

# Biochemicko-genetické aspekty utilizácie sacharózy kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae*

663.13  
664

Ing. MARGITA OBERNAUEROVÁ, RNDr. JÚLIUS ŠUBÍK, CSc., Výskumný ústav potravinársky, Bratislava

**Kľúčové slová:** kvasinky, *Saccharomyces cerevisiae*, invertáza, sekrécia, genetika, translácia, regulácia, enzym, aditiva, potraviny

Schopnosť niektorých kvasiniek využívať sacharózu ako jediný zdroj uhlíka a energie je podmienená prítomnosťou periplazmaticky lokalizovanej invertázy ( $\beta$ -D-fruktofuranozidázy EC 3.2.1.26), ktorá hydrolyzuje sacharózu na glukózu a fruktózu [1]. Tento enzym hydrolyzuje koncové neredukujúce  $\beta$ -D-fruktofuranozidové zbytky v  $\beta$ -fruktofuranozidoch za vzniku monosacharidov, ktoré sa transportujú a ďalej metabolizujú už vo vnútri bunky [1, 2].

## 1. Invertáza

Invertáza sa v bunkách kvasiniek vyskytuje vo forme externého glykoproteínu [3, 4], jeho membránovo viazaného prekurzora [5] a tiež ako cytoplazmatická néglykozylovaná invertáza [6, 7]. Jej podstatná časť — viac ako 95 % — je lokalizovaná na vonkajšej strane cytoplazmatickej membrány [8]. Externá invertáza je manoproteín molekulovej hmotnosti 270 000, obsahujúci glukozamín (3 g · 100 g<sup>-1</sup>), manan (50 g · 100g<sup>-1</sup>) a dva pravdepodobne identické polypeptidy molekulovej hmotnosti 60 000 [3, 9, 10]. Každý polypeptid obsahuje v priemere 9 neutrálnych oligomanozylových refazcov [10], ktoré sú kovalentne viazané k asparagínovému zvyšku jadra cez Man  $\beta$ 1 → 4 GlcNAc  $\beta$ 1 → 4 GlcNAc [10]. Sest z nich majú veľkosť vnútorných (jadrových) jednotiek, zatiaľ čo ďalšie tri viažu polymanozyzové vonkajšie refazce [10]. Manoproteíny obsahujú manozylfosfodiesterové skupiny [11], na rozdiel od jadra extracelulárneho manoproteínu, ktoré pravdepodobne nie je fosforylované [12]. Elektroforeza externej invertázy na polyakrylamidovom géle potvrdila vysoký stupeň heterogenity enzymu. Tento polymorfizmus invertázy je pravdepodobne spôsobený rôznym stupňom fosforylacie manoproteínových vonkajších refazcov [13]. Tento fakt potvrzuje skutočnosť, že mutanty defektívne vo fosforylácii tento jav nevykazujú [14].

Michaelisova konštanta invertázy je relatívne vysoká Km 28 až 38 mmol · l<sup>-1</sup> pre **SUC** 3, resp. **SUC** 1 kmeň [15, 16] a jeho pH optimum je 4,5 [17].

Enzym je termostabilný pri teplote 50–55 °C [1, 18]. Aktivita invertázy je inhibovaná katiónmi Hg<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup> a Cd<sup>2+</sup> [17, 18]. Produkt katalyzovanej reakcie — fruktóza neinhbituje v prítomnosti sacharózy aktivitu invertázy ani v koncentráции 100 mmol · l<sup>-1</sup> [18]. Jej neredukujúci analog 2,5-anhydro-D-manitol je kompetitívnym inhibítorm invertázy [18].

## 2. Genetické pozadie hydrolýzy $\beta$ -fruktofuranozidov

Schopnosť kvasiniek syntetizovať invertázu a utilizovať sacharózu je kontrolovaná rodinou jadrových **SUC** génov [19], ktorých expresia najmä v priemyselných kmeňoch môže byť ovplyvnená mitochondriálnym genómom [20]. Medzi rozličnými kmeňmi kvasiniek rodu *Saccharomyces* sa rekombinačnou analýzou identifikovalo 6 nealelických **SUC** lókusov, ktoré sa v genóme haploidných kmeňov

môžu vyskytovať v žiadnej, jednej alebo vo viacerých **SUC**<sup>+</sup> alelach umiestnených na rôznych chromozónoch (**SUC** 1 — VII, **SUC** 2 — IX, **SUC** 3 — II, **SUC** 4 — nezmapovaný, **SUC** 5 — IV, **SUC** 7 — nezmapovaný) [19, 21]. Lókus **SUC** 6 sa ukázal byť alelou lokusu **SUC** 4 [21, 22].

Okrem lókusov nesúcich **SUC**<sup>+</sup> alely sa v genóme niektorých kmeňov kvasiniek môžu prirodzene vyskytovať i tzv. negatívne alely označované **suc**<sup>0</sup>, ktoré sa líšia od negatívnych mutácií **suc**<sup>-</sup> odvodzencov v laboratóriu od aktívneho **SUC**<sup>+</sup> génu [23, 24]. Alely **suc**<sup>0</sup> môžu mutovať (revertovať) na alely **SUC**<sup>+</sup> génu a môžu tiež rekombinovať s rôznymi **suc**<sup>-</sup> mutáciami tohto istého lókusu za vzniku aktívneho **SUC**<sup>+</sup> génu [23, 24]. Môžu byť tiež „prázdnymi miestami“ neobsahujúcimi žiadne **SUC**-DNA sekvencie [21, 23].

Pokusy s klonovaním **SUC**-génu [22, 24, 25] a štúdium vzájomného vzťahu jednotlivých foriem invertáz [25–29] viedli k záveru, že každý **SUC**<sup>+</sup> lókus obsahuje štruktúrny gén tak pre glykozylovanú cytoplazmatickú invertázu, ako aj pre glykoprotein externej invertázy, príčom obe vznikajú za špecifických podmienok potranskripcnej a potranslačnej úpravy [28–31]. Identita **SUC** 2 lókusu so štruktúrnym génom invertázy sa definitívne dokázala porovnaním nukleotidovej sekvencie **SUC** 2 génu [22, 28] s aminoterminálnou sekvenciou aminokyselin izolovanej invertázy [30]. Pri použití klonovanej **SUC** 2 DNA sondy sa zistilo, že všetky aktívne **SUC**<sup>+</sup> gény sú homologne v sekvencií DNA a sú pravdepodobne výsledkom pohybu **SUC**<sup>+</sup> informácie medzi chromozómami v priebehu evolúcie *Saccharomyces* [21].

Mnohí autori sa spočiatku domnievali, že jedna forma invertázy je prekurzorom druhej [6, 32]. Hoci polypeptidové časti dvoch foriem invertázy sú kódované jedným štruktúrnym génom, ich syntéza prebieha na rozdielnych mRNA [29, 30]. mRNA veľkosti 1,9 kb obsahuje informáciu pre polypeptid prekurzora extracelulárnej invertázy obsahujúci 19 aminokyselinovú N-terminálnu signálnu sekvenciu [28]. Menšia 1,8 kb mRNA neobsahuje exón signálnej sekvencie [28], ktorá je zodpovedná za glykozylaciu a sekrécii invertázy do periplazmatického priestoru bunky.

Celý proces sekrécie sa uskutočňuje mechanizmom, ktorý je podobný sekrécii bielkovín u vyšších eukaryontov. Použitím mutantov kvasiniek defektných v rôznych stupňoch sekrečnej dráhy [33, 34] sa zistilo, že polypeptid invertázy je kontranslačne translokovaný do endoplazmatického retikula, kde je glykozylovaný a získava 9 jadier oligosacharidov ( $Man_9GlcNAc_2$ ) spojených N-glykozidickou väzbou. Vonkajší manozylový refazec sekretovanéj invertázy (obsahujúci až 150 manozylových zvyškov) sa syntetizuje v Golgiho aparáte, kde sa uskutočňuje i parciálna glykozylácia manozylového jadra. Do periplazmy kvasinkovej bunky sa glykozylovaná invertáza dostáva nakoniec prostredníctvom sekrečných väčkov, ktoré majú schopnosť splývať s plaz-

matickou membránou bunky [33—37]. Pred iniciáciou translokácie invertázy do endoplazmatického retikula postačuje prvých 60 aminokyselín zahrňujúcich 19 aminokyselín signálnej sekvencie a exportný signál pre opustenie endoplazmatického retikula je prítomný v terciálnej štruktúre molekuly invertázy [38, 39].

### 3. Regulácia syntézy invertázy

Syntéza invertázy v kvasinkách nevyžaduje induktor. Hladina enzýmu a jeho aktívita v rozličných kmeňoch je odlišná a popri genotype závisí aj od fyziologického stavu bunky [40, 41]. Syntéza invertázy je citlivou regulovanou koncentráciou glukózy (fruktózy, manózy) v kulativačnom médiu [41].

Regulácia expresie **SUC** génov glukózovou represiou u kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae* je sprostredkovaná viacerými génmi. Mutanty kvasiniek defektne v skvásovani sacharózy alebo rafinózy môžu mať popri mutáciach v štruktúrnom géne pre invertázu i mutácie ovplyvňujúce reguláciu syntézy invertázy glukózovou represiou. Tieto mutácie spadajú do 6 komplementárnych skupín označovaných **snf 1**, **snf 2** až **snf 6** (sacharózo nefermentujúce) [42]. Defekt v syntéze invertázy leží pravdepodobne na transkripčnej úrovni, nakoľko u **snf 1** mutantov sa stabilná 1,9 kb mRNA nesyntetizovala [25]. Gén **SNF 1** je potrebný tak pre derepresiu expresie invertázy ako aj iných glukózo-represibilných génov. Gén **SNF 1** bol klonovaný a geneticky zmapovaný na od-iaľejšom konci znaku **rna 3** na chromozóme IV [43]. Gén kôduje 2,4 kb polyadenylovanú mRNA, ktorá je prítomná tak v glukózo-reprimovaných, ako aj dereprimovaných bunkách [44].

Popri sacharózo-nefermentujúcich mutantoch sa izolovali i mutanty s konštitutívnu syntézou sekretovanej invertázy, ktorá bola necitlivá k represnému účinku glukózy.

Mutácie **ssn 6** sa izolovali ako supresory **snf 1** mutácie, ktoré obnovili schopnosť rastu na sacharóze, ale nie na galaktóze alebo glycerole [45]. Tieto mutácie spôsobujúce rezistenciu proti glukózovej represii sú pleiotropnej povahy a sú alelické s **cyc 8** mutáciou zapríčinujúcou nadprodukciu izo-2-cytochrómu **c** [46]. Z analýzy interakcií **snf 1** a **ssn 6** mutácií vyplýnulo, že produkty **SNF** génov pôsobia ako pozitívne regulačné faktory priamo na expresiu **SUC 2** génu. Oblast regulačného vplyvu je približne 400—500 bp na 5' konci **SUC 2** kódovacej oblasti [47]. Na druhej strane pre produkt **SSN 6** génu sa uprednostňuje jeho nepriamy regulačný vplyv na expresiu **SUC 2** génu [47]. Možnosť, že **SSN 6** produkt interaguje priamo s pozitívnym regulátorom, je analogický modelu, ktorý bol navrhnutý pre reguláciu génov utilizácie galaktóz, fosfatázových génov [48] a pre všeobecnú aminokyselinovú kontrolu v kvasinkách [49].

Katabolickú represiu invertázy kontrolujú viaceré gény [15, 50—52] a je modulovaná prostredníctvom izoenzýmu, hexokináza II [53—56], ktorá má katalytickú a regulačnú funkciu. Mutácie **hxa 2** v štruktúrnom géne hexokinázy P II (alebo B) spôsobujú glukózu necitlivú syntézu sekretovanej invertázy a predpokladá sa, že tento efekt nie je výlučne iba dôsledkom zníženej rýchlosťi metabolizmu glukózy [53, 55, 56]. Konštitutívnu tvorbu sekretovanej invertázy vyvolávajú i mutácie **reg 1** [57], **hex 2** a **cat 80** [58]. Prvé dva sa mapujú v blízkosti génu **trp 1** [59].

Molekulárny mechanizmus regulácie syntézy invertázy glukózou v kvasinkových mikroorganizmoch nie je zatiaľ celkom jasný. Mohol by však spočívať v regulácii na úrovni transkripcie DNA [25, 28], na úrovni translácie [60], na úrovni potranslačného dozrievania prekurzora enzýmu špecifickým proteolytickým systémom [60], ako aj na úrovni glykozylácie polypeptidu a jeho transportu do periplazmatického priestoru [41, 61, 62].

Principiálne poznatky o regulácii génovej expresie a sekrecie invertázy v bunkách kvasiniek sa získali použitím metód génovej fúzie [38, 63]. Fúziou štruktúrneho génu **MF<sub>a</sub> 1**, ktorý kôduje 165 aminokyselinový prekursor kvasinkového pohlavného hormónu,  $\alpha$ -faktora, s fragmentom štruktúrneho génu invertázy [**SUC 2**], ktorý neobsahoval svoju 5'príhlahlú oblasť ani kôdujúcu informáciu pre prvé 4 aminokyseliny svojej signálnej sekvencie, sa

zistilo, že chimérny géno **MF<sub>a</sub> 1-SUC 2** je schopný riadiť syntézu aktívnej invertázy, ktorá je glykozylovaná a efektívne sekretovaná do periplazmatického priestoru bunky [63]. Expresia tohto hybridného génu bola pod kontrolou **MAT<sub>a</sub>** lôkus a na rozdiel od expresie samotného **SUC 2** génu nebola ovplyvnená koncentráciou glukózy [63].

Fúziou génu **lac Z** z *E. coli* s kvasinkovým štruktúrnym génom **SUC 2** sa zasa získal hybridný protein so sekvenciou invertázy na —NH<sub>2</sub> konci a s funkčnou  $\beta$ -galaktozidázovou sekvenciu na —COOH konci. Sledovaním sekrenného procesu a expresie  $\beta$ -galaktozidázy sa zistilo, že **SUC 2** — **lac Z** géno riadi syntézu stabilného neglykozylovaného i glykozylovaného hybridného proteinu, ktorý však na rozdiel od invertázy sekretovaný neboli [38].

### 4. Invertáza ako potravinárske aditívum

Kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* — okrem svojho uplatnenia v pekárskom priemysle pri kysnutí cesta, tvorbe senzorických a chufových vlastností pekárskych výrobkov — sú vhodným materiálom aj pre zabezpečenie mikrobiálnej produkcie enzýmov, koenzýmov, vitamínov skupiny B a po vhodnej úprave môžu slúžiť dokonca ako zdroj potravinárskej nezávadnej bielkoviny [64—66].

Invertáza je tiež jedným z enzýmov, ktoré biologicky aktívne droždie obsahuje v značnom množstve [17, 65—67]. Po mechanickom, enzymatickom, prípadne autolyticom rozrušení bunkovej steny invertáza sa uvoľní z buniek do prostredia, z ktorého sa vhodným separačným postupom môžu pripraviť tak tekuté, ako aj pevné enzýmové koncentráty. Pre prípravu takýchto koncentrátorov sú najvhodnejšie kmene kvasiniek, ktoré produkujú zvýšené množstvo invertázy. Ich použitie nielen ekonomicky zefektívni postup prípravy, ale naviac umožní získať koncentráty o vyššej špecifickej aktivite [65, 66].

Možnosť uplatnenia tuhého alebo tekutého koncentrátu invertázy ako potravinárskeho aditíva v rôznych odvetviach potravinárskeho priemyslu je veľké [65, 68]. Použitie invertázy pri výrobe cukrovinek, najmä fondanových a čokoládových výrobkov s mäkkou náplňou, ale i pri výrobe džemov, jemného sladkého pečiva, nápojov pozitívne ovplyvňujú kvalitu a stálosť výrobkov v priebehu skladovania, nakoľko invertný cukor horšie kryštalizuje a v dôsledku toho je pri vyšších koncentráciach, resp. rôznych teplotách stabilnejší ako sacharózové sirupy. Nedočadzovať ani k rekryštalizácii sacharózy. Nie zanedbateľnou vlastnosťou invertného cukru je aj jeho vyššia sladiaca schopnosť ako u sacharózových sirupov [2, 65, 68].

### Literatúra

- [1] MYRBACK, K.: The Enzymes, Part A: Invertases, in SUMNER, J. B., MYRBACK, K. (eds.) Academic Press, New York, 1960, s. 379
- [2] REED, G. - UNDERKOFLER, L. A.: Enzymes in Food Processing, New York and London, Academic Press, 1968
- [3] NEUMANN, N. P. - LAMPEN, J. O.: Biochemistry, **6**, 1977, s. 468
- [4] SUTTON, P. D. - LAMPEN, J. O.: Biochim. Biophys. Acta, **56**, 1962, s. 303
- [5] RABCZINSKI, P.: Biochim. Biophys. Acta, **614**, 1980, s. 121
- [6] GASCON, S. - LAMPEN, J. O.: J. Biol. Chem., **243**, 1968, s. 1537
- [7] BETETA, P., GASCON, S.: FEBS LETT., **13**, 1971, s. 297
- [8] PREISS, J. W.: Arch. Biochem. Biophys., **75**, 1958, s. 186
- [9] NEUMANN, N. P. - LAMPEN, J. O.: Biochemistry, **8**, 1969, s. 3552
- [10] TRIMBLE, R. P. - MALEY, F.: J. Biol. Chem., **252**, 1977, s. 4409
- [11] ROSENFIELD, L. - BALLOU, C. E.: J. Biol. Chem., **252**, 1977, s. 4409
- [12] HASHIMOTO, C. - COHEN, R. E. - ZHANG, W. - BALLOU, C. E.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **78**, 1981, s. 2244
- [13] FOEVERT, J. - BALLOU, C. E.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **79**, 1982, s. 6147
- [14] KARSON, E. M. - BALLOU, C. E.: J. Biol. Chem., **253**, 1978, s. 6484
- [15] HAKEL, R. A. - KHAN, N. A.: Mol. Gen. Genet., **154**, 1978, s. 295
- [16] LAMPEN, J. O.: Mol. Cell. Biol., **1**, 1981, s. 480
- [17] LAMPEN, J. O.: „Invertases“. In: The Enzymes (BOYER, P. D., eds.), 5, s. 291. New York, Academic Press, 1971
- [18] WORKMAN, W. E. - DAY, D. F.: FEBS Letters, **169**, 1983, s. 13
- [19] MORTIMER, R. K. - HAWTHORNE, D. C.: „The Yeast“ (Rose

- A. M. - Harrison, J. S., eds.). Vol. 1, s. 358, New York, Academic Press, 1969
- [20] SPENCER, J. F. T. - SPENCER, D. M. - MILLER, R.: Current Genet., **7**, 1983, s. 47
- [21] CARLSON, M. - BOTSTEIN, D.: Mol. Cell. Biol., **3**, 1983, s. 351
- [22] TAUSSIG, R. - CARLSON, M.: Nucl. Acid. Res., **11**, 1983, s. 1943
- [23] CARLSON, M. - OSMOND, B. C. - BOTSTEIN, D.: Genetics, **98**, 1981, s. 41
- [24] CARLSON, M. - OSMOND, B. C. - BOTSTEIN, D.: Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., **45**, 1980, s. 799
- [25] CARLSON, M. - BOTSTEIN, D.: Cell, **28**, 1982, s. 145
- [26] GROSSMANN, M. K. - ZIMMERMANN, F. K.: Mol. Gen. Genet., **175**, 1979, s. 223
- [27] DRORIGUEZ, L. - LAMPEN, J. O. - MAC KAY, V. L.: Mol. Cell. Biol., **1**, 1981, s. 469
- [28] CARLSON, M. - TAUSSIG, R. - KUSTU, S. - BOTSTEIN, D.: Mol. Cell. Biol., **3**, 1983, s. 439
- [29] PERLMAN, D. - HALVORSON, H. O.: Cell, **25**, 1981, s. 525
- [30] PERLMAN, D. - HALVORSON, H. O. - CANNON, L. E.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **79**, 1982, s. 781
- [31] TRIMBLE, R. B. - MALEY, F. - CHU, K. F.: J. Biol. Chem., **258**, 1983, s. 2582
- [32] ABRAMS, B. B. - HACKEL, R. - MIZUNAGA, T. - LAMPEN, J. O.: J. Bacteriol., **135**, 1978, s. 809
- [33] NOVICK, P. - FERRO, S. - SCHEKMAN, R.: Cell, **25**, 1981, s. 481
- [34] NOVICK, P. - FIELD, C. - SCHEKMAN, R.: Cell, **21**, 1980, s. 205
- [35] BLOBEL, G. - DOBBERSTEIN, D.: J. Cell. Biol., **67**, 1975, s. 852
- [36] SCHEKMAN, R.: TIBS, 1982, s. 243
- [37] ESMON, B. - NOVICK, P. - SCHEKMAN, R.: Cell, **25**, 1981, s. 451
- [38] EMR, S. D. - SCHAUER, I. - HANSEN, W. - ESMON, P. - SCHEKMAN, R.: Mol. Cell. Biol., **4**, 1984, s. 2347
- [39] SILHavy, T. J. - BENSON, S. A. - EMR, S. D.: Microbiol. Rev., **47**, 1983, s. 313
- [40] TODA, K. - YABE, I. - YAMAGATA, T.: Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., **16**, 1982, s. 17
- [41] MORMEneo, S. - SENTAMDREU, R.: J. Bacteriol., **152**, 1982, s. 14
- [42] NIEGEBORN, L. - CARLSON, M.: Genetics, **108**, 1984, s. 845
- [43] CELENZA, J. L. - CARLSON, M.: Mol. Cell. Biol., **4**, 1984, s. 49
- [44] CELENZA, J. L. - CARLSON, M.: Mol. Cell. Biol., **4**, 1984, s. 54
- [45] CARLSON, M. - OSMOND, B. C. - NIEGEBORN, L. - BOTSTEIN, D.: Genetics, **107**, 1984, s. 19
- [46] ROTHSTEIN, R. J. - SHERMAN, F.: Genetics, **94**, 1980, s. 871
- [47] SAROKIN, L. - CARLSON, M.: Mol. Cell. Biol., **5**, 1985, s. 2521
- [48] OSHIMA, Y.: „The Molecular Biology of the Yeast *Saccharomyces*“ (Strathern, J. N. - Jones, E. W. - Broach, J. R., eds.) s. 159, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York, 1982
- [49] HINNEBUSCH, A. G. - FINK, G. R.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **80**, 1983, s. 5374
- [50] GASCON, S. - OTTOLENGHI, P.: C. R. Trav. Lab. Carlsberg, **39**, 1972, s. 15
- [51] ZIMMERMANN, F. K. - KAUFMANN, I. - RASEMBERGER, M. - MAUSSMANN, P.: Mol. Gen. Genet., **151**, 1977, s. 95
- [52] ZIMMERMANN, F. K. - SCHEEL, I.: Mol. Gen. Genet., **154**, 1977, s. 75
- [53] ENTIAN, K. D.: Mol. Gen. Genet., **178**, 1980, s. 633
- [54] ENTIAN, K. D.: Mol. Gen. Genet., **184**, 1981, s. 278
- [55] ENTIAN, K. D. - MECKE, D.: J. Biol. Chem., **257**, 1982, s. 870
- [56] MICHELS, C. A. - MAHNENBERGER, K. M. - SYLVESTRE, Y.: J. Bacteriol., **153**, 1983, s. 574
- [57] HATSUMOTO, K. T. - YOSHIMATSU, T. - OSHIMA, Y.: J. Bacteriol., **153**, 1983, s. 1405
- [58] ENTIAN, K. D. - ZIMMERMANN, F. K.: Mol. Gen. Genet., **177**, 1980, s. 345
- [59] ENTIAN, K. D. - ZIMMERMANN, F. K.: J. Bacteriol., **151**, 1982, s. 1123
- [60] CHU, E. K. - MALEY, P.: J. Biol. Chem., **255**, 1980, s. 6392
- [61] CHU, F. K. - MALEY, F.: J. Biol. Chem., **255**, 1980, s. 6387
- [62] HUBBARD, S. C. - IVATT, R. J.: Ann. Rev. Biochem., **50**, 1981, s. 583
- [63] EMR, S. D. - SCHEKMAN, R. - FLESSEL, M. C. - THORNER, J.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **80**, 1983, s. 7089
- [64] KOCKOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ, A.: Kvasinky a kvasinkové mikroorganizmy, Bratislava, Praha, ALFA, SNTL, 1982
- [65] WISEMAN, A.: Příručka enzymové technologie, Praha, SNTL, 1980
- [66] PEPPLER, H. J.: Bakery Technology and Engineering (S. A. Matz, ed.), s. 35, Westport, Connecticut, 1980, The Asi Publishing Co.
- [67] RYCHTERA, M. - PICHOVÁ, A.: Kvas. prům. **10**, 1981, s. 227

[38] HAMPL, J. - HOLÝ, F. - KADLEC, F. - PŘIHODOVÁ, J.: Jakost pekárenských a cukrárenských výrobků, Praha, SNTL, 1981

Lektoroval dr. V. Jirků, CSc.

**Obernauerová, M. - Šubík, J.: Biochemicko-genetické aspekty utilizácie sacharózy kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae*.** Kvas. prům. **33**, 1987, č. 4, s. 108—110.

Práca je stručným prehľadom biochemických vlastností a genetickej špecifikácie invertázy ( $\beta$ -D-fruktofuranozidázy EC 3.2.1.26). Zaoberá sa organizáciou rodiny **SUC** génov v kvasinkách a ich expresiou, ktorá je spojená s glykozyláciou invertázy a jej sekreciou do periplazmatického priestoru bunky. Podrobne diskutuje mechanizmy regulácie expresie invertázy na úrovni transkripcie, translácie, potranslačného dozrievania a transportu glykozylovannej invertázy z bunky. Záver práce popisuje invertázu ako potravinárskej aditívum a kvasinky nadprodukujúce tento enzým ako jeho najvýhodnejší zdroj.

**Обернауэрова, М. - Шубик, Ю.: Биохимико-генетические аспекты утилизации сахарозы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.** Квас. прум. 33, 1987, № 4, стр. 108—110.

Работа дает краткий обзор по биохимическим свойствам и генетической спецификации инвертазы ( $\beta$ -D-фруктофурозидазы EC 3.2.1.26). Занимается организацией семейства **SUC** генов в дрожжах и их экспрессией, которая связана с гликозилинацией инвертазы и ее секрецией в периплазматическую область клетки. Подробно рассматриваются механизмы регулирования экспрессии инвертазы на уровне транскрипции, трансляции, посттрансляционного созревания и транспорта гликозилированной инвертазы из клеток. В заключение описывается инвертаза как пищевая добавка и дрожжи, производящие этот энзим, как наиболее выгодный источник.

**Obernauerová, M. - Šubík, J.: Biochemical-Genetic Aspects of Saccharose Utilization by the Yeasts of *Saccharomyces cerevisiae*.** Kvas. prům. 33, 1987, No. 4, pp. 108—110.

A brief review of biochemical properties and the genetic specification of invertase ( $\beta$ -D-fructofuranosidase EC 3.2.1.26) is given in the article. The organization of **SUC** genes family in yeast and their expression connected with glycosylation of invertase with secretion into the periplasmic space of the cell is described. Control mechanisms of the invertase expression on the level of the transcription, translation, post-translation changes as well as the transport of glycosylated invertase from the cell are discussed. At the end the invertase application and the yeasts with the invertase hyperproduction are described.

**Obernauerová, M. - Šubík, J.: Biochemisch-genetische Aspekte der Utilisation der Saccharose durch Hefen *Saccharomyces cerevisiae*.** Kvas. prům. 33, 1987, Nr. 4, S. 108—110.

Die Arbeit enthält eine zusammenfassende Übersicht der biochemischen Eigenschaften und der genetischen Spezifikation der Invertase ( $\beta$ -D-Fruktofuranosidase EC 3.2.1.26). Der Autor befasst sich mit der Organisation der Familie der **SUC**-Gene in Hefen und mit ihrer Expression, die mit der Glykosylation der Invertase und ihrer Sekretion in den periplasmatischen Raum der Zelle verbunden ist. Ausführlich werden die Mechanismen der Regulation der Expression der Invertase auf dem Niveau der Transkription, Translation, der Nachtranslations-Reifung und des Transports der glykosylierten Invertase aus der Zelle diskutiert. Zum Schluß des Artikels wird Invertase als Lebensmittel-Additivum beschrieben sowie auch die Hefen mit Überproduktion dieses Enzyms als die vorteilhafteste Quelle.