

Matematické modelovanie vplyvu teploty na dynamiku rastu *Candida maltosa* YP1 v jogurtových krémoch

DENISA LAUKOVÁ - LUBOMÍR VALÍK

SÚHRN. V práci je opísaná dynamika rastu oxidatívnej kvasinky *Candida maltosa* YP1 v jogurtových základoch K (čerstvý jogurt) a P (čerstvý probiotický jogurt) v závislosti od teploty uchovávaní. Rast testovaného kmeňa kvasinky sa pozoroval aj pri teplote $6 \pm 0,5$ °C v oboch zámerne inokulovaných substrátoch. So zvyšujúcou sa teplotou uchovávaní jogurtových krémov sa rastová rýchlosť kvasinky zvyšovala a lag-fáza *C. maltosa* YP1 sa skracovala. Maximálne rastové rýchlosti kmeňa *C. maltosa* YP1 v jogurtoch K ($\mu_K = 0,185$ h⁻¹) a P ($\mu_P = 0,091$ h⁻¹) a ekvivalentne minimálne generačné časy ($GT_K = 1,6$ h, $GT_P = 3$ h) sa zaznamenali pri teplote $21 \pm 0,5$ °C. Zvyšovanie rastovej rýchlosti ($\ln \mu$) kvasinky *C. maltosa* YP1 so zvyšovaním teploty uchovávaní bolo možné v jogurtových substrátoch opísať semilogaritmickou rovnicou $\ln \mu = -5,0121 + 0,1428T$ ($R_{\mu}^2 = 0,9324$). Skracovanie lag-fázy (λ) *C. maltosa* YP1 v závislosti od stúpajúcej teploty sa následne charakterizovalo lineárnym korelačným vzťahom $\lambda = 44,581 - 1,9409T$ ($R_{\lambda}^2 = 0,8819$). Na základe týchto závislostí sa v práci prezentujú predpovede, kedy *C. maltosa* YP1 reprezentujúca kvasinkové kontaminanty v potravinách dosiahne počty 1.10^6 KTJ.ml⁻¹.

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

Význam a výroba kyslomliečnych produktov vrátane jogurtov vo svete neustále rastie. Vďaka svojej lahodnej chuti, dietetickým vlastnostiam, širokej škále pridávaných ovocných zložiek a iných príchuťí sa tešia veľkej obľube u spotrebiteľov, čomu sa prirodzene prispôsobila aj výroba.

Kmeň *C. maltosa* YP1 sa doposiaľ vyznačoval psychrotrofnými, termorezistentnými a acidotolerantnými vlastnosťami [1, 2]. V našej predchádzajúcej práci sme poukázali na fakt, že emulzné i mliečne produkty bez prítomnosti antagonistických alebo kompetitívnych mikroorganizmov sú vhodným substrátom pre rast a rozmnožovanie kvasinky *C. maltosa* YP1 [3].

Ing. Denisa LAUKOVÁ, Výskumný ústav potravinársky, Štefánikova 45, 900 01 Modra.
Doc. Ing. Lubomír VALÍK, PhD., Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.
Korešpondujúci autor: Doc. Ing. Lubomír VALÍK, PhD., e-mail: lubomir.valik@stuba.sk

Predložená štúdia sa preto zameriava na jej kompetitívne vlastnosti voči baktériam mliečného kysnutia, pričom v prvej sérii sa sledoval rast *C. maltosa* YP1 v zámerne naočkovanej jogurtovej zmesi v závislosti od teploty uchovávaní.

Materiál a metódy

Mikroorganizmus

Kmeň *C. maltosa* YP1 sa izoloval z povrchu znehodnoteného ovocného jogurtového krému. Jeho identifikáciu potvrdilo pracovisko Zbierky kvasinkových kultúr Chemického ústavu SAV v Bratislave. Morfológické a biochemické vlastnosti *C. maltosa* YP1 sú uvedené v prácach LAUKOVÁ a kol. [2, 4].

Príprava suspenzie a inokulácia

Kmeň *C. maltosa* YP1 sa v laboratóriu uchovával 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* YP1 sa použil sterilný fyziologický roztok [2, 4]. Suspenzie vyšetrovanej kvasinky používané na inokuláciu jogurtových zmesí Klasik a Probia (Rajo, a. s., Bratislava, SR) sa pripravili podľa prác LAUKOVÁ a kol. [2, 4].

Substráty sa inokulovali suspenziou vegetatívnych buniek *C. maltosa* YP1 tak, aby sa štandardne dosiahla počiatočná denzita buniek $\leq 10^3$ KTJ.ml⁻¹, resp. 10^3 KTJ.g⁻¹.

Čerstvý jogurt

Na sledovanie dynamiky rastu kvasinky *C. maltosa* YP1 v kyslomliečnych produktoch sa použil čerstvý jogurtový krém Klasik (K) a ProBia (P) výrobcu Rajo, Bratislava odobratý z prechladzovacieho tanku, v ktorom sa jogurt po fermentácii ochladzuje na teplotu 22 až 23 °C a ďalej sa čerpá do plniaceho zariadenia ešte pred primiešaním stabilizátorov, ochucovacích a ovocných zložiek. Oba typy jogurtových krémov, Klasik a Probia, sa pripravili pomocou kmeňov druhov *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*. Navyše sa do jogurtov Probia zamiešava aj probiotická kultúra *Bifidobacterium longum* BB 536.

Vzorky sa ihneď po ich odobratí transportovali do laboratória, aby ich teplota neprekročila 10 °C. Obsah kvasiniek a vláknitých húb stanovený podľa normy STN ISO 7954 [5] bol <1 KTJ.ml⁻¹.

Stanovenie celkového počtu C. maltosa YP1 v jogurtoch

Celkové počty *C. maltosa* YP1 sa v zámerne inokulovaných paralelných rastových substrátoch stanovovali zriedňovacou kultivačnou metódou podľa normy STN ISO 7954 ako kvasinky [5].

Matematické hodnotenie dynamiky rastu C. maltosa YP1

Obsah *C. maltosa* YP1 v jogurtových základoch uchovávaných pri teplote 6; 8; 12; 17 a 21 °C ($\pm 0,5$ °C) bol v závislosti od času inkubácie vyhodnotený podľa Baranyiho modelu [6]. Rastové rýchlosti *C. maltosa* YP1 získané z rastových čiar pre jednotlivé skladovacie teploty a typy substrátu sa podrobili matematickej analýze. Doplnkovo sa na základe experimentálnych výsledkov a neskôr prezentovaných závislostí vypočítali predpovede časov, po ktorých by *C. maltosa* YP1 dosiahla pri jednotlivých teplotách uchovávaní v testovaných substrátoch denzitu $1 \cdot 10^6$ KTJ.ml⁻¹. Táto koncentrácia predstavuje hraničnú hodnotu súvisiacu so znehodnotením fermentovaných produktov jogurtového typu prejavujúcim sa kvasničnou chuťou. Získané predpovede, ako aj rastové rýchlosti kvasinky, sa podrobili validácii podľa BARANYIHO a kol. [7].

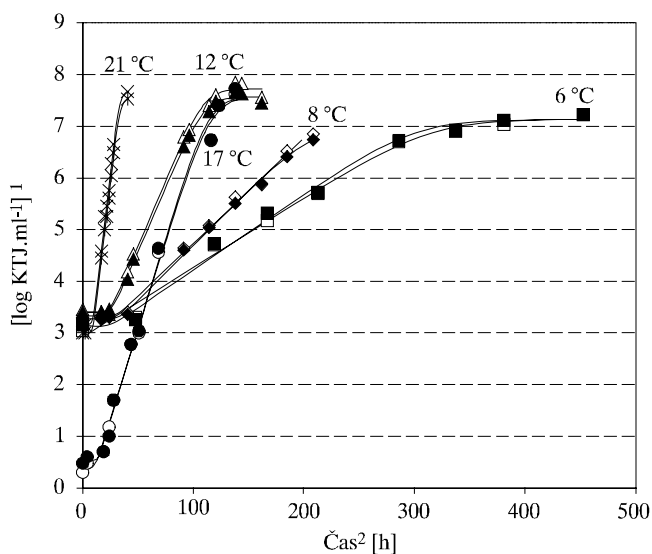
Výsledky a diskusia

Analýza rastu C. maltosa YP1 v zámerne inokulovaných kyslomliečnych substrátoch v závislosti od teploty ich uchovávaní

Ako modelové prostredie pre rast a rozmnožovanie kultúry *C. maltosa* YP1 sa zvolili jogurtové základy K a P, ktoré sa uchovávali v termostate pri teplotách 6; 8; 12; 17 a 21 °C ($\pm 0,5$ °C).

Grafické znázornenie rastových čiar *C. maltosa* YP1 (obr. 1, 2) v jednotlivých rastových substrátoch a rovnako aj výsledky rastových parametrov sumarizované v tab. 1 poukazujú na skutočnosť, že rastová rýchlosť kvasinky sa so zvyšujúcou sa teplotou uchovávaní zvyšovala a trvanie lag-fázy a generačného času sa analogicky skracovalo.

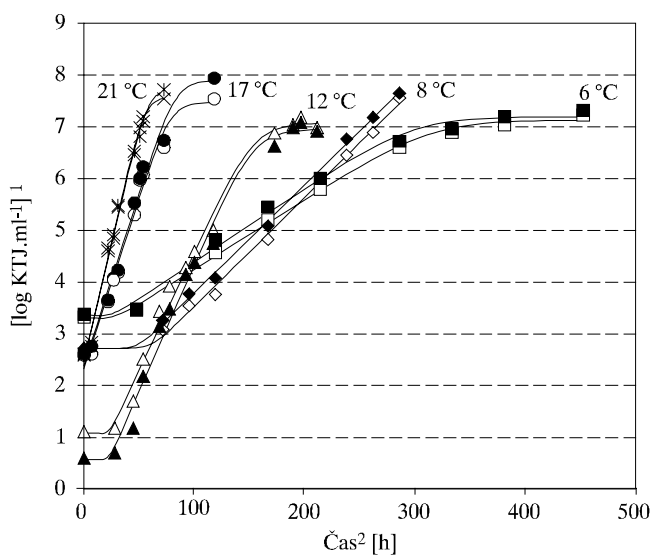
Najnižšie priemerné rastové rýchlosti *C. maltosa* YP1 v jogurtoch sa pozorovali pri teplote $6 \pm 0,5$ °C a $8 \pm 0,5$ °C ($\mu_{6^\circ\text{C}} = 0,0139 \text{ h}^{-1}$; $\mu_{8^\circ\text{C}} = 0,0207 \text{ h}^{-1}$), čomu prirodzene zodpovedali aj najdlhšie generačné časy ($GT_{6^\circ\text{C}} = 21,8 \text{ h}$; $GT_{8^\circ\text{C}} = 14,6 \text{ h}$). Postupným zvyšovaním teploty sa rast *C. maltosa* YP1 zintenzívnili o 71,3 % pri $12 \pm 0,5$ °C a o 79,4 % pri $17 \pm 0,5$ °C v porovnaní s dynamikou rastu kvasinky pri 6 °C. Najrýchlejší rast *C. maltosa* YP1 sa pozoroval pri teplote 21 °C, kedy nárast kultúry



OBR. 1. Rastové čiarý *C. maltosa* YP1 v zámerne inokulovanom jogurte K v závislosti od teploty uchovávanía.

FIG. 1. Growth curves of *C. maltosa* YP1 in an inoculated yoghurt cream K in dependence on the storage temperature.

1 - time, 2 - $[\log \text{CFU.ml}^{-1}]$.



OBR. 2. Rastové čiarý *C. maltosa* YP1 v zámerne inokulovanom jogurte P v závislosti od teploty uchovávanía.

FIG. 2. Growth curves of *C. maltosa* YP1 in an inoculated yoghurt cream P in dependence on the storage temperature.

1 - time, 2 - $[\log \text{CFU.ml}^{-1}]$.

TAB. 1. Rastové parametre *C. maltosa* YP1 v jogurtových krémoch
v závislosti od teploty uchovávaní.

TAB. 1. Growth parameters of *C. maltosa* YP1 inoculated in the yoghurt cream
in dependence on the storage temperature.

| Teplota ¹ [°C] | Rastová rýchlosť ² μ [h ⁻¹] | | Generačný čas ³ <i>GT</i> [h] | |
|------------------------------|--|-------------|--|-------------|
| | v jogurte ⁴ K | v jogurte P | v jogurte K | v jogurte P |
| 6 | 0,0139 | 0,0137 | 21,5 | 22,0 |
| 8 | 0,0206 | 0,0208 | 14,6 | 14,5 |
| 12 | 0,0497 | 0,0472 | 6,1 | 6,4 |
| 17 | 0,0691 | 0,066 | 4,4 | 4,6 |
| 21 | 0,185 | 0,091 | 1,6 | 3,3 |

1 - storage temperature, 2 - growth rate, 3 - generation time, 4 - in yoghurt.

C. maltosa YP1 za tú istú časovú jednotku bol desaťnásobne vyšší ($\mu_{21^\circ\text{C}} = 0,138 \text{ h}^{-1}$) ako pri teplote 6 °C.

Maximálna dĺžka lag-fázy *C. maltosa* YP1 v oboch jogurtových krémoch sa prirodzene pozorovala pri najnižších teplotách uchovávaní 6 °C a 8 °C, postupným zvyšovaním teploty sa skracovala na 12,6 h pri teplote 17 °C alebo na 9,4 h pri 21 °C.

Významným faktom bolo, že sledovaný kmeň kvasinky vykazoval rast aj pri 6 °C s generačným časom 21,8 h. Na základe tejto skutočnosti je možné považovať vyšetrovaný kmeň za psychrotrofný. Pri ďalšej chladiarenskej významnej teplote 8 °C, ktorá by sa v praxi nemala prekročiť, napríklad pri transporte čerstvých potravín, a ktorá je výrobcom odporúčaná ako maximálna teplota uchovávaní jogurtov, sa generačný čas kvasinky *C. maltosa* YP1 skrátil a rastová rýchlosť sa zvýšila približne 1,5-násobne oproti jej rastovým parametrom pri 6 °C.

Z pokusov jednoznačne vyplynulo, že určujúcim faktorom pre trvanie lag-fázy *C. maltosa* YP1 v jogurtoch bola teplota uchovávaní (obr. 3). Jej zvyšovanie štatisticky významne a priamo úmerne lag-fázu (λ) skracovalo podľa nasledovného vzťahu:

$$\lambda = 44,581 - 1,9409T \quad (R_{\lambda}^2 = 0,8819)$$

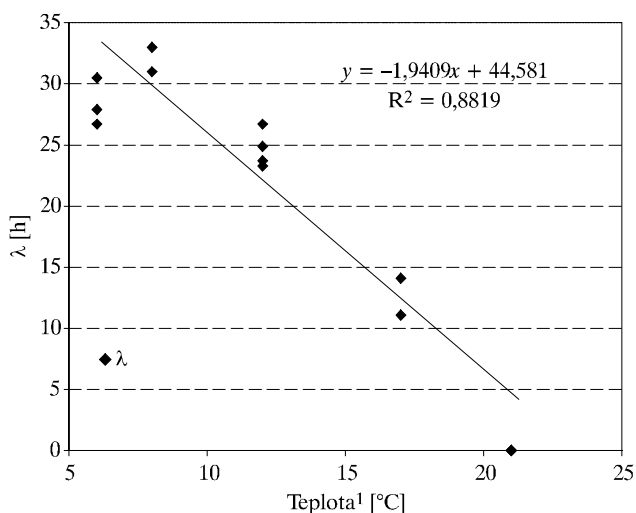
kde T je teplota uchovávaní a R korelačný koeficient.

So zvyšovaním teploty prirodzene dochádzalo aj k zvyšovaniu rastovej rýchlosti *C. maltosa* YP1 (obr. 4). V tomto prípade bola však závislosť zvyšovania rastovej rýchlosti μ od teploty semilogaritmická podľa rovnice:

$$\ln \mu = -5,0121 + 0,1428T \quad (R_{\mu}^2 = 0,9324)$$

Podobne ako v prípade lag-fázy, aj závislosť prirodzeného logaritmu rastovej rýchlosti od teploty bola štatisticky vysoko významná.

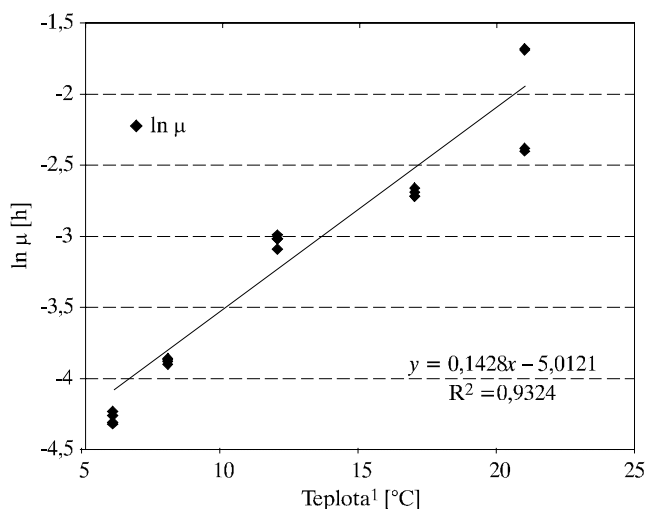
Rastové parametre *C. maltosa* YP1 získané vo vyššie uvedených jogurtových krémoch sa teoreticky porovnali s rastovými parametrami získanými v modelových glukózových roztokoch s kyselinou mliečnou. Keďže v jogurtoch sa očakáva obsah kyseliny mliečnej v intervale od 0,7 % až 1,0 %, relevantné bolo ich porovnanie pri rovnakých koncentráciách kyseliny mliečnej, ale len v roztoku s glukózou a kvasničným autolyzátom. Z porovnania napríklad vyplynulo, že rastové rýchlosti kvasinky *C. maltosa* YP1 v jogurtovom základe Probia pri 8 °C (obsah kyseliny mliečnej 1,0 %, $\mu = 0,0208 \text{ h}^{-1}$) boli o 18,3 % vyššie ako rastové rýchlosti kvasinky v bujóne obsahujúcom 1,1 % kyseliny mliečnej pri tej istej teplote ($\mu = 0,017 \text{ h}^{-1}$). Podobne aj pri teplote 12 °C boli hodnoty rastových rýchlostí *C. maltosa* YP1 v probiotických jogurtoch (obsah kyseliny mliečnej 1,0 %, $\mu = 0,047 \text{ h}^{-1}$) o 10,6 % vyššie v porovnaní s hodnotami pozorovanými v modelových glukózových roztokoch s 1,0 % prídavkom kyseliny mliečnej pri tej istej teplote uchovávaní ($\mu = 0,042 \text{ h}^{-1}$).



OBR. 3. Závislosť trvania lag-fázy *C. maltosa* YP1 (λ) zámerne inokulovanej do jogurtových krémov od teploty uchovávaní.

FIG. 3. Lag-phase duration of *C. maltosa* YP1 (λ) inoculated in the yoghurt cream as a function of the storage temperature.

1 - temperature.



OBR. 4. Závislosť rastovej rýchlosti *C. maltosa* YP1 ($\ln \mu$) zámerne inokulovanej do jogurtových krémov od teploty uchovávaní.

FIG. 4. Growth rate of *C. maltosa* YP1 ($\ln \mu$) inoculated in the yoghurt cream as a function of the storage temperature.
1 - temperature.

Z týchto porovnaní je možné konštatovať, že nutričný potenciál a vnútorné prostredie vrátane prítomných baktérií jogurtovej kultúry vytvára vhodnejšie podmienky pre rast tejto kvasinky ako samotný glukózový roztok s kvasničným autolyzátom. Tento poznatok je významný pre prax, pretože ukazuje, aké dôležité je v praxi znižovať pravdepodobnosť kontaminácie (najmä kvasinkami a vláknitými hubami) aj pri výrobe takých produktov, ktoré sa považovali za mikrobiologicky stabilné.

Preto je možné obidve lineárne rovnice založené na výsledkoch našich experimentov využiť pre výpočet času, po ktorom by kontaminant *C. maltosa* YP1, ak by sa v príslušných kyslomliečnych produktoch nachádzal, dosiahol počty, napríklad 1.10^6 KTJ.ml⁻¹. Výsledky takto postavenej predikcie sú v závislosti od počiatočnej koncentrácie kvasinky sumarizované v tab. 2. Z nich vyplýva napríklad, že ak by sa *C. maltosa* YP1 ako kontaminant nachádzal v počiatočnej koncentrácii $N_0 = 1$ KTJ.ml⁻¹, potom by dosiahnutie jej koncentrácie 1.10^6 KTJ.ml⁻¹ vyžadovalo 17 dní pri teplote 6 °C a 13 dní pri teplote 8 °C. Ak berieme do úvahy súčasnú dobu spotreby jogurtov 30 dní, zovšeobecnením by mohlo vyplývať, že jogurty s takouto počiatočnou kvasinkovou kontamináciou by už v polovici doby spotreby mohli vykazovať kvasničnú

TAB. 2. Predpovede časov [d], kedy by *C. maltosa* YP1 dosiahla počet 1.10^6 KTJ.ml⁻¹ v jogurtových krémoch v závislosti od teploty uchovávaní.TAB. 2. Prediction of time [d] for *C. maltosa* YP1 to reach 1.10^6 CFU.ml⁻¹ in the yoghurt cream in dependence on the storage temperature.

| Teplota ¹ [°C] | Čas potrebný na dosiahnutie 1.10^6 KTJ.ml ⁻¹ v závislosti od počiatočnej koncentrácie ² [d] | | | |
|------------------------------|--|------------|-------------|--------------|
| | $N_0 = 1$ | $N_0 = 10$ | $N_0 = 100$ | $N_0 = 1000$ |
| 6 | 17,3 | 14,6 | 12 | 9,3 |
| 8 | 13,2 | 11,2 | 9,2 | 7,2 |
| 12 | 7,7 | 6,5 | 5,4 | 4,3 |
| 17 | 3,8 | 3,2 | 2,7 | 2,1 |
| 21 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | 1,1 (26 h) |

N_0 - počiatočná koncentrácia *C. maltosa* YP1 [KTJ.ml⁻¹].

N_0 - initial density of *C. maltosa* YP1 [CFU.ml⁻¹]. 1 - temperature, 2 - time to reach 1.10^6 CFU.ml⁻¹ in dependence on the initial density [d].

príchut' alebo kvasničný zápach. Z výsledkov ďalej vyplynulo, že na problém kontaminácie kyslomliečnych produktov kvasinkami treba v praxi neustále poukazovať, nakoľko teoretická minimálna počiatočná koncentrácia kvasiniek, z ktorej sa zvýši ich počet na 1.10^6 KTJ.ml⁻¹ na konci 30-dňovej doby spotreby je veľmi nízka, len 3.10^{-6} KTJ/1000 ml jogurtu pri teplote 8 °C a je teda ťažko dosiahnuteľná. Z vypočítaných predikcií (tab. 2) tiež vyplynulo, že reálne predísť týmto problémom znehodnotenia jogurtov kvasinkami znamená zabrániť ich kontaminácii (zvlášť termorezistentnými a acidotolerantnými kvasinkami, akou je *C. maltosa* YP1), ako aj aplikovať tzv. ochranné kultúry. Ide o špecifické kmene baktérií mliečneho kysnutia, ktoré sa aplikujú ako neštartovacie kultúry a ich metabolity vykazujú antimikrobiálnu aktivitu. Napríklad prídavok kultúry *Lactobacillus rhamnosus* VT1, ktorý by sa v blízkej budúcnosti mohol stať súčasťou už komerčne vyrábaných a na trhu dostupných ochranných kultúr a byť tak doplnkom preventívnych hygienických opatrení, v koncentrácii 15 % (obsah kyseliny mliečnej v prepočte na kyselinu mliečnu 0,3 %) by čas na dosiahnutie denzity kvasinky 1.10^6 KTJ.ml⁻¹ pri jej počiatočnom počte $N_0 = 1$ KTJ.ml⁻¹ a pri teplote 10 °C predĺžil až na 30 dní [8].

Validácia predikcie rastu *C. maltosa* YP1

Vypočítané predikcie času, ako aj rastové rýchlosti kvasinky, sa podrobili validácii podľa Baranyiho, Pinovej a Rossa [7]. Z validačných faktorov sa

vybral tzv. faktor presnosti (angl. accuracy factor) a z neho odvodený faktor nezahody vyjadrený v percentách (ang. discrepancy) [7]. Pri ich výpočte sa použili nasledovné vzťahy:

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

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

v ktorých μ je rastová rýchlosť z rastovej krivky, $f(x^k)$ je μ z funkcie, ktorou sa popisujú experimentálne získané hodnoty, n - počet meraní, $\%D_f$ - diskrepancia (nesúlad s predikciou), A_f - faktor presnosti.

Validácia kvantitatívnej analýzy rastu *C. maltosa* YP1, ako aj uvedených predpovedí, sa robila na základe porovnania rozdielov medzi rastovými rýchlosťami vypočítanými z rastových čiar a rastovými rýchlosťami vyplývajúcimi zo závislosti znázornenej na obr. 3. Ako je z tab. 3 vidieť, nezahody medzi vypočítanými a experimentálnymi hodnotami rastových rýchlostí a časových

TAB. 3. Parametre validácie pre závislosť rastovej rýchlosti *C. maltosa* YP1 inokulovanej do jogurtových krémov od teploty uchovávanania

a pre predikciu času potrebného na dosiahnutie denzity 1.10^6 KTJ.ml⁻¹.

TAB. 3. Parameters validating the model for the growth rate of *C. maltosa* YP1 in the yoghurt cream in dependence on the storage temperature and for the time predictions to reach the density of 1.10^6 CFU.ml⁻¹.

| Faktor ¹ | Indexy validácie ² | |
|---------------------|--|--|
| | pre závislosť ³ $\ln \mu = 0,1428T - 5,0121$ | pre predpovede času potrebného na dosiahnutie počtu 1.10^6 KTJ.ml ⁻¹ (4) |
| A_f | 1,24 | 1,14 |
| B_f | 1,00077 | 0,98689 |
| $\%D_f$ | 24,1 | 13,7 |

μ - rastová rýchlosť, T - teplota uchovávanania, A_f - faktor presnosti, B_f - faktor odklonu, spoľahlivosti, $\%D_f$ - faktor nezahody v %.

μ - growth rate, T - storage temperature, A_f - accuracy factor, B_f - bias factor, $\%D_f$ - percent of discrepancy. 1 - factor, 2 - validating indices, 3 - for dependence, 4 - for the time prediction to reach the density of 1.10^6 CFU.ml⁻¹.

predikcií boli 24,1 % (pre rastovú rýchlosť), resp. 13,7 % (pre predikcie času potrebného na dosiahnutie denzity kvasinky 1.10^6 KTJ.ml⁻¹). Preto vzťahy prezentované v tejto časti hodnotíme ako štatisticky vysoko významné, nakoľko opakovateľnosť mikrobiologických zriedovacích kultivačných metód, z ktorých výsledkov sa pri rastových čiarach a následne aj v predpovediach vychádzalo, sa podľa STN ISO 4833 pohybuje v intervale ± 12 % až ± 37 % [9]. Výsledky validácie sú v súlade tiež s prácami MELLEFONTA a kol. [10], TE GIFFELOVEJ a ZWIETERINGA [11], podľa ktorých sa diskrepancie medzi hodnotami rastových rýchlostí najčastejšie pohybujú v intervale od 10 % do 30 %, v niektorých prípadoch aj vyššie.

Záver

V práci sa matematicky analyzoval rast oxidatívnej kvasinky *C. maltosa* YP1 v jogurtových krémoch v závislosti od teploty uchovávaní. Rozdiely medzi hodnotami rastových rýchlostí kvasinky v oboch kyslomliečnych produktoch neboli významné pri všetkých aplikovaných teplotách. Ako je z konkrétnych výsledkov vidieť, fermentované produkty sú substrátom, ktorý nekladie významné prekážky pre rast a rozmnožovanie vyšetrovaného kmeňa kvasinky *C. maltosa* YP1.

Výsledky získané v prezentovanej štúdii sú príkladom využitia princípov prediktívnej mikrobiológie v mliekarskej praxi s cieľom upozorniť na dynamiku rozmnožovania sa kvasiniek v kyslomliečnych produktoch v prítomnosti baktérií mliečneho kysnutia a probiotických baktérií.

Literatúra

1. LAUKOVÁ, D. - VALÍK, L. - GÖRNER, F. - SCHMIDT, Š.: Termorezistencia vegetatívnych buniek kvasinky *Candida maltosa*. Bulletin potravinárskeho výskumu, 41, 2002, s. 169-178.
2. LAUKOVÁ, D. - VALÍK, L. - GÖRNER, F. - SCHMIDT, Š.: Vplyv kyseliny mliečnej na rast kvasinky *Candida maltosa*. Bulletin potravinárskeho výskumu, 41, 2002, s. 131-143.
3. LAUKOVÁ, D. - VALÍK, L.: Kvantitatívna analýza vplyvu substrátu a teploty na rast kvasinky *Candida maltosa* YP1. Bulletin potravinárskeho výskumu, 42, 2003, s. 239-254.
4. LAUKOVÁ, D. - VALÍK, L. - GÖRNER, F.: Effect of lactic acid on the growth dynamics of *Candida maltosa* YP1. Czech Journal of Food Sciences, 21, 2003, s. 43-49.
5. STN ISO 7954: Mikrobiológia. Všeobecné pokyny na stanovenie počtu kvasiniek a plesní. Metóda počítania kolónií kultivovaných pri 25 °C. 1998.
6. BARANYI, J. - ROBERTS, T. A. - MCCLURE, P.: A non-autonomous differential equation to model bacterial growth. Food Microbiology, 10, 1993, s. 43-59.

7. BARANYI, J. - PIN, C. - ROSS, T.: Validating and comparing predictive models. International Journal of Food Microbiology, 48, 1999, s. 159-166.
8. LAUKOVÁ, D. - VALÍK, L. - GÖRNER, F.: Effect of *Lactobacillus rhamnosus* VT1 and temperature on growth of yeast *Candida maltosa* YP1. In: Book of abstracts of IDF Symposium on Cheese: Ripening, characterization and technology. Praha : Czech and Moravian Dairy Association, 2004, s. 113.
9. STN ISO 4833: Mikrobiológia. Všeobecné pokyny na stanovenie celkového počtu mikroorganizmov. Metóda počítania kolónií kultivovaných pri 30 °C. 1997.
10. MELLEFONT, L. A. - McMEEKIN, T. A. - ROSS, T.: Performance evaluation of a model describing the effects of temperature, water activity, pH and lactic acid concentration on the growth of *Escherichia coli*. International Journal of Food Microbiology, 82, 2003, s. 45-58.
11. TE GIFFEL, M. - ZWIETERING, M. H.: Validation of predictive models describing the growth of *Listeria monocytogenes*. International Journal of Food Microbiology, 46, 1999, s. 135-149.

Do redakcie došlo 11.6.2004.

**Mathematical modelling of the effect of temperature on growth dynamics
of *Candida maltosa* YP1 in yoghurt cream**

LAUKOVÁ, D. - VALÍK, L.: Bull. potrav. Výsk., 43, 2004, p. 89-99.

SUMMARY. Growth dynamics of the oxidative yeast *Candida maltosa* YP1 in the yoghurt creams K (fresh yoghurt) and P (fresh probiotic yoghurt) were determined in relation to the storage temperature. In both fermented dairy products, the growth of *C. maltosa* YP1 was observed at 6 ± 0.5 °C. With the increasing storage temperature, the growth rates were increased and the lag-phase was prolonged in both tested substrates. Maximal growth rates of *C. maltosa* YP1 in yoghurt K ($\mu_K = 0.185 \text{ h}^{-1}$) and P ($\mu_P = 0.091 \text{ h}^{-1}$) and equivalent minimal generation times ($GT_K = 1.6 \text{ h}$, $GT_P = 3.0 \text{ h}$) were determined at 21 ± 0.5 °C. The increase in growth rates of *C. maltosa* YP1 ($\ln \mu$) in relation to the increasing storage temperature could be, in yoghurt substrates, modelled by a semilogarithmic equation $\ln \mu = -5.0121 + 0.1428T$ ($R^2 = 0.9324$). The decrease in the lag-phase duration (λ) in dependence on the increasing storage temperature were characterized by a linear correlation $\lambda = 44.581 - 1.9409T$ ($R^2 = 0.8819$). Based on these equations, predictions of time when *C. maltosa* YP1, as a representative of yeast contaminants in foods, reaches the density of $1.10^6 \text{ CFU.ml}^{-1}$ are presented.

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