

Modelovanie rastu *Neosartorya fischeri* v závislosti od aktivity vody upravenej sacharózou a NaCl

LUBOMÍR VALÍK - ELENA PIECKOVÁ - FRIDRICH GÖRNER

SÚHRN. V práci sa sledoval vplyv aktivity vody (a_w) upravenej sacharózou alebo chloridom sodným na rast kolónií termorezistentnej mikromycéty *Neosartorya fischeri* na Sabouraudovom agare. Na základe postupov prediktívneho modelovania sa vypočítali lag-fázy a rastové rýchlosti pri ôsmich hodnotách a_w . V závislosti od použitej látky upravujúcej hodnotu a_w sa lineárnou regresiou určil vzťah medzi aktivitou vody Sabouraudovho agaru a rastovou rýchlosťou *N. fischeri*. Tento vzťah sa v štúdií popísal pomocou g-modelu, vyjadreného kvadratickou funkciou s použitím matematickej transformácie b_w , pričom $b_w = \sqrt{1 - a_w}$. Pre praktické využitie v potravinárskej mikrobiológii sa ďalej pomocou tzv. t_3 -modelu vyslovili predpovede času, za ktorý *N. fischeri* vytvorí viditeľnú kolóniu zvoleného priemeru 3 mm. Bolo zistené, že pri rovnakej hodnote a_w média má na jej rastovú rýchlosť vplyv aj osmoučinná látka, ktorá sa použila na jej úpravu.

Použitý prístup, ako aj získané výsledky, sú využiteľné v rámci kontroly mikrobiologickej akosti pasterizovaných alebo sterilizovaných ovocných produktov, pri vykonávaní skúšok na dodržanie mikrobiologických limitov (angl. challenge tests) a tiež v rámci skladovacích skúšok uvedených požívatín po ich výrobe.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: *Neosartorya fischeri*; modelovanie rastu; aktivita vody; rýchlosť rastu; lag-fáza

Vláknité huby odolné voči účinkom vyšších teplôt sú v konzervárenskom priemysle často príčinou kazenia mnohých produktov z ovocia. Medzi najčastejšie izolované kmene spôsobujúce kazenie džemov, kompótov alebo ovocných štiav viacerí autori uviedli kmene *Neosartorya fischeri*, *Byssoschlamys fulva*, *Byssoschlamys nivea*, *Talaromyces flavus* a *Talaromyces macrosporus* [1-4].

Ing. Lubomír VALÍK, PhD., Prof. Ing. Dr. Fridrich GÖRNER, DrSc., Katedra mlieka, tukov a hygieny požívatín, Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Ing. Elena PIECKOVÁ, MPH, PhD., Ústav preventívnej a klinickej medicíny, Limbová 14, 833 01 Bratislava.

Vďaka svojej tepelnej odolnosti, následnému rastu a produkcii pektinolytických enzýmov, prípadne zapáchajúcich prchavých látok, môžu termorezistentné vláknité huby prekonať v praxi použité tepelné ošetrovanie potravinárskych produktov. Počas ich uchovávaní pri teplote miestnosti môžu v závislosti od hodnôt aktivity vody alebo hodnôt pH v prostredí rýchlejšie alebo pomalšie vyrásť do viditeľných kolónií, narušiť štruktúru ovocia a nepriazniť vo zmeniť vlastnosti produktu.

Mikromycéta *N. fischeri* (v anamorfnom štádiu *Aspergillus fischeri*), na ktorú sme sa v tomto príspevku zamerali, navyše môže produkovať tremorgénne mykotoxíny: verrukulogén, fumitremorgény A a C a terreín [5,6]. Produkcia toxínov verrukulogénu, fumitremorgénu A a C bola zistená pri hodnote pH = 7 a v rastúcom množstve pri teplotách 25; 30 a 37 °C v poradí teplôt.

N. fischeri sa vyskytuje vo vysokých počtoch aj v pôde nášho klimatického pásma bez ohľadu na jej typ a iné faktory vonkajšieho prostredia. Kmene *N. fischeri* rastú pri teplotách 10 °C až 52 °C s optimálnou teplotou v oblasti 26 °C až 45 °C. Vytvárajú polguľovité, guľaté, ako aj elipsoidné konídiá s hladkým až mierne ornamentovaným povrchom. Kleistotéciá sú guľovité, majú dvoj- až trojvrstvový obal a začínajú sa tvoriť od stredu kolónie v sústredných kružnicových vrstvách. Aský, ktoré sa z kleistotécií uvoľňujú po niekoľkých dňoch, sú bezfarebné, bikonvexné, hladké až drsné [7,8]. Termorezistenciu askospór *N. fischeri* je možné charakterizovať D-hodnotami pri 90 °C v intervale od 4,7 min do 7,6 min, ktoré Tournas a Traxler [9] stanovili v deionizovanej vode, v ananášovom džúze, ale aj v ananášovom koncentráte.

V tomto príspevku sme sa prostredníctvom rastových konštánt zamerali na definovanie vplyvu aktivity vody Sabouraudovho agaru upravenej prídavkom osmoúčinnnej látky sacharózy a v ďalších pokusoch prídavkom osmoúčinnnej látky NaCl na rast *N. fischeri*. Sacharóza ako látka zvyšujúca osmotický tlak a tým znižujúca aktivitu vody charakterizuje prostredie sladených konzervovaných ovocných produktov, soľ (NaCl) má podobnú úlohu napríklad v solených mäsových požívatinách.

Materiál a metódy

Kmeň

Kmeň *Neosartorya fischeri* použitý v tejto práci bol izolovaný zo záhradnej pôdy a je deponovaný v zbierke vláknitých húb mykologického laboratória Ústavu preventívnej a klinickej medicíny v Bratislave.

Použité médiá

Všetky pokusy sa vykonali na Sabouraudovom agare (Fluka, Švajčiarsko). Aktivitu vody použitých agarových médií sme upravovali príslušnými prídavkami sacharózy alebo NaCl (Lachema, Česká republika). Výsledné hodnoty pH médií sa pohybovali v rozmedzí $6,1 \pm 0,1$.

Stanovenie aktivity vody Sabouraudovho agaru

Skutočné hodnoty a_v Sabouraudovho agaru s prídavkami sacharózy alebo NaCl sa stanovovali podľa STN 56 0030 Meranie aktivity vody prístrojom Novasina TH 200 (Novasina, Švajčiarsko). Prístroj bol kalibrovaný šiestimi nasýtenými roztokmi solí v intervale hodnôt a_v 0,98 až 0,11.

Inokulácia a kultivácia

Kleistotécium, resp. askus *N. fischeri*, sa naočkovalo do stredu Petriho misky s priemerom 170 mm s príslušným agarovým médiom a bolo inkubované pri teplote $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 15 dní v polyetylénových vreckách. Rast vyšetrovanej mikromycéty sa sledoval denne meraním priemeru kolónií posuvným meradlom s dielikmi po $\pm 0,05$ mm v rovnaký čas v dvoch paralelných pokusoch dvakrát v navzájom kolmých smeroch pri ôsmich zvolených hodnotách a_v v intervale od 0,995 do 0,850. Stredné hodnoty zo štyroch nameraných priemerov kolónií *N. fischeri* sa použili v matematickom modelovaní.

Matematické a štatistické metódy

Priemery kolónií *N. fischeri* merané horeuvedeným spôsobom sme analyzovali funkciami podľa Baranyiho a kol. [10], ktorými bolo možné modelovať rastové čiary s alebo bez ich stacionárnej fázy. Maximálne rastové rýchlosti kolónií (g) a lag-fázy (λ) sme vypočítali z modelových rastových čiar, ktoré s dostatočnou presnosťou kopírovali namerané experimentálne hodnoty rastúcich priemerov kolónií. Na rozdiel od predchádzajúcej práce [11], sme získané parametre rastu ďalej analyzovali aj vo vzťahu k užitočnej matematickej transformácii hodnoty a_v na b_w , ktorú použili Gibsonová a kol. [12]:

$$b_w = \sqrt{1 - a_v} \quad (1)$$

Prirodzený logaritmus rastovej rýchlosti g sme vyhodnotili pomocou nasledovnej jednoparametrovej kvadratickej funkcie:

$$\ln g = C_0 + C_1 b_w + C_2 b_w^2 \quad (2)$$

Koeficienty C_0 , C_1 a C_2 sme určili lineárnou regresiou. Z nich sme vypo-

čítali optimálnu hodnotu b_w pre maximálnu rastovú rýchlosť kolónií podľa vzťahu Gibsonovej a kol. [12]:

$$b_w(\text{opt}) = -\frac{C_1}{2C_2} \quad (3)$$

Následne, z parametra b_w , sme vypočítali optimálnu hodnotu a_v , ako aj maximálnu rastovú rýchlosť kolónií vyšetrovanej mikromycéty pri tejto optimálnej hodnote a_v (tab. 1). Pre vyčíslenie predpovede rastovej rýchlosti *N. fischeri* na Sabouraudovom agare s prídavkom sacharózy alebo NaCl v celom intervale vyšetrovaných hodnôt a_v sa postupovalo nasledovne podľa Gibsonovej a kol. [12]:

1. vypočítali sme hodnoty b_w z experimentálne upravených a nameraných hodnôt a_v (1);
2. vypočítali sme parametre kvadratickej funkcie a následne hodnoty prirodzeného logaritmu rastovej rýchlosti využijúc vzťah (2);
3. rastovú rýchlosť sme nakoniec vypočítali ako „prevrátený logaritmus“ podľa vzťahu $g = \exp(\ln g)$.

TABUĽKA 1. Porovnanie charakteristických predpovedí vplyvu aktivity vody Sabouraudovho agaru upravenej sacharózou a NaCl na rast *N. fischeri*.

TABLE 1. Comparison of characteristic predictions for influence of a_w -values of Sabouraud agar adjusted with sucrose and NaCl on growth of *N. fischeri*.

	Sacharóza ¹	NaCl
Predikcia optimálnej hodnoty a_v pre rast ²	0,986	0,991
Predikcia rastovej rýchlosti [mm.d ⁻¹] pri optimálnej hodnote a_v ³	12,57	9,54
Predikcia rastovej rýchlosti [mm.d ⁻¹] pri $a_v = 0,90$ ⁴	8,24	0,0
Predikcia optimálnej hodnoty a_v pre vytvorenie 3 mm kolónie ⁵	0,997	1,0
Predikcia času potrebného pre vytvorenie 3 mm kolónie pri optimálnej hodnote a_v [d] ⁶	1,2	1,3
Predikcia času potrebného pre vytvorenie 3 mm kolónie pri $a_v = 0,90$ [d] ⁷	3,4	13,0

1 - sucrose, 2 - predicted optimum a_w for growth, 3 - predicted growth rate [mm.d⁻¹] at optimum a_w , 4 - predicted growth rate [mm.d⁻¹] at $a_w = 0,90$, 5 - predicted optimum a_w for the time to reach a 3 mm colony, 6 - predicted time [d] to reach 3 mm colony at optimum a_w , 7 - predicted time [d] to reach 3 mm colony at $a_w = 0,90$.

Výsledky a diskusia

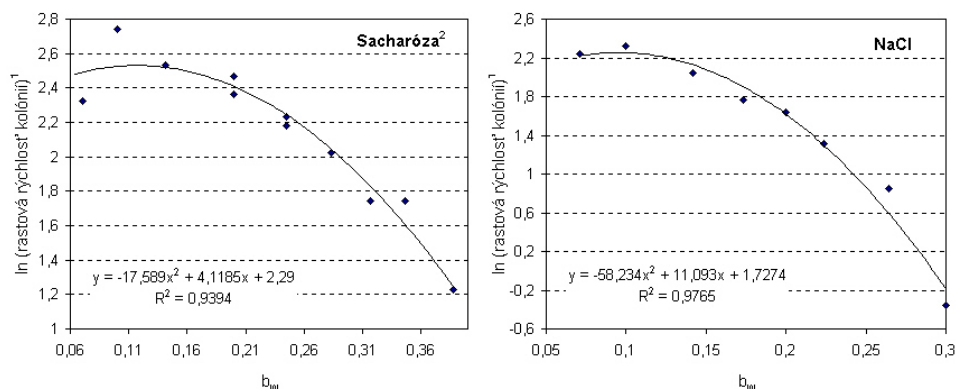
Modelovanie výsledkov rastu kolónií *N. fischeri* v prvej fáze zahŕňalo zostrojenie rastových čiar pri hodnote pH Sabouraudovho agaru 6,0 a príslušných experimentálne upravených hodnôt a_v . Čiary obsahovali všetky atribúty typickej rastovej krivky mikroorganizmov: lag-fázu, lineárnu časť opisujujúcu exponenciálnu fázu a stacionárnu fázu.

Z rastových čiar, t. j. závislosti nameraných priemerov kolónií [mm] od času [d], bolo na prvý pohľad vidieť, že sa lag-fáza v závislosti od aktivity vody predlžovala. Smernica lineárnej časti rastovej čiary sa znižovala, čo znamenalo, že merná rastová rýchlosť klesala. Tieto skutočnosti sa stali predmetom matematického modelovania vplyvu aktivity vody, ako jedného z faktorov vnútorného prostredia, na horeuvedené parametre rastu *N. fischeri* [11,13].

Vplyv aktivity vody upravenej so sacharózou a NaCl na rýchlosť rastu kolónií

Závislosť rastovej rýchlosti *N. fischeri* od aktivity vody Sabouraudovho agaru sa matematicky analyzovala metódou lineárnej regresie. V analýze sa použila matematická transformácia aktivity vody b_w , prostredníctvom ktorej sa na obr. 1 charakterizoval jej vzťah s rastovou rýchlosťou kolónií *Neosartorya fischeri*. Typický konkávny tvar uvedených závislostí, ktorý bol podobný v oboch pokusoch pri použití sacharózy (vľavo), ako aj NaCl (vpravo), umožnil postupovať podľa Gibsonovej a Baranyiho tzv. g-modelu [12]. Z rovníc, ktorých koeficienty sa vypočítali lineárnou regresiou, bolo možné vypočítať optimálnu hodnotu a_v pre rast vyšetrovanej mikromycéty (tab. 1), ako aj graficky znázorniť rastovú rýchlosť *N. fischeri* v závislosti od aktivity vody v prostredí so sacharózou (vľavo) a NaCl (vpravo) prostredníctvom modelu $g = \exp(C_0 + C_1 b_w + C_2 b_w^2)$ na obr. 2.

Z hodnôt v tabulke 1, ako aj z obr. 2, je zreteľne vidieť, že rozdielna látka mala pri rovnakej hodnote a_v rozdielny vplyv na rastovú rýchlosť *N. fischeri*. Túto skutočnosť potvrdili predovšetkým vypočítané optimálne hodnoty aktivity vody pre rast vyšetrovanej huby, t. j. hodnoty a_v , pri ktorej sa zistila maximálna rýchlosť rastu kolónií, ako aj vlastná rýchlosť rastu. Pre svoj maximálny rast v prostredí s NaCl *N. fischeri* vyžadovala vyššiu optimálnu hodnotu $a_v = 0,991$ ako v prostredí so sacharózou, kde $a_v(\text{opt}) = 0,986$. Vplyv rozdielnej látky upravujúcej hodnotu a_v prostredia sa prejavil v nižšej maximálnej rýchlosti rastu kolónií vyšetrovanej vláknitej huby $9,5 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, ak sa na úpravu hodnoty a_v použil NaCl, a vyššej maximálnej rýchlosti $12,6 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ v prípade prídavku sacharózy. Výraznejší rozdiel sa zistil u predpovede rýchlosti rastu *N. fischeri* pri hodnote $a_v = 0,90$, ktorá nebola v Sabouraudovom



OBR. 1. Závislosť prirodzeného logaritmu rastovej rýchlosti kolónií *Neosartorya fischeri* [mm.d⁻¹] od $b_w = \sqrt{1 - a_v}$.

Symbols znázorňujú logaritmy rastových rýchlostí vypočítaných z rastových čiar pri príslušných hodnotách a_v . Aktivita vody Sabouraudovho agaru bola upravená sacharózou (vľavo) a NaCl (vpravo). Súvislá čiara graficky znázorňuje funkciu $\ln g = C_0 + C_1b_w + C_2b_w^2$, ktorej koeficienty sa vypočítali lineárnou regresiou.

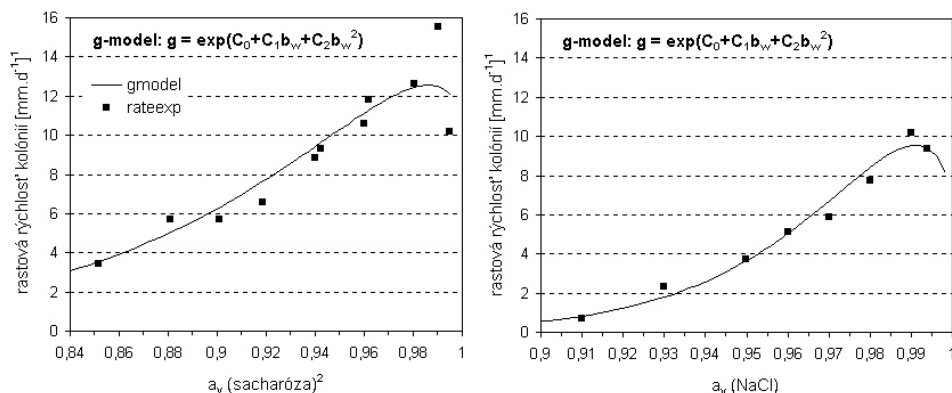
FIG. 1. Plots for the natural logarithm of the colony growth rate of *Neosartorya fischeri* [mm.d⁻¹] against $b_w = \sqrt{1 - a_v}$.

Symbols indicate the natural logarithm of growth rate as estimated from the growth curves at the b_w which is a transformed form of a_w . The a_w -values of Sabouraud agar were adjusted with sucrose (left) and NaCl (right). The continuous line indicates the fitted function $\ln g = C_0 + C_1b_w + C_2b_w^2$. The coefficients were calculated by linear regression.

1 - ln (colony growth rate), 2 - sucrose.

agare experimentálne upravená. Rýchlosť rastu bola v prostredí s NaCl prakticky nulová a v prostredí so sacharózou dosahovala hodnotu 8,2 mm.d⁻¹. Treba poznamenať, že zhodu medzi predpovedanými hodnotami rastových rýchlostí a experimentálne zistenými hodnotami vypočítanými z rastových kriviek sme charakterizovali aj smerodajnou odchýlkou definovanou anglickým termínom "root mean square error" (RMSE). Týmto spôsobom vypočítaná smerodajná odchýlka našich predpovedí bola v celom intervale experimentálnych hodnôt a_v nižšia ako 0,11 mm.d⁻¹.

Na obr. 2 je okrem doteraz uvedených skutočností zreteľne vidieť aj pokles rastovej rýchlosti v oblasti hodnôt a_v smerom od optimálnej hodnoty k najvyššej možnej hodnote $a_v = 1,0$, ktorý je typický pre rast vláknitých húb [14] a možno ho odôvodniť so zriedovaním vnútrobunkového obsahu hýf vláknitých húb vplyvom nízkeho osmotického tlaku, resp. vysokej hodnoty a_v vo vonkajšom prostredí.



OBR. 2. Grafické znázornenie modelu rastovej rýchlosti *Neosartorya fischeri* od aktivity vody upravenej sacharózou (vľavo) a NaCl (vpravo).

Súvislá čiara je znázornená funkciou $g = \exp(C_0 + C_1b_w + C_2b_w^2)$, pričom $b_w = \sqrt{1 - a_v}$.

FIG. 2. Plots for the colony growth rate of *Neosartorya fischeri* as dependence of water activity adjusted with sucrose (left) and NaCl (right).

The continuous line indicates the fitted function $g = \exp(C_0 + C_1b_w + C_2b_w^2)$, where $b_w = \sqrt{1 - a_v}$. 1 - colony growth rate, 2 - sucrose.

Vplyv aktivity vody upravenej so sacharózou a NaCl na lag-fázu rastu *N. fischeri*

Závislosť dĺžky trvania lag-fázy od aktivity vody Sabouraudovho agaru upravenej sacharózou a NaCl bolo možné matematicky definovať pomocou rôznych funkcií. V prvom prípade lineárnou rovnicou prvého poriadku, ktorá je vhodná pre jednoduché prepočty alebo interpolácie v mykologickej praxi ($R^2 = 0,948$). V pokusoch so sacharózou sa lag-fáza so znižovaním aktivity vody pomocou sacharózy predlžovala podľa rovnice:

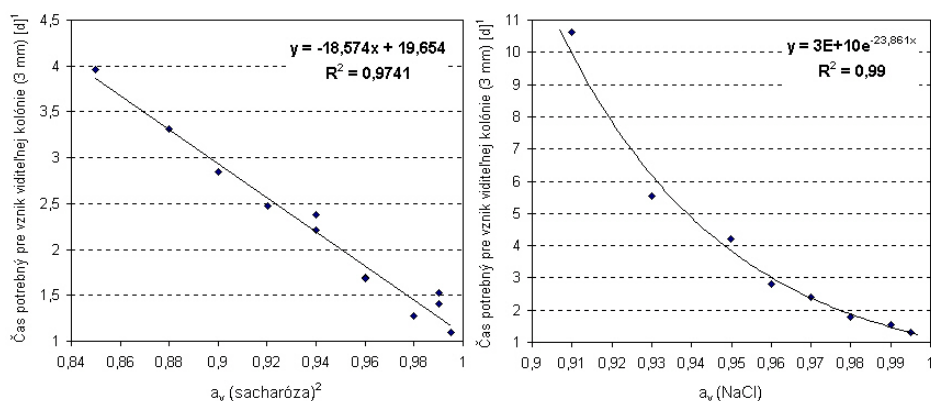
$$\lambda = -14,606a_v + 15,55 \quad (4)$$

v ktorej λ je dĺžka trvania lag-fázy.

V obdobných pokusoch, kde sa aktivita vody Sabouraudovho agaru upravovala s NaCl, sa zistil výraznejší vplyv tejto látky na predlžovanie lag-fázy rastu *N. fischeri*. Vplyvu NaCl na trvanie lag-fázy, na rozdiel od predchádzajúceho lineárneho vzťahu, nadobudol už od hodnoty $a_v = 0,96$ exponenciálny charakter. Uvedenú závislosť bolo možné s minimálnym skreslením opísať aj pomocou polynomickej rovnice druhého stupňa ($R^2 = 0,989$):

$$\lambda = 442,96a_v^2 - 905,83a_v + 463,78 \quad (5)$$

Z praktického hľadiska by bolo vhodnejšie vypočítať čas, za ktorý askospóry *N. fischeri* vyklíčia a vytvoria viditeľné a merateľné kolónie, napríklad s priemerom 3 mm. Vypočítané predpovede sú znázornené na obr. 3 pre sacharózu (vľavo) a NaCl (vpravo). Uvedené časy bolo možné podobne ako v prípade lag-fázy popísať lineárnou a exponenciálnou rovnicou pre sacharózu a NaCl v poradí. Hodnoty charakterizujúce rozdielny vplyv látky upravujúcej hodnoty a_v živného prostredia na vytvorenie kolónie s priemerom 3 mm boli obdobne ako v už uvedenom príklade rastovej rýchlosti vypočítané a sú uvedené v tab. 1. Čas potrebný na vytvorenie 3 mm kolónie *N. fischeri* pri optimálnych hodnotách a_v v prostredí so sacharózou a NaCl boli prakticky rovnaké 1,2 d a 1,3 d. Podstatný rozdiel sa zistil medzi vypočítanými časmi pri hodnote $a_v = 0,90$. Zatiaľ čo v prostredí so sacharózou sa 3 mm kolónia *N. fischeri* vytvorila po 3,4 d, v prostredí s NaCl to bolo až po 13,0 d.



OBR. 3. Závislosť času potrebného na vytvorenie viditeľnej kolónie *Neosartorya fischeri* s priemerom 3 mm od aktivity vody upravenej sacharózou (vľavo) a NaCl (vpravo).

FIG. 3. Plots for the time at which the colony of *Neosartorya fischeri* reached 3 mm in diameter as dependence of water activity adjusted with sucrose (left) and NaCl (right).
1 - time to reach a visible colony (3 mm) [d].

Z teoretického hľadiska sa môže predpokladať, že živné prostredie s hodnotou a_v upravovanou prídavkami sacharózy nekladie z nasledovne uvedených dôvodov veľkú bariéru pre tvorbu kolónií sledovanej mikromycéty. *N. fischeri* môže sacharózu zo živného prostredia difúziou využiť v rámci osmoregulačných procesov ako látku kompatibilnú s vnútrobunkovým obsahom. Difúzia a akumulácia sacharózy sú pre mikromycétu energeticky

všeobecne menej náročné ako syntéza iných osmoprotektívnych látok. Z tohto dôvodu je možné vysloviť predpoklad, že uvedené rovnice (modely) platia pre prostredie s prídavkami sacharózy alebo maximálne pre prostredie so sacharidmi s veľkosťou molekúl podobnou sacharóze. V prípade, že hodnota a_v v prostredí je upravovaná inou látkou, napríklad NaCl, platia pre *N. fischeri* modely vyplývajúce z experimentálnych výsledkov získaných z prostredia, v ktorom hodnoty a_v sa upravovali prídavkami NaCl. Príčinou môže byť aj skutočnosť, že v takomto prostredí v rámci osmoregulačných procesov prichádza do úvahy skôr vnútrobunková syntéza viacerých účinnejších osmoprotektívnych látok. Akumulácia Na^+ a Cl^- iónov nie je pravdepodobná, pretože tieto ióny sú všeobecne pre mikrobiálne bunky toxické [15]. Syntéza účinných osmoprotektívnych látok je v skutočnosti energeticky náročnejšia ako akumulácia týchto látok z vonkajšieho prostredia [16].

Predpovede a poznatky prezentované v tejto práci je možné využiť v potravinárskej praxi pri kontrole mikrobiologickej kvality, pri vykonávaní skúšok na dodržanie mikrobiologických limitov (angl. challenge tests), v skladovacích testoch a v prípade iných toxinogénnych vlákňitých húb aj pri špecifikácii limitov systému HACCP pri výrobe pasterizovaných alebo sterilizovaných ovocných produktov.

Literatúra

1. HOCKING, A. D. - PITT, J. I.: Food spoilage fungi. II. Heat resistant fungi. CSIRO Food Research, 44, 1984, s. 73-82.
2. JESENSKÁ, Z. - HAVRÁNEKOVÁ, D. - ŠAJBIDOROVÁ, I.: On the problems of moulds on some products of canning industry. Československá hygiena, 29, 1984, s. 102-109.
3. SCOTT, V. N. - BERNARD, D. T.: Heat resistance of *Talaromyces flavus* and *Neosartorya fischeri* isolated from fruit juice. Journal of Food Protection, 50, 1987, s. 18-20.
4. TOURNAS, V.: Heat-resistant fungi of importance to the food and beverage industry. Critical Reviews in Microbiology, 20, 1994, s. 243-263.
5. NIELSEN, P. - BEUCHAT, L. R. - FRISVAD, J. C.: Growth of and fumitremorgin production by *Neosartorya fischeri* as affected by temperature, light and water activity. Applied and Environmental Microbiology, 54, 1988, s. 1504-1510.
6. BEUCHAT, L. R.: Extraordinary heat resistance of *Talaromyces flavus* and *Neosartorya fischeri* ascospores in fruit products. Journal of Food Science, 51, 1989, s. 1506-1510.
7. JESENSKÁ, Z. - PIECKOVÁ, E. - ŠEPITKOVÁ, J.: Thermoresistant propagules of *Neosartorya fischeri*. Some ecological considerations. Journal of Food Protection, 54, 1991, s. 581-584.
8. RAPER, K. B. - FENNELL, D. J.: The genus *Aspergillus*. Baltimore : The Williams and Wilkins Co. 1965. 686 s.
9. TOURNAS, V. - TRAXLER, R. W.: Heat resistance of a *Neosartorya fischeri* strain isolated from pineapple juice frozen concentrate. Journal of Food Protection, 57, 1994, s. 814-816.
10. BARANYI, J. - ROBERTS, T. A. - MCCLURE, P.: A non-autonomous differential equation to model bacterial growth. Food Microbiology, 10, 1993, s. 43-59.

11. VALÍK, L. - PIECKOVÁ, E. - GÖRNER, F.: Modelovanie rastu *Neosartorya fischeri* v závislosti od aktivity vody. Bulletin potravinárskeho výskumu, 37, 1998, č. 3, s. 173-182.
12. GIBSON, A. M. - BARANYI, J. - PITT, J. I. - EYLES, M. J. - ROBERTS, T. A.: Predicting fungal growth: the effect of water activity on *Aspergillus flavus* and related species. International Journal of Food Microbiology, 23, 1994, s. 419-431.
13. VALÍK, L. - GÖRNER, F.: Predpovedná mikrobiológia. Bulletin potravinárskeho výskumu, 34, 1995, č. 3-4, s. 123-134.
14. BARANYI, J. - GIBSON, A. M. - PITT, J. I. - EYLES, M. J. - ROBERTS, T. A.: Predictive models as means of measuring the relatedness of some *Aspergillus* species. Food Microbiology, 14, 1996, s. 347-351.
15. CORRY, J. E. L.: Relationships of water activity to fungal growth. In: Food and beverage mycology. Ed. L. R. Beuchat. Westport : AVI Publ. Co. 1988, s. 51-99.
16. TROLLER, J. A.: Adaptation and growth of microorganisms in environments with reduced water activity. In: Water activity: theory and application to food. Ed. L. B. Rockland, L. R. Beuchat. New York - Basel : Marcel Dekker, Inc. 1987, s. 101-117.

Do redakcie došlo 4.5.1999.

**Growth modelling of *Neosartorya fischeri*
in dependence on water activity adjusted with sucrose and NaCl**

VALÍK, L. - PIECKOVÁ, E. - GÖRNER, F.: Bull. potrav. Výsk., 38, 1999, p. 85-94.

Summary. Effect of water activity (a_w), adjusted with sucrose and NaCl, on colony growth of the thermoresistant micromycete *Neosartorya fischeri* was studied on the Sabouraud agar. Using mathematical modelling the lag-phases and colony growth rates were calculated at 8 a_w -values. Depending on the substance adjusting the a_w -value, the relationship between the a_w -values of the Sabouraud agar and the growth rates of *N. fischeri* was defined with linear regression. This relationship was characterised by g-model explained with quadratic function and mathematical transformation of b_w , where $b_w = \sqrt{(1 - a_v)}$. Further, the predictions of the time for *N. fischeri* to reach a visible colony, e. g. the one with a diameter of 3 mm, were expressed by the t_3 -model. A different effect of the equal a_w -values adjusted with different compounds on growth rate of *N. fischeri* was found.

The approach and the results of this study can be used at the microbiological quality control of pasteurised or sterilised fruit products, at their challenge tests and storage tests as well.

Keywords: *Neosartorya fischeri*; growth modelling; water activity; growth rate; lag-phase