacie testy jogurtov zakúpe-

TAB. 3. Predpovede časov [d], kedy by *C. maltosa* dosiahla počet 1.10^6 KTJ.ml⁻¹ v roztoku s glukózou, kvasničným autolýzátom a prídavkami kyseliny mliečnej pri teplote $(25 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

TAB. 3. Prediction of the time [d] for *C. maltosa* to reach a density of 1.10^6 CFU.ml⁻¹ in the glucose solution with yeast extract supplemented with lactic acid at $(25 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

Koncentrácia kyseliny mliečnej ¹ [%]	Čas potrebný na dosiahnutie 1.10^6 KTJ.ml ⁻¹ v závislosti od počiatočného počtu N_0 ² [d]		
	$N_0 = 1$ KTJ.ml ⁻¹	$N_0 = 100$ KTJ.ml ⁻¹	$N_0 = 1000$ KTJ.ml ⁻¹
0	0,9	0,6	0,5
0,3	1,2	0,8	0,7
0,6	1,5	1,1	0,9
0,9	2,0	1,6	1,4
1,2	2,9	2,3	2,0
1,5	4,2	3,5	3,2
1,8	6,4	5,6	5,2

1 - lactic acid concentration, 2 - time to reach a density of 1.10^6 CFU.ml⁻¹ related to initial counts N_0 .

ných v obchodnej sieti. Tieto jogurty sme uchovávali pri teplote $(8 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$. Pre rast zmesi neidentifikovaných s najväčšou pravdepodobnosťou oxidatívnych kvasiniek sme v týchto jogurtoch zistili lag-fázu trvajúcu 57,6 h a rastovú rýchlosť približne $0,01 \text{ h}^{-1}$. Tieto hodnoty sme použili pre obdobné výpočty časových predpovedí dosiahnutia ich koncentrácie $1 \cdot 10^6 \text{ KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$ v jogurte (pri teplote $8 \pm 0,5 ^\circ\text{C}$). Výsledkom týchto predpovedí boli dlhšie časy aj vzhľadom na podstatne nižšiu použitú teplotu. Ak by sa tieto kvasinky nachádzali v jogurte v počte $N_0 = 1 \text{ KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$, potom by koncentrácie $10^3 \text{ KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$ dosiahli za 15 dní, $10^4 \text{ KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$ za 20 dní a $10^6 \text{ KTJ} \cdot \text{ml}^{-1}$ za 29 dní. Ak uvažujeme, že kyselina mliečna môže byť v jogurtoch prítomná približne v koncentrácii 1,5 %, tieto predpovede vychádzajúce z experimentov uskuutočnených v reálnom produkte, ale pri teplote $8 ^\circ\text{C}$, sú približne 6-násobne dlhšie, ako modelové výpočty pre *C. maltosa* ($25 ^\circ\text{C}$) zosumarizované v tab. 3.

Validácia predikcie rastu *C. maltosa*

Pod pojmom validácia rozumieme vzájomné porovnanie predpovedí rastových rýchlostí, generačných časov alebo trvania lag- fázy s experimentálne získanými výsledkami alebo s údajmi z príslušných databáz [27]. Podľa Baranyiho a kol. [26] je účelom validácie určenie stupňa nezhody modelov s výsledkami experimentov alebo iných modelov.

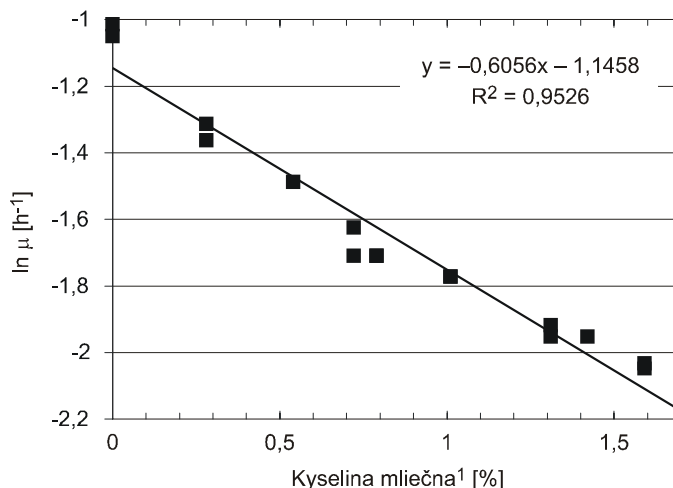
Pre naše účely sme z validačných faktorov vybrali tzv. faktor presnosti (angl. accuracy factor) a z neho odvodený faktor nezhody vyjadrený v percentách (ang. discrepancy). Tieto faktory sú definované nasledovne:

$$A_f = \exp \left(\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m \left(\ln f(x^k) - \ln \mu^k \right)^2}{n}} \right)$$

$$\% D_f = (A_f - 1) \cdot 100,$$

pričom μ je špecifická rýchlosť z rastovej krivky, $f(x^k)$ je μ z funkcie, ktorou sa popisujú experimentálne získané hodnoty, n je počet meraní a $\% D_f$ je diskrepancia (nesúlads s predikciou) [26, 28].

Validácia kvantitatívnej analýzy rastu *C. maltosa*, ako aj uvedených predpovedí, bola urobená na základe porovnania rozdielov medzi špecifickými rastovými rýchlosťami vypočítanými z rastových čiar a rastovými rýchlosťami



OBR. 4. Závislosť špecifickej rastovej rýchlosti *C. maltosa* ($\ln \mu$) od koncentrácie kyseliny mliečnej v roztoku s glukózou a kvasničným extraktom pri teplote $(25 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

FIG.4. Specific growth rate of *C. maltosa* ($\ln \mu$) as a function of the lactic acid concentration in the glucose solution with yeast extract at the temperature of $(25 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$.

1 - lactic acid [%].

TAB. 4. Parametre validácie pre závislosť rastovej rýchlosti *C. maltosa* od koncentrácie kyseliny mliečnej v roztoku s glukózou a kvasničným autolyzátom a pre predikciu času potrebného na dosiahnutie denzity $1.10^6 \text{ KTJ.ml}^{-1}$.

TAB. 4. Validation parameters for the correlation of the specific growth rate of *C. maltosa* with the lactic acid concentration in the glucose solution with yeast extract, and for the prediction of the time to reach a density of $1.10^6 \text{ CFU.ml}^{-1}$.

Faktor ¹	Indexy validácie pre ²	
	závislosť ³ $\ln \mu = -1,1458 - 0,6056.c$	predpovede času potrebného na dosiahnutie počtu <i>C. maltosa</i> $1.10^6 \text{ KTJ.ml}^{-1}$ ⁴
A_f	1,13	1,12
$\% D_f$	13,1	12,3

1 - factor, 2 - validation index for, 3 - correlation, 4 - prediction of time to reach $1.10^6 \text{ CFU.ml}^{-1}$.

vyplývajúcimi zo závislosti znázornenej na obr. 4. Výsledky uvedené v tab. 4 poukazujú na skutočnosť, že v oboch prípadoch, či už ide o špecifickú rastovú rýchlosť alebo predikciu času potrebného na dosiahnutie počtu *C. maltosa* $1.10^6 \text{ KTJ.ml}^{-1}$, bola nezhoda 13 % medzi hodnotami vypočítanými na základe modelov a hodnotami experimentálnymi.

Záver

V práci sa matematicky analyzoval rast oxidatívnej kvasinky *C. maltosa* v bujóne v závislosti od koncentrácie kyseliny mliečnej. Konkrétne výsledky tejto práce sme nemohli porovnať s inými údajmi, nakoľko sme ich v dostupnej odbornej a vedeckej literatúre nenašli. S najväčšou pravdepodobnosťou išlo aj o doteraz prvú izoláciu tejto kvasinky zo znehodnotených kyslomliečnych produktov. Prezentované predikcie počtov *C. maltosa* je možné pokladať za príspevok, ktorý poukázal a potvrdil reálnu možnosť rastu oxidatívnej kvasinky *C. maltosa* v kyslomliečnych výrobkoch. Predpokladáme, že v štúdiu vlastností tejto kvasinky budeme pokračovať, nakoľko použité postupy matematického modelovania sú využiteľné aj pri ďalších experimentoch s touto kvasinkou zameraných na vplyv nižších teplôt a iných faktorov prostredia požívatin.

Literatúra

1. RICHTER, R. L. - LEDFORD, R. A. - MURPHY, S. C.: Milk and milk products. In: VANDERZANT, C. - SPLITTSTOESSER, D. F.: Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3. vyd. Washington : American Public Health Association, 1992, s. 837-856.
2. BETTS, G. D. - LINTON, P. - BETTERIDGE, R. J.: Food spoilage yeasts: Effects of pH, NaCl and temperature on growth. Food Control, 10, 1999, s. 27-33.
3. JAKOBSEN, M. - NARVHUS, J.: Yeasts and their possible beneficial and negative effects on the quality of dairy products. International Dairy Journal, 6, 1996, s. 755-768.
4. ROMANO, P. - RICCIARDI, A. - SALZANO, G. - SUZZI, G.: Yeasts from Water Buffalo Mozzarella, a traditional cheese of the Mediterranean area. International Journal of Food Microbiology, 69, 2001, s. 45-51.
5. VARNAN, A. H. - SUTHERLAND, J. P.: Milk and milk products. 1. vyd. London : Chapman and Hall, 1994. 451 s.
6. RAŠIC, J. L. - KURMANN, J. A.: Yoghurt. Bern : Staempfli + Cie AG, 1978. 466 s.
7. VILJOEN, B. C. - GREYLING, T.: Yeasts associated with Cheddar and Gouda making. International Journal of Food Microbiology, 28, 1995, s. 79-88.
8. ROBINSON, R. K. - TAMIME, A. Y.: Microbiology of fermented milks. In: ROBINSON, R. K.: The microbiology of milk products. 2. vyd. London, New York : Elsevier Applied Science, 1990, s. 291-345.
9. ROOSTITA, R. - FLEET, G. H.: The occurrence and growth of yeasts in Camembert and Blue-veined cheeses. International Journal of Food Microbiology, 28, 1996a, s. 393-404.
10. ROOSTITA, R. - FLEET, G. H.: Growth of yeasts in milk and associated changes to milk composition. International Journal of Food Microbiology, 31, 1996b, s. 205-219.
11. GADAGA, T. H. - MUTUKUMIRA, A. N. - NARVHUS, J. A.: The growth and interaction of yeasts and lactic acid bacteria isolated from Zimbabwean naturally fermented milk in UHT milk. International Journal of Food Microbiology, 68, 2001, s. 21-32.

12. CORBO, M. R. - LANCIOTTI, R. - ALBENZIO, M. - SINIGAGLIA, M.: Occurrence and characterization of yeasts isolated from milks and dairy products of Apulia region. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 2001, s. 147-152.
13. ABDELGADIR, W. S. - HAMAD, S. H. - MOLLER, P. L. - JAKOBSEN, M.: Characterisation of the dominant microbiota of Sudanese fermented milk Rob. *International Dairy Journal*, 11, 2001, s. 63-70.
14. GADAGA, T. H. - MUTUKUMIRA, A. N. - NARVHUS, J. A.: Enumeration and identification of yeasts isolated from Zimbabwean traditional fermented milk. *International Dairy Journal*, 10, 2000, s. 459-466.
15. STN ISO 7954 (56 0087) Mikrobiológia. Všeobecné pokyny na stanovenie počtu kvasiniek a plesní. Metóda počítania kolónií kultivovaných pri 25 °C. 1997.
16. VAN DEN TEMPEL, T. - JAKOBSEN, M.: Yeasts associated with Danablu. *International Dairy Journal*, 8, 1998, s. 25-31.
17. WOJTATOWICZ, M. - CHRZANOWSKA, J. - JUSZCZYK, P. - SKIBA, A. - GDULA, A.: Identification and biochemical characteristics of yeasts microflora of Rokpol cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 2001, s. 135-140.
18. CORSETTI, A. - ROSSI, J. - GOBBETTI, M.: Interactions between yeasts and bacteria in the smear surface-ripened cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 2001, s. 1-10.
19. MINERVINI, F. - MONTAGNA, M. T. - SPILOTROS, G. - MONACI, L. - SANTACROSE, M. P. - VISCONTI, A.: Survey on mycoflora of cow and buffalo dairy products from Southern Italy. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 2001, s. 141-146.
20. CONSENTINO, S. - FADDA, M. E. - DEPLANO, M. - MULARGIA, A. F. - PALMAS, F.: Yeasts associated with Sardinian ewe's dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 2001, s. 53-58.
21. SIRELI, U. T. - ÖZDEMİR, H.: Microbiological quality of fruit yoghurts marketed in Ankara. *Ankara University, Veterinary Faculty*, 45, 1998, s. 287-293.
22. ADDIS, E. - FLEET, G. H. - COX, J. M. - KOLAK, D. - LEUNG, T.: The growth, properties and interactions of yeasts and bacteria associated with the maturation of Camembert and blue-veined cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 2001, s. 25-36.
23. GÖRNER, F. - ŠIMKOVICOVÁ, H. - ZDICHAVSKÁ, M.: Zmeny obsahu kontaminujúcich mikroorganizmov pri fermentácii jogurtu. *Československá hygiena*, 17, 1972, s. 141-149.
24. ROSSI, J. - GOBBETTI, M. - BUZZINI, P. - CORSETTI, A. - SMACCHI, E. - DE ANGELIS, M.: Yeasts in dairy. *Annali di Microbiologia ed Enzimologia*, 47, 1997, s. 169-183.
25. BARANYI, J. - ROBERTS, T.A. - MCCLURE, P.: A non-autonomous differential equation to model bacterial growth. *Food Microbiology*, 10, 1993, s. 43-59.
26. BARANYI, J. - PIN, C. - ROSS, T.: Validating and comparing predictive models. *International Journal of Food Microbiology*, 48, 1999, s. 159-166.
27. ROSS, T.: Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology. *Journal of Applied Bacteriology*, 81, 1996, s. 501-508.
28. VALÍK, L. - GÖRNER, F. - LAUKOVÁ, D.: Hodnotenie hygienickej bezchybnosti a validácia predikcie trvanlivosti pasterizovaného mlieka z hľadiska *Bacillus cereus*. In: Sborník přednášek semináře Mléko a sýry 2002. Praha : Česká společnost chemická, 2002, v tlači.

Do redakcie došlo 18.2.2002.

Effect of lactic acid on the growth of a yeast *Candida maltosa*

LAUKOVÁ, D. - VALÍK, L. - GÖRNER, F. - SCHMIDT, Š.:

Bull. potrav. Výsk., 41, 2002, p. 131-143.

SUMMARY. The growth dynamics of an oxidative yeast *Candida maltosa* Komagata, Nakase et Katsuya in model liquid media with glucose and yeast extract was determined in relation to different lactic acid concentrations ranging from 0 to 1.6 % (w/v). The strain *C. maltosa* was isolated from the surface of a spoiled fruit yoghurt probably for the first time in Slovakia. The maximum specific growth rate in the broth without lactic acid at 25 °C was 0.36 h⁻¹ and the minimum lag-phase duration was 2.9 h. The decrease in the natural logarithm of the specific growth rate ($\ln \mu$) as well as the increase in the natural logarithm of the lag-phase ($\ln \lambda$) correlated linearly ($R_{\mu}^2 = 0.9526$; $R_{\lambda}^2 = 0.9577$) with the increasing lactic acid concentration (0–1.59 %). Based on these correlations, predictions of the time for *C. maltosa* to reach a density of 1.10⁶ CFU.ml⁻¹ are presented.

KEYWORDS: *Candida maltosa*, mathematical modelling of microbial growth, predictive microbiology