

## Produkty glukónovej fermentácie využiteľné v potravinárstve

MICHAL ROSENBERG – ERNEST ŠTURDÍK – IVETA ROSENBERGOVÁ –  
MIROSLAV STREĎANSKÝ

**Súhrn.** Práca sa zameriava na prípravu kyseliny glukónovej na glukózo-fruktózo-  
vých sirupoch submerznou kultiváciou *Aspergillus niger* CCM 8004. Dosiahli sa 95 % vý-  
ťažky kyseliny glukónovej vzhľadom na začiatočnú koncentráciu glukózy, obsah fruktózy  
v médiu sa nemenil. Uvedeným postupom sa pripravili vzorky kyseliny glukónovej, jej  
sodné a vápenaté soli, glukono- $\delta$ -laktón, enzýmy glukózaoxidáza a kataláza i fruktózové  
sirupy a poukázalo na ich potravinárske využitie.

Mikrobiálna produkcia kyseliny glukónovej zo sacharidových substrátov  
patrí medzi klasické fermentácie. Počiatky tejto fermentácie spadajú do 40.  
rokov, základ súčasnej modernej submerznej produkcie kyseliny glukónovej  
treba hľadať v práci Bloma a kol. [1]. Fermentačná výroba začala postupne  
vytláčať iné spôsoby výroby kyseliny glukónovej aj v priemyselnom rozsahu  
(elektrochemická oxidácia glukózy v prítomnosti bromidových iónov, oxidá-  
cia glukózy vzduchom či kyslíkom v prítomnosti katalyzátorov). Výhodou  
mikrobiálnej prípravy kyseliny glukónovej je predovšetkým vysoká rýchlosť  
a selektivita konverzie, umožňujúca pripraviť veľmi čisté produkty fermentá-  
cie. V súčasnosti je ročná svetová produkcia kyseliny glukónovej a jej solí pri-  
bližne 50 tisíc ton, glukono- $\delta$ -laktónu 3 tisíc ton a má stúpajúcu tendenciu [2].

Aj keď sa schopnosť zvýšenej produkcie kyseliny glukónovej pozorovala  
u rôznych druhov mikroorganizmov, v súčasnosti má výsadné postavenie vo  
fermentačnej praxi submerzná kultivácia vláknitých húb rodu *Aspergillus*,  
resp. *Penicillium*, a baktérií *Gluconobacter suboxidans*. Dehydrogenácia glu-  
kózy u rodu *Aspergillus* sa uskutočňuje jednoduchou reakciou bez účasti zlo-  
žitých metabolických dráh bunky, konverzia je vysoko selektívna a rýchla [3].

---

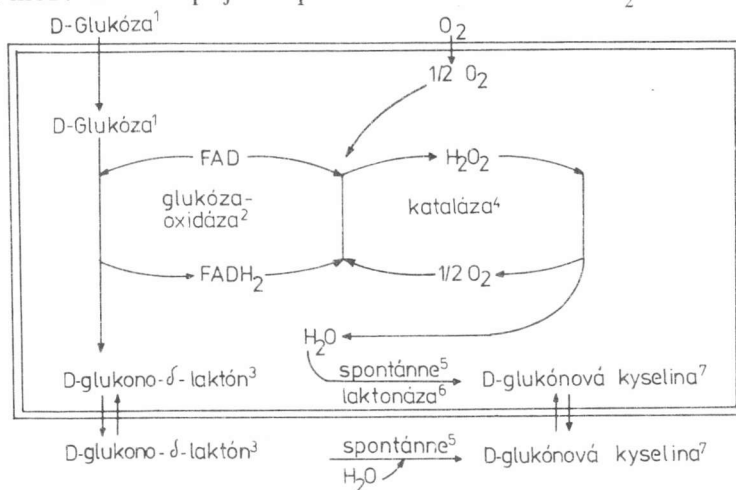
Ing. Michal Rosenberg, CSc., doc. Ing. Ernest Šturdík, CSc., Ing. Miroslav Stred'anský,  
Katedra biochemickej technológie, Chemickotechnologická fakulta SVŠT, Radlinského 9,  
812 37 Bratislava.

Ing. Iveta Rosenbergová, Biotechnologický ústav SVŠT, Radlinského 9, 812 37 Bratislava

Fermentácie sa uskutočňujú za intenzívneho vzdušenia a hodnotách pH média 5,5 až 6,5. Keďže produkciu kyseliny glukónovej významne neovplyvňujú ani extrémne koncentrácie glukonátových solí v médiu, možno pripraviť napr. za 72 hodín s 95 % výťažkom až 60 % roztoky kyseliny glukónovej vo forme sodnej soli a voľnej kyseliny. Ekonomiku procesu priaznivo ovplyvňuje aj to, že po skončení kultivácie možno použiť mycélium *A. niger* bez významnej straty aktivity v nasledujúcich fermentáciách [4].

Proces prípravy kyseliny glukónovej možno kontinualizovať imobilizáciou mikroorganizmu na vhodnom nosiči. Tu sa využívajú predovšetkým bunky *Gluconobacter suboxydans*, ktoré sú schopné konvertovať glukózu pri nízkych hodnotách pH a umožňujú tak pripraviť kyselinu glukónovú s vysokým obsahom voľnej kyseliny. Nevýhodou použitia baktérií je zvýšená tvorba kyselín 2-oxo-, 5-oxo- a 2,5-di-oxo-glukónovej [5].

Konverzia glukózy na kyselinu glukónovú je u *A. niger* pomerne jednoduchý proces, schematicky znázornený na obr. 1. Spočíva v prenose dvoch atómov vodíka z  $\beta$ -D-glukopyranózy na flavínadinukleotid (FAD), ktorý tvorí prostetickú skupinu glukózaoxidázy ( $\beta$ -D-glukóza: kyslík 1-oxidoreduktáza, E. C. 1.1.3.4). Vzniknutý  $\text{FADH}_2$  sa regeneruje prenosom vodíkových atómov na kyslík za súčasného vzniku peroxidu vodíka. Produkt tejto dehydrogenačnej reakcie, glukono- $\delta$ -laktón, hydrolyzuje spontánne alebo pôsobením laktonázy na kyselinu glukónovú. Peroxid vodíka (možný inhibičný produkt) je štiepený enzýmom katalázou (E. C. 1.11.1.6) na molekulu vody a kyslík, ktorý sa môže znovu zapojiť do procesu reoxidácie  $\text{FADH}_2$ .



(<sup>1</sup>D-Glucose; <sup>2</sup>Glucoseoxidase; <sup>3</sup>D-Glukono- $\alpha$ -laktón; <sup>4</sup>Catalase; <sup>5</sup>Spontaneously; <sup>6</sup>Lactonase; <sup>7</sup>D-Gluconic acid.

Obr. 1. Konverzia glukózy na kyselinu glukónovú u *A. niger*.  
Fig. 1. Conversion of glucose into gluconic acid in *A. niger*.

Glukónová fermentácia poskytuje pomerne široké spektrum produktov využiteľných v potravinárskom priemysle i v ďalších oblastiach. K základným produktom patrí kyselina glukónová, jej sodná, vápenatá a železnatá soľ, glukono- $\delta$ -laktón a z mycélia *A. niger* izolované enzýmy glukózaoxidáza a kataláza.

Kyselina glukónová sa používa v mliekárenskom priemysle na kyslú koaguláciu mlieka. Najväčšie použitie má sodná soľ kyseliny glukónovej predovšetkým pre schopnosť tvoriť komplexy s kovmi. Táto vlastnosť sa využíva na maskovanie iónov  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  pri umývaní skla, kde čiastočne nahrádza hydroxyd sodný, ale aj pri povrchových úpravách kovov, pri výrobe alkalic-kých odmasťovačov, odhrdzovačov, a pod. Glukonát vápenatý a železnatý sa využívajú ako zdroje vápnika a železa v humánnej a veterinárnej medicíne, v kožiarskom priemysle, pri farbení a inde [6].

Glukono- $\delta$ -laktón sa pripravuje kryštalizáciou supernasýtených roztokov kyseliny glukónovej v teplotnom rozmedzí 30 až 70 °C, pričom Yamauchi a Shimizu [7] uvádzajú pri použití 78 % roztoku kyseliny a kryštalizácii pri 47 až 48 °C výťažky glukono- $\delta$ -laktónu vyššie ako 75 %. Táto látka má široké využitie v potravinárskom priemysle, napr. ako prísada do kypriacich práškov, tepelne neopracúvaných mäsových výrobkov, v Japonsku ako koagulát sójových proteínov.

Glukózaoxidáza patrí medzi priemyselne najpoužívanjšie enzýmy, pričom sa využívajú všetky deje, ktoré súvisia s jej katalytickým pôsobením: schopnosť spotrebúvať glukózu a kyslík z média, tvorba peroxidu a glukónovej kyseliny. V potravinárskom priemysle sa tento enzým využíva na odstraňovanie glukózy a zamedzenie ďalších oxidačných zmien v pive, vo víne, v majonézach a vaječnom bielku, žĺtku či vaječných melanžoch. Enzymový prípravok glukózaoxidázy sa dá použiť aj pri ochrane sušených výrobkov pred oxidačnými zmenami. Vysoko purifikovaná glukózaoxidáza sa požíva na kvantitatívne stanovenie glukózy v telových tekutinách a v laboratórnej praxi. Mycélium *A. niger* po glukónovej fermentácii obsahuje aj vysokú hladinu enzýmu katalázy. Tento enzým sa využíva na odstraňovanie nadbytočného peroxidu vodíka, ktorým sa napríklad sterilizuje mlieko pri výrobe syrov, odsírujú mušty a vína [8].

Zamerali sme sa na prípravu kyseliny glukónovej pomocou vysokoproductného kmeňa *Aspergillus niger* CCM 8004 s použitím glukózo-fruktózo-vého sirupu ako substrátu. Týmto postupom možno pripraviť okrem už spomenutých produktov i nemenej potravinársky zaujímavý výrobok – fruktózu.

## Materiál a metódy

Ako substrát sme v experimentoch používali glukózo-fruktózový sirup získaný z Cukrovaru Sládkovičovo.

Pracovali sme s kmeňom *Aspergillus niger* CCM 8004, ktorý sme uchovávali na šikmom sladínovom agare pri 4 °C. Pred experimentom bola kultúra mikroorganizmu vyočkovaná na šikmý Czapekov–Doxov agar a kultivovaná 7 dní pri 28 °C. Spórovú suspenziu na inokuláciu fermentoru sme pripravili statickou kultiváciou na tekutom sporulačnom médiu, ktoré obsahovalo v 1 dm<sup>3</sup> média 100 g glukózy, 0,45 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 0,072 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,06 g MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O a 60 ml piva (12°). Spórami mikroorganizmu sa zaočkovalo 50 cm<sup>3</sup> sterilného sporulačného média v 250 cm<sup>3</sup> Erlenmayerovej banke a kultivovalo sa pri 30 °C 7 dní. Spóry sa potom zmyli príslušným množstvom fermentačného média a použili na inokuláciu.

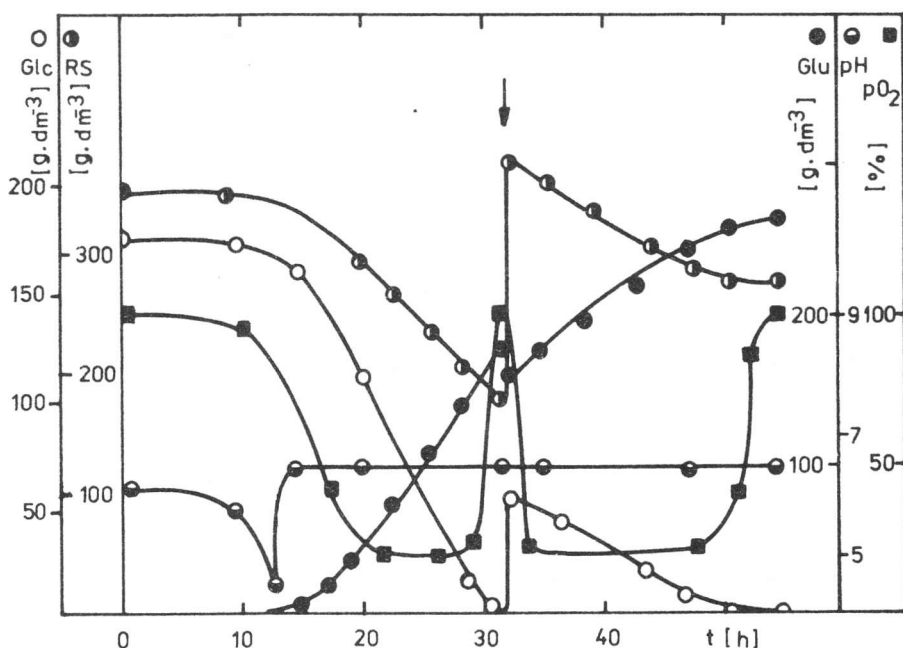
Samu fermentáciu sme uskutočňovali v laboratórnom fermentore Electro-lux s objemom 7 dm<sup>3</sup> s riadiacou jednotkou EFC-24 (Getine Švédsko). Ako fermentačné médium nám slúži glukózo-fruktózový sirup s prídavkom minerálnych látok (v g · dm<sup>-3</sup>) : 0,4 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,1 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,2 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,18 g MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O. Fermentáciu sme uskutočňovali pri plnení 4,6 dm<sup>3</sup> fermentačného média, pri 30 °C, miešaní 440 až 480 ot. min.<sup>-1</sup>, prevzdušnenie vzduchom 3 dm<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>, pretlaku 0,1 MPa, pH sme udržiavali na požadovanej hodnote prídavkom hydroxidu sodného (15 mol · dm<sup>-3</sup>).

Glukózu sme selektívne stanovovali pomocou BIO-LA-TESTu Oxochrom (Lachema Brno), redukujúce sacharidy pomocou kyseliny 3,5-dinitrosalicylovej postupom uvedeným v [9]. Na spektrofotometrické stanovenia sme použili Spekol 11 (Carl Zeiss Jena, NDR). Koncentrácia biomasy v priebehu fermentácie bola stanovená metódou opísanou v [10], začiatočnú koncentráciu spór sme určili ich počítaním v Búrkerovej komôrke. Koncentrácia glukonátu sodného sa určovala na základe prídavku hydroxidu sodného i pomocou izotachoforézy. Kvalitatívne a kvantitatívne stanovenie organických kyselín sme uskutočňovali na dvojkolónovom izotachoforetickom analyzátori s predseparačnou kolónou (URVJT Spišská Nová Ves), s dvojlíniovým zapisovačom TZ-4200 (Laboratorní přístroje Praha). Ako vodiaci elektrolyt sme použili roztok 0,01 mol · dm<sup>-3</sup>, HCl s 0,1 % polyvinylpyrolidónom, pH 3,2 ako protiión sme použili β-alanín, ako zakončujúci elektrolyt kyselinu octovú (5 · 10<sup>-3</sup> mol · dm<sup>-3</sup>). V predseparačnej kapiláre tiekol prúd 250 μA, v analytickej kapiláre 40 μA.

## Výsledky a diskusia

Ako sme už spomenuli v predchádzajúcich častiach, použitím glukózo-fruktózových sirupov, resp. sacharózy, možno pripraviť po selektívnej oxidácii glukózy na kyselinu glukónovú glukonátovo-fruktózové sirupy. V súčasnosti sa používajú na prípravu fruktózy, prípadne fruktózových sirupov, obsahujúcich aj glukózu (zo škrobnatých surovín) zväčša imobilizované enzýmy, prípadne mikroorganizmy. Ich príprava zahŕňajúca izoláciu a čistenie enzýmov, imobilizáciu na vhodný nosič a pod., je však pomerne náročná. Glukózovo-fruktózové sirupy možno získať výhodne i z koncentrovaných roztokov sacharózy pri použití kvasničnej biomasy s vysokou invertázovou aktivitou. Vzhľadom na podobné fyzikálnochemické vlastnosti oboch sacharidov je mimoriadne ťažké oddeliť glukózu od fruktózy bežnými separačnými postupmi. Práve selektívna oxidácia glukózy na kyselinu glukónovú s jej nasledujúcou separáciou bežnými separačnými technikami (kryštalizácie, ionexová chromatografia) by prípravu pomerne čistej fruktózy umožňovala.

Na Katedre biochemickej technológie CHTF SVŠT v Bratislave bol vyšľachtený vysokoprodukčný kmeň *Aspergillus niger* CCM 8004, ktorý je schopný selektívne konvertovať vysokokoncentrované glukózové roztoky na kyselinu glukónovú. Pri experimentoch v kultivačných bankách sme zistili, že si túto vlastnosť zachováva aj v prítomnosti fruktózy vo fermentačnom médiu. Preto sme sa snažili o fermentačnú prípravu koncentrovaných roztokov fruktózy a kyseliny glukónovej, čo by jednak priaznivo ovplyvnilo ekonomiku celého procesu, jednak znížilo nároky na zahustenie média pri kryštalizácii glukonátových solí. Produkciu sme sledovali na úrovni laboratórneho fermentora s objemom 7 dm<sup>3</sup> so 4,5 dm<sup>3</sup> fermentačného média, ktoré obsahovalo glukózovo-fruktózový sirup s koncentráciou 350 g redukujúcich látok v 1 dm<sup>3</sup>. Inokulovali sme spórovou suspenziou *A. niger* CCM 8004 tak, aby začiatočná koncentrácia spór bola  $1 \cdot 10^{-6}$  spór/cm<sup>3</sup>. Podrobné podmienky fermentácie sú zhrnuté v časti Materiály a metódy. Výsledky uvedené na obr. 2 potvrdzujú, že producent (po 15-hodinovej fáze potrebnej na naklíčenie spór) selektívne oxiduje glukózu na kyselinu glukónovú. Produkčná fáza je charakterizovaná prudkým poklesom koncentrácie glukózy a kyslíka vo fermentačnom médiu. Po vyčerpaní glukózy z fermentačného média sa okamžite zastaví produkcia kyseliny glukónovej a prudko zníži spotreba kyslíka. Po prídavku ďalšieho množstva glukózo-fruktózového sirupu dochádza k opätovnej produkcii kyseliny glukónovej. Rýchlosť konverzie je v produkčnej fáze ovplyvňovaná predovšetkým aktuálnou koncentráciou kyslíka v médiu (vystupuje ako druhý substrát reakcie katalyzovanej glukózaoxidázou – pozri obr. 1), a preto sa v tejto fáze fermentácie využívajú maximálne aeračné rýchlosti.



Obr. 2. Spotreba redukujúcich sacharidov (RS), glukózy (Glc), pH fermentačného média a koncentrácia kyslíka v médiu ( $pO_2$ ) pri produkcii kyseliny glukónovej (Glu) u *A. niger* CCM 8004 na glukózovo-fruktózových sirupoch v laboratórnom fermentore. Prídavok substrátu označený šípkou.

Fig. 2. Consumption of reducing sacharides (RS), glucose (Glc), pH of fermentation medium and oxygen concentration in the medium ( $pO_2$ ) during the production of gluconic acid (Glu) in *A. niger* CCM 8004 on glucose-fructose syrups in a laboratory fermentor. Substrate addition labelled by an arrow.

Proces tvorby kyseliny glukónovej z glukózy pomocou *A. niger* je pri uvedených fermentačných podmienkach vysoko selektívny, ako to dokumentuje tab. 1. Z ďalších organických kyselín boli detegované iba stopy kyseliny citrónovej, jablčnej a šťaveľovej, čo poukazuje na minimálnu metabolickú aktivitu bunky v produkčnej fáze. Vzhľadom na pôvodné množstvo sacharidov boli dosiahnuté výťažky kyseliny glukónovej 96 % a fruktózy 100 %. Fermentácia sa dá skrátiť použitím vegetatívneho inokula mikroorganizmu i opätovným použitím mycélia z predchádzajúcej fermentácie až o 12 hodín.

Opätovné použitie mycélia *A. niger* na ďalšiu konverziu glukózo-fruktózových sirupov je významné i z hľadiska možnosti dosiahnuť vyššie koncentrácie produktu vo fermentačnom médiu. Z literatúry je známe [6], že pri čistej glukóze sa začína rast mycélia pri koncentrácii glukózy maximálne  $350 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ , pričom nie je jednoznačne potvrdené, či je tento limit spôsobený extrémnymi osmotickými podmienkami, alebo či nastáva celková inhibícia

T a b u l k a 1. Vplyv charakteru inokula *Aspergillus niger* CCM 8004 na čas fermentácie a efektívnosť tvorby kyseliny glukónovej na glukózovo-  
fruktózových sirupoch v laboratórnom fermentore

T a b l e 1. The influence of the character of *Aspergillus niger* CCM 8004 inoculum on the fermentation time and on the effectivity of gluconic  
acid formation on glucoso-fructose syrups in a laboratory fermentor

| Typ fermentácie <sup>1</sup>                               | Doba fermentácie <sup>2</sup> [h] | Dĺžka lag-fázy <sup>3</sup> [h] | Glukonát sodný <sup>4</sup> [g · dm <sup>-3</sup> ] | Fruktóza <sup>5</sup> [g · dm <sup>-3</sup> ] | Zvyšková glukóza <sup>6</sup> [g · dm <sup>-3</sup> ] | Výťažok kys. glukónovej <sup>7</sup> [%] | Výťažok fruktózy <sup>8</sup> [%] | Organické kyseliny <sup>9</sup>                 |   |  |  |
|--|-----------------------------------|---------------------------------|---|---|---|--|-----------------------------------|---|---|--|--|
|  |                                   |                                 |   |   |   |  |                                   | citrónová <sup>10</sup> [g · dm <sup>-3</sup> ] | šťavelová <sup>11</sup> [g · dm <sup>-3</sup> ] | jablňá <sup>12</sup> [g · dm <sup>-3</sup> ] | oxáloctová <sup>13</sup> [g · dm <sup>-3</sup> ] |
| Inokulácia spórami <sup>14</sup>                           | 32                                | 15–18                           | 201,3   | 174,3   | 0,31  | 95,3                                     | 99,1                              | 0,04  | 0,08  | 0,11   | 0,01   |
| Inokulácia spórami +<br>prídavok substrátu <sup>15</sup>   | 52                                | 15–18                           | 323,8   | 275,5   | 0,55  | 98,2                                     | 99,5                              | 0,05  | 0,07  | 0,13   | 0,02   |
| Vegetatív. inokulum <sup>16</sup>                          | 24                                | 6–8                             | 195,3   | 167,2   | 0,21  | 96,1                                     | 99,4                              | 0,06  | 0,06  | 0,08   | 0,01   |
| Vegetatívne inokulum +<br>prídavok substrátu <sup>17</sup> | 40                                | 6–8                             | 315,2   | 267,1   | 0,35  | 97,3                                     | 99,1                              | 0,11  | 0,07  | 0,09   | 0,01   |
| Recykclus biomasy <sup>18</sup>                            | 30                                | 0,5                             | 340   | 286,7   | 0,54  | 98,1                                     | 99,5                              | 0,21  | 0,12  | 0,31   | 0,08   |

<sup>1</sup>Fermentation type; <sup>2</sup>Fermentation time; <sup>3</sup>lag-Phase time; <sup>4</sup>Sodium gluconate; <sup>5</sup>Fructose; <sup>6</sup>Residual glucose; <sup>7</sup>Gluconic acid yield; <sup>8</sup>Fructose yield; <sup>9</sup>Organic acids; <sup>10</sup>Citric acid; <sup>11</sup>Oxalic acid; <sup>12</sup>Malic acid; <sup>13</sup>Oxalacetic acid; <sup>14</sup>Inoculation with spores; <sup>15</sup>Inoculation with spores + substrate addition; <sup>16</sup>Vegetative inoculum; <sup>17</sup>Vegetative inoculum + substrate addition; <sup>18</sup>Biomass recycling.

T a b u l k a 2. Klíčenie spór, rast mycélia a produkcia kyseliny glukónovej u *Aspergillus niger* CCM 8004 pri vyšších začiatočných koncentráciách glukózo-fruktózových sirupov v laboratórnom fermentore

T a b l e 2. Germination of spores, growth of mycelium and the production of gluconic acid with *Aspergillus niger* CCM 8004 at higher initial concentrations of glucoso-fructose syrups in laboratory fermentor

| Sledované parametre <sup>1</sup>   | Glukózo-fruktózové sirupy <sup>2</sup> [g . dm <sup>-3</sup> ] |     |     |     |
|--|--|-----|-----|-----|
|  | 300  | 400 | 500 | 600 |
| Dĺžka lag-fázy <sup>3</sup><br>[h]   | 12   | 15  | 24  | 40  |
| Koncentrácia biomasy <sup>4</sup><br>[g <sub>DW</sub> . dm <sup>-3</sup> ] | 1,2  | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| Glukonát sodný <sup>5</sup><br>[g . dm <sup>-3</sup> . h <sup>-1</sup> ]   | 12   | 10  | 8,0 | 5,0 |

<sup>1</sup>Parameters investigated; <sup>2</sup>Glucoso-fructose syrups; <sup>3</sup>lag-Phase time; <sup>4</sup>Biomass concentration;

<sup>5</sup>Sodium gluconate.

niektorých kľúčových metabolických dráh a nasledujúca inhibícia rastu glukózu. To, že platí druhý predpoklad, potvrdzujú výsledky v tab. 2. K rastu mycélia došlo i pri začiatočných koncentráciách glukózo-fruktózového sirupu 600 g RL . dm<sup>-3</sup> (t. j. pri koncentrácii glukózy 300 g . dm<sup>-3</sup>), ale potvrdil sa aj fakt, že vyššia koncentrácia substrátu zvyšuje obdobie klíčenia spór, znižuje vitalitu mycélia, a tým aj rýchlosť produkcie. Pri opätovnom použití mycélia *A. niger* z predchádzajúcej fermentácie možno v nerastových podmienkach konvertovať vysoko koncentrované substráty. Napr. konverzia glukózo-fruktózového substrátu s koncentráciou 600 g RL . dm<sup>-3</sup> netrvala viac ako 24 hodín, pričom výťažnosti glukonátu boli ešte vyššie (98 %) ako v prípade uvedenom v tab. 1. Preto sa ako optimálne javí použitie submerzného inokula mikroorganizmu pri nižších začiatočných koncentráciách substrátu s jeho postupným prídavkom v produkčnej fáze (pozri obr. 2) a znovopoužitie mycélia v ďalších fermentačných cykloch s vyššou koncentráciou substrátu.

Po skončení fermentácie sa mycélium oddelí z fermentačného média filtráciou, médium sa odfarbí aktívnym uhlím a zahustí na koncentráciu glukonátu sodného 45 až 50 % (hmot). Po dvojnásobnej kryštalizácii možno oddeliť z média až 80–85 % kyseliny glukónovej vo forme sodnej soli. Zvyškový glukonát bol oddelený ionexovou chromatografiou za použitia bežných katexov a anexov vhodných na potravinárske účely. V takto pripravených fruktózových sirupoch bol obsah kyseliny glukónovej menší než 0,01 %. Glukóno-δ-laktón bol pripravený kryštalizáciou 80 % roztoku kyseliny glukónovej pri 50 °C s výťažkom vyšším ako 80 %. Enzýmy glukózo-oxidáza a kataláza boli izolované z mycélia *A. niger* tlakovou dezintegráciou a precipitáciou etanolom tak, ako to uvádzame v [11]. Pretože bol tento postup fermentačnej príp-

ravy glukonáto-fruktózových sirupov potvrdený i na úrovni 1500 dm<sup>3</sup> fermentora Electrolux v Enzýmovej poloprevádzke Dolná Krupá, bolo možné pripraviť väčšie množstvo uvedených preparátov a poskytnúť ich niektorým potenciálnym odberateľom.

V krátkosti sa zmienime o testovaní niektorých produktov glukónovej fermentácie v oblasti potravinárskeho a analytického využitia. Na Vývojovom pracovisku mäsového priemyslu v Bratislave sa preverovala možnosť aplikácie glukóno- $\delta$ -laktónu ako náhrady glukózy do tepelne neopracovaných mäsových trvanlivých výrobkov (Nitran, Štart a Malokarpatská saláma) s aplikáciou štartovacej kultúry LACTIL. Posudzoval sa priebeh zrenia a sušenia týchto výrobkov a stanovili dôležité technologické parametre. Za rovnaký čas zrenia sa v prípade prídavku 0,3 až 0,5 glukóno- $\delta$ -laktónu dosiahol nižší obsah vody (pevnejšia konzistencia), vyšší obsah soli a tuku a podstatne lepšie senzorické charakteristiky (príjemnejšia vôňa, výraznejšia mäsová, menej kyslá chuť). Úspešná bola aj aplikácia glukóno- $\delta$ -laktónu do kypriacich práškov vo Výskumno-vývojovej jednotke mlynárskeho a pekárskeho priemyslu GRT v Bratislave. Vzorky glukonátu sodného boli poskytnuté Biocentru Výskumného ústavu potravinárskeho v Modre na testovanie tejto látky v umývacích linkách na sklo. Fruktózové sirupy boli poskytnuté Výskumnému ústavu potravinárskemu, Pracovisku biochemickej technológie nápojov, na preverenie možnosti použitia v nealkoholických nápojoch. Glukózaoxidáza sa testovala na desacharizáciu vaječných bielkov, na odstraňovanie zvyškového kyslíka z vín a džúsov s pozitívnymi výsledkami. Kataláza z mycélia *A. niger* sa ukázala vhodná na odstraňovanie prebytočného peroxidu pri chemickom odsírovaní muštov. Podrobnejšie o použití týchto enzýmov hovoríme v [12].

Z tohto krátkeho prehľadu je zrejmé, že fermentačná príprava kyseliny glukónovej submerznou kultiváciou vláknitých húb *Aspergillus niger* umožňuje pripraviť okrem kyseliny glukónovej a jej solí i ďalšie potravinársky atraktívne produkty, ako sú fruktóza, enzýmy glukózaoxidáza a kataláza. Prednosť fermentačnej prípravy kyseliny glukónovej oproti klasickému spôsobu prípravy elektrochemickou oxidáciou glukózy spočíva vo vysokej rýchlosti a selektivite konverzie sacharidického substrátu.

Do redakcie došlo 27. 12. 1988

## Literatúra

1. BLOM, R. H. – PFEIFFER, V. F. – MOYER, A. J. – TRAUFLER, D. H. – CONWAY, H. F. – CROCKER, C. K. – FARISON, R. E. – HANNIBAL, D. U., Ind. Eng. Chem., 44, 1952, s. 435.
2. MILSOM, P. E.: Food Biotechnology. Vol. 1, Amsterdam, Elsevier 1987, s. 273.
3. ROHR, M. – KUBICEK, Ch. P. – KOMINEK, B.: Biotechnology. Vol. 3. Weinheim, Verlag Chemie 1983, s. 455.
4. ZIFFER, J. – GAFFNEY, A. S. – ROTHENBERG, S. – GAIRNEY, T. J., Pat. Brit. 1 249 347, 1971.
5. JAFFE, G. M., Food Sci. Technol., 13, 1984, s. 199.
6. MILSOM, P. E. – MEERS, J. L.: Comprehensive Biotechnology. Vol. 3. Oxford, Pergamon 1985, s. 681.
7. YAMAUCHI, T. – SHIMIZU, K., Pat. Jap. 123647, 1975.
8. PEPPLER, H. J. – REED, G.: Biotechnology. Vol. 7a. Weinheim, Verlag Chemie 1987.
9. BERNFELD, P., Methods Enzymol., 1, 1955, s. 149.
10. TAKAMATSU, T. – SHYOYA, S. – FURNYA, T., J. Chem. Tech. Biotechnol., 31, 1981, s. 697.
11. STREĎANSKÝ, M. – CÍFERSKÁ, G. – BARÁTH Z. – ROSENBERG, M. – ŠTURDÍK, E., Bull. PV (v tlači).
12. STREĎANSKÝ, M. – CÍFERSKÁ, G. – ŠTURDÍK, E. – ROSENBERG, M. – KREM-NICKÝ, L. – VAVREK, R., Bull. PV, 28 (8), 1989, s. 71

### Продукты глюконовой ферментации utilizzables в пищевой промышленности

#### Резюме

Работа занимается приготовлением глюконовой кислоты на глюкозо-фруктозных сиропах погруженной культивацией *Aspergillus niger* CCM 8004. Выходы глюконовой кислоты по отношению к начальной концентрации глюкозы являются 95 %, содержание фруктозы в среде не изменилось. Вышеприведенным способом авторы приготовили пробы глюконовой кислоты, ей соли натрия и кальция, глюконо-лактон, ферменты-глюкозооксидаза и каталаза и фруктозные сиропы и показалось на их использование в пищевой промышленности.

### Products of gluconic fermentation utilisable in food industry

#### Summary

The work is aimed at the preparation of gluconic acid on glucoso-fructose syrups by submersion cultivation of *Aspergillus niger* CCM 8004. Gluconic acid yields of 95 % have been obtained calculated to the initial concentration of glucose, the content of fructose in the medium did not change. Samples of gluconic acid, its sodium and calcium salts, glucono- $\delta$ -lactone, the enzymes glucoseoxidase and catalase, as well as fructose syrups have been prepared by the described procedure. The possibilities of the use of these products in food industry have been summarized.