

FERMENTACE SMĚSÍ LAKTOSY A LAKTULOSY KMENEM

Lactobacillus acidophilus

IVAN BOHAČENKO^a, JITKA PINKROVÁ^a,
JITKA PEROUTKOVÁ^b a MARTA PECHAČOVÁ^b

^a Výzkumný ústav potravinářský Praha, Radiová 7, 102 31 Praha 10, ^b Milcom a.s., Výzkumný ústav mlékárenský, Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6
ivan.bohacenko@vupp.cz, jitka.pinkrova@vupp.cz,
peroutkova@milcom/as.cz

Došlo 17.4.07, přijato 22.6.07.

Klíčová slova: laktosa, laktulosa, směsi laktosy a laktulosity, fermentace, lactobacillus

Úvod

Laktosa (*O*-β-D-galaktopyranosyl-(1,4)-D-glukopyranosa) a laktulosa (*O*-β-D-galaktopyranosyl-(1,4)-D-fruktofuranoza) jsou disacharidy, které ve své molekule obsahují galaktosu, která je β-glykosidovou vazbou svázána buď s glukosou (laktosa) nebo s fruktosou (laktulosa). Tato rozdílná struktura má však za následek jejich naprosto rozdílné vlastnosti, které určují jak jejich nutriční hodnotu, tak možnosti dalšího využití.

Laktosa se v přírodě vyskytuje pouze v mléce savců a její obsah závisí na živočišném druhu. Nejvyšší obsah laktosy je v lidském mléce 5,5–7,0 %, v kravském čini 4–5 %. Z nutričního hlediska je, stejně tak jako většina ostatních sacharidů, především zdrojem energie pro základní metabolické pochody organismů a dále stimuluje intestinální absorpci vápníku. V zažívacím traktu zdravých lidí je nejprve v horní části tenkého střeva (jejunum) štěpena β-galaktosidasou na glukosu a galaktosu, které jsou následně absorbovány v dolní části tenkého střeva (ileum)¹. Laktosa přítomná v mléce, resp. syrovátce, je též fermentována bakteriemi mléčného kvašení za vzniku kyseliny mléčné, popř. octové, čehož se využívá při výrobě sýrů a fermentovaných mléčných výrobků.

Laktulosa se v přírodě přirozeně nevyskytuje, ale je možno ji připravit uměle, a to isomerací laktosy. Principem reakce je vzájemná konverze aldosa a ketosa v alkalickém prostředí, probíhající přes intermediární endiolátové aniony dle tzv. Lobry de Bruin-Alberda van Ekensteinovy transformace. Kinetiku isomerace laktosy v alkalickém prostředí podrobně studovali Dandene a spol.² Prokázali, že jako hlavní produkt vzniká laktulosa a jako vedlejší produkty galaktosa, ze které může vznikat tagatosa, dále isosacharinové kyseliny a malé množství epilaktosy. Ve velmi malém množství je též laktulosa pří-

tomna ve sterilovaných mlékárenských výrobcích³.

Na rozdíl od laktosy není laktulosa hydrolyzována β-galaktosidasou lidského zažívacího traktu a nemůže tedy být absorbována v tenkém střevě. Jako taková pak prochází do tlustého střeva, kde je relativně rychle fermentována přítomnou mikroflórou za vzniku kyseliny mléčné, popř. i octové⁴. Pokusy *in vitro*⁵ a později i *in vivo*^{6,7} pak bylo prokázáno, že laktulosa pozitivně stimuluje růst a/ nebo aktivitu žádoucí střevní mikroflóry, zvláště bifidobakterií a laktobacilů, při současném potlačování růstu nežádoucích alkalifilních proteolytických bakterií. Pro tyto své vlastnosti byla již dříve klasifikována jako tzv. „bifidogenní faktor“⁸ a i v současné době splňuje náročná kritéria kladená na prebiotika⁹.

Prebiotický účinek laktulosity je též hlavním důvodem pro její využití při výrobě potravin. Např. v Japonsku je již delší dobu přidávána laktulosa do kojenecké výživy a do fermentovaných mléčných výrobků pro dospělou populaci¹⁰. Další oblastí praktického uplatnění laktulosity je farmacie, kde se používá při léčbě chronické zácpy, hepatické encephalopathie, při léčbě potenciálních bacilonosičů salmonelasy a ve stadiu klinického výzkumu jsou její aplikace u dalších onemocnění, např. hypercholesterolemie a zánětlivých střevních onemocnění¹¹.

Bakterie mléčného kvašení fermentují laktosu dvěma metabolickými cestami¹². Při první z nich, uplatňující se především u rodu *Lactococcus*, je laktosa transportována do buněk fosfoenolpyruvát dependentním fosfotransferasovým systémem a hromaděna zde jako laktosa-6-fosfát, který je hydrolyzován 6-fosfo-β-D-galaktosidasou za vzniku glukosy a galaktosa-6-fosfátu. Tyto jsou následně metabolizovány na kyselinu mléčnou. Při druhé cestě, uplatňující se především u rodu *Lactobacillus*, je laktosa akumulována specifickou permeasou a pak intracelulárně hydrolyzována β-galaktosidasou na glukosu a galaktosu. Glukosa je metabolizována na kyselinu mléčnou, zatímco galaktosa je uvolňována do média.

Průběh fermentace laktulosity je v naprosté většině případů uváděn v kontextu se studiem problematiky prebiotik, tj. využívání tohoto nestravitelného disacharidu komplexem bakterií osídlicích tlusté střeva, především laktobacilů a bifidobakterií. Údaje o možných metabolických cestách využívání laktulosity při její fermentaci bakteriemi mléčného kvašení jsou naopak velmi sporadické⁸. Zajímavou studií o růstu bakterií mléčného kvašení a bifidobakterií na laktose a laktulose a vztahu mezi distribucí v nich přítomných β-galaktosidasy a fosfo-β-galaktosidasy, uskutečnili Smart a spol.¹³ Z prezentovaných výsledků vyvodili závěr, že bakterie mléčného kvašení s β-galaktosidasovou nebo fosfo-β-galaktosidasovou aktivitou mohou využívat i laktulosu, což naznačuje, že metabolismus laktulosity není spojen ani s jednou z cest využití laktosy.

Cílem našich experimentů pak bylo studium využívání laktosy a laktulosity při fermentaci jejich směsí s různými poměry těchto sacharidů kmenem *Lactobacillus acidophilus*, prováděné *in vitro* za standardních podmínek. Vzhledem k tomu, že tato problematika nebyla dosud studována,

měly by dosažené výsledky přispět k dalšímu objasňování rozdílů metabolických cest těchto dvou potravinářsky a farmaceuticky významných sacharidů.

Experimentální část

Použité mikroorganismy a substráty

K fermentaci byl použit kmen *Lactobacillus acidophilus* CCDM 92 ze sbírky mlékařských kultur Laktoflora (Milcom a.s.), rezistentní vůči žlučovým solím a nízkému pH.

Substrátem pro fermentaci byl interně připravený MRS bujón o pH 6,2 a o složení:

10 g pepton (Imuna Pharm, Slovensko), 5 g kvasničný extrakt (HiMedia), 10 g masový extrakt (Oxoid), 1 ml Tween 80 (Lach-Ner), 2 g hydrogenfosforečnan draselný, p.a. (Merck), 5 g octan sodný trihydrát, p.a. (Lach-Ner), 2 g citrát diamonný, p.a. (Merck), 0,2 g síran manganatý heptahydrát, p.a. (Lach-Ner), 0,05 g síran manganatý tetrahydrát, p.a. (Lach-Ner), 1000 ml destilovaná voda.

V tomto substrátu byla původní sacharidická komponenta (20 g glukosy) nahrazována laktosou p.a. a laktulosou p.a. (Appli Chem) v následujících variantách:

- I. přídavek 5 hm.% laktosy
- II. přídavek 5 hm.% laktulosy
- III. přídavek směsi 6 hm.% laktosy a 1 hm.% laktulosy
- IV. přídavek směsi 1 hm.% laktosy a 6 hm.% laktulosy
- V. přídavek směsi 5 hm.% laktosy a 5 hm.% laktulosy

Stanovení růstových křivek

Jednotlivé varianty substrátů (viz výše) v množství 150 ml byly po sterilizaci (120 °C/15min) očkovány 1 obj.% přídavkem kultury *Lactobacillus acidophilus* CCDM 92. Zaočkovaná média byla kultivována při 37 °C po dobu 16 h. Během kultivace byly odebírány vzorky v čase 0, 6, 8, 12, 14 a 16 h pro stanovení počtu mikroorganismů plotnovou metodou na MRS agaru s pH 5,7 (Merck). Kultivace probíhala za optimálních podmínek pro daný kmen (37 °C/ 3 dny). Zároveň bylo ve vzorcích stanoveno pH.

Stanovení spotřeby laktosy a laktulosy a produkce kyseliny mléčné v průběhu fermentace

Ve stejných časových intervalech jako při stanovení růstových křivek byly odebírány 10 ml vzorky všech variant substrátů pro stanovení obsahu laktosy, laktulosy a kyseliny mléčné. Vzorky byly okamžitě zamrazeny a před analýzou uchovávány v mrazicím boxu při –25 °C. Spotřeby laktosy a laktulosy byly vypočteny jako rozdíl jejich obsahů v substrátech před a po fermentaci v daném čase.

Vlastní stanovení obsahu laktosy a laktulosy bylo provedeno metodou HPLC s refraktometrickou detekcí.

Příprava vzorku

Do 50 ml odměrné baňky se naváží cca 10 g (s přesností na 4 desetinná místa) vzorku a doplní demineralizovanou vodou na celkový objem 50 ml. K odstranění kyselých produktů přítomných ve vzorku je použita extrakce přes cartridge Chromabond SB (Macherey Nagel), na kterou se nanáší cca 1 g (s přesností na 4 desetinná místa) vzorku, promývá cca 9 ml demineralizované vody do 10 ml odměrné baňky a doplní po značku. Před vlastní chromatografií se cca 2 ml takto upraveného vzorku ještě přefiltrují přes mikrofiltr s velikostí pórů 0,45 µm do kyvety automatického dávkovače.

Použitá aparatura

pumpa Waters 515; in-line degaser AF Waters; RI detektor Waters 2414; termostat kolon LCO 101 Ecom; autosampler 717 plus Waters; software CSW 32, Data Apex

Chromatografické podmínky

analytická kolona Ostion LGKS 0800 Ca form (250 × 8 mm), Watrex; předkolony HEMA-BIO 1000Q SB (50 × 4 mm), Watrex; mobilní fáze – demineralizovaná voda; průtok 0,3 ml min⁻¹; teplota kolony 80 °C.

Stanovení obsahu kyseliny mléčné bylo provedeno na stejné aparatuře metodou HPLC s refraktometrickou detekcí.

Příprava vzorku

Byl použit stejný výchozí vzorek jako v případě stanovení laktosy a laktulosy s tím, že do postupu nebyla zařazena extrakce přes cartridge Chromabond SB.

Chromatografické podmínky

analytická kolona Ostion LGKS 0800, H form (250 × 4 mm), Watrex; mobilní fáze – 9 mM kyselina sírová; průtok 0,3 ml min⁻¹; teplota kolony 80 °C.

Vyhodnocení analýz

Pro sestavení kalibračních přímků a určení retenčních časů byly použity roztoky čistých standardů jednotlivých analytů.

Opakovatelnost vyjádřená jako interval spolehlivosti:

- pro laktosu a laktulosu ± 0,05 g/100 ml,
- pro kyselinu mléčnou ± 0,1 g/100 ml.

(Interval spolehlivosti byl vypočten jako trojnásobek směrodatné odchylky 10× opakované analýzy směšného standardu, obsahujícího 5 hm.% laktosy a laktulosy a 1 hm.% kyseliny mléčné).

Výsledky a diskuse

Podle předpokladu byly jak laktosa, tak laktulosa fermentovány použitým kmenem *Lactobacillus acidophilus* CCDM 92. Z růstových křivek (viz obr. 1) vyplývá, že počet mikroorganismů (CFU) po 16 hodinové fermentaci substrátu s přidávkou laktosy je řádově vyšší, a to $2,2 \cdot 10^7$ (log CFU 7,35) než v případě substrátu s laktulosou, kdy činil $7,0 \cdot 10^6$ (log CFU 6,85). U obou sacharidů je tento nárůst výrazný do 8. hodiny fermentace a od této doby se již CFU prakticky nemění. Toto je v dobré shodě se zjištěním Smart a spol.¹³, kteří našli kratší dobu dvojnásobného nárůstu („dubling times“) mikrobiální kultury u většiny testovaných kmenů laktobacilů kultivovaných na médiu s laktosou než při jejich kultivaci na médiu s laktulosou.

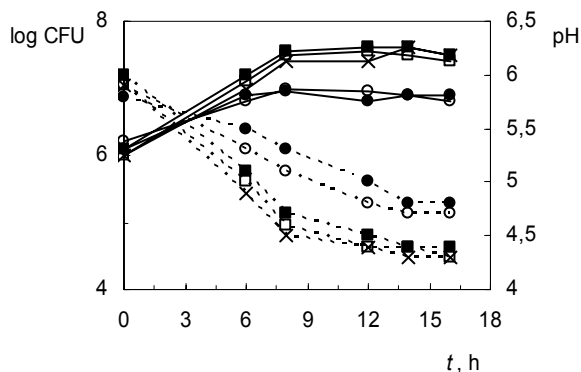
Podobně je tomu při spotřebě (využívání) obou samostatných sacharidů v substrátu (viz obr. 2), kdy na konci fermentace je spotřeba laktosy vyšší (cca 0,60 g/100 ml) než u laktulosy (cca 0,40 g/100ml). Z obr. 2 je dále patrný i určitý rozdíl v průběhu využívání sacharidů. U laktosy je rychlý do 8. hodiny fermentace a poté se výrazně zpomalí. Naproti tomu u laktulosy je nejrychlejší mezi 6.–8. hodinou a pak dále mírně stoupá až do ukončení fermentace.

Z produktů fermentace byla nalezena pouze kyselina mléčná, což odpovídá homofermentativnímu způsobu kvašení laktosy i laktulosy. Její tvorba při fermentaci (viz obr. 3) je, podle očekávání, svázána se spotřebou obou jednotlivých sacharidů. Na konci fermentace činí u substrátu s laktosou 0,60 g/100 ml, u substrátu s laktulosou je nižší, a to 0,36 g/100 ml. Patrný je i rozdíl v průběhu její

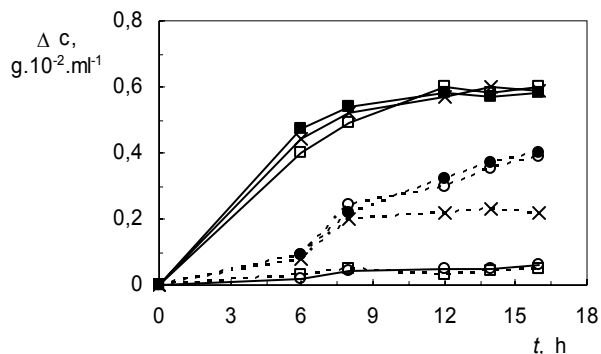
tvorby (viz obr. 3). Zatímco při fermentaci laktosy prakticky kopíruje spotřebu tohoto sacharidu, tj. nejvyšší tvorba je mezi 6.–8. hodinou a pak dále mírně stoupá, u fermentace laktosy je vzestup tvorby kyseliny mléčné až do cca 14. hodiny téměř lineární, zde teprve dosáhne úrovně spotřeby sacharidu a pak se výrazně zpomaluje.

Průběhu zvyšování obsahu kyseliny mléčné v substrátech odpovídají i průběhy poklesu jejich pH (viz obr. 1). Na konci fermentace substrátu s laktosou bylo dosaženo pH cca 4,4; zatímco u substrátu s laktulosou činilo pH cca 4,8.

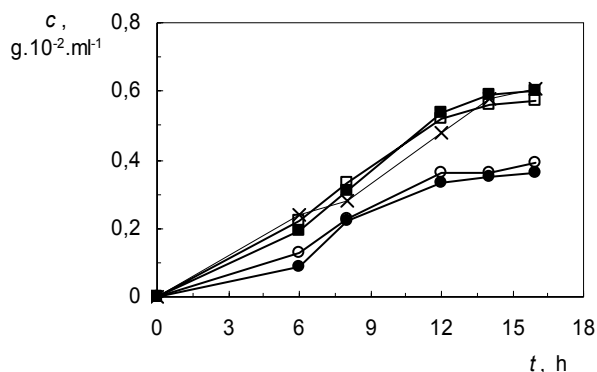
V případě fermentací směsí laktosy a laktulosy, kdy jeden ze sacharidů byl přidáván do substrátu ve výrazném přebytku (poměr obsahu laktosa : laktulosa = 6 : 1, resp 1 : 6), byl preferován ten typ (průběh) fermentace, který odpovídal fermentaci dominantního sacharidu, tj. fermentaci substrátu buď s laktosou, nebo laktulosou. Týká se to jak prakticky identických průběhů růstu počtu mikroorganismů a poklesu pH v substrátech (viz obr. 1), tak spotřeby jednotlivých dominantních sacharidů a s ním spojené tvorby kyseliny mléčné (viz obr. 2 a 3). Dále je zřejmé, že v těchto případech nebyl minoritní sacharid prakticky fermentován (obr. 2). Preferenci spotřeby dominantního sacharidu by bylo možno vysvětlit indukcí takového enzymového komplexu (systému), který je v buňce syntetizován v případě, že v substrátu je přítomna buď laktosa, nebo laktulosa ve výrazném přebytku. Je však pravděpodobné, že tyto enzymové komplexy nemusí být identické, neboť spotřeba minoritního sacharidu v substrátu nebyla v průběhu fermentace prokázána.



Obr. 1. Změny počtu mikroorganismů CFU a pH v průběhu fermentace substrátů s různými přídávky laktosy a laktulosy; osa y platí pro odečítání hodnot jak log CFU, tak i pH, přičemž vlastní průběh těchto veličin je odlišen následovně: ————— průběh log CFU; - - - - - průběh pH. Vynášené hodnoty jsou průměrem ze dvou paralelních stanovení. Složení substrátů: ■ MRS + hm.5 % laktosy; □ MRS + 6 hm.% laktosy + 1 hm.% laktulosy; ● MRS + 5 hm.% laktosy; ○ MRS + 1 hm.% laktosy + 6 hm.% laktulosy; × MRS + 5 hm.% laktosy + 5 hm.% laktulosy. Fermentační podmínky: 1 obj.% přidavek kultury *Lb. acidophilus* CCDM92, teplota 37 °C, doba 16 h. Stanovení CFU: plotnovou metodou na MRS agaru; pH 5,7; kultivace při 37 °C, doba 3 dny



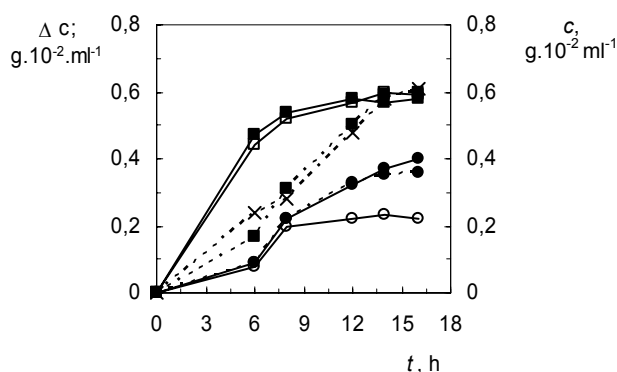
Obr. 2. Spotřeba laktosy a laktulosy v průběhu fermentace substrátů s různými přídávky sacharidů; spotřeba sacharidů Δc je rozdíl jejich obsahů v substrátech před a po fermentaci v daném čase t , vynášené hodnoty jsou průměrem ze tří paralelních stanovení. ————— průběh spotřeby laktosy; - - - - - průběh spotřeby laktulosy. Složení substrátů a podmínky fermentace: viz obr. 1. Stanovení sacharidů: metoda HPLC s refraktometrickou detekcí; analytická kolona – Ostion LGKS 0800 Ca form, 250 × 8 mm; předklonky: HEMA-BIO 1000 Q+SB, 50 × 4 mm; mobilní fáze – demineralizovaná voda; průtok 0,3 ml min⁻¹; teplota kolony 80 °C



Obr. 3. Produktivita kyseliny mléčné v průběhu fermentace substrátů s různými přídávky sacharidů; produkce kyseliny mléčné je uváděna jako její koncentrace c v substrátech v daném čase t fermentace, vynášené hodnoty jsou průměrem ze tří paralelních stanovení. ————— průběh produkce kyseliny mléčné. Složení substrátů a podmínky fermentace: viz obr. 1. Stanovení kyseliny mléčné: metoda HPLC s refraktometrickou detekcí; analytická kolona – Ostion LGKS 0800 H form, 250 × 4 mm; mobilní fáze – 9 mM kyselina sírová; průtok 0,3 ml min⁻¹; teplota kolony 80 °C

Zajímavá byla fermentace substrátu obsahujícího směs laktosy a laktulose v poměru 1:1 a pro lepší objasnění jejího průběhu byly důležité parametry soustředěny do samostatného obrázku 4. Z něho je patrné, že průběh spotřeby laktosy je stejný jako v případě čisté laktosy, zatímco průběh spotřeby laktulose se od průběhu její spotřeby v čistém stavu značně liší. Ta byla obdobným způsobem, jako v případě čisté laktulose, spotřebována pouze do 8. hodiny fermentace, pak se její spotřeba zastavila a v 16. hodině fermentace činila 0,21 g/100 ml, což je cca 53 % oproti spotřebě čisté laktulose. Pokud se týká obsahu kyseliny mléčné, činila v 6. hodině fermentace 0,24 g/100 ml, což odpovídá součtu jejich obsahů při fermentaci čisté laktosy a laktulose. V 8. hodině byl její obsah v substrátu 0,28 g/100 ml, což se velmi blíží koncentraci, při které se významně zpomaluje její tvorba při fermentaci čisté laktulose. Od této doby až do konce fermentace je průběh produkce kyseliny mléčné obdobný s její produkcí z čisté laktosy.

Pro odlišný průběh spotřeby laktulose, nalezený při fermentaci tohoto typu substrátu, se pak nabízí vysvětlení, založené na změně koncentrace kyseliny mléčné v kultivačním médiu v průběhu fermentace. Hromadění se tohoto metabolitu se pak projevuje jako inhibice zpětnou vazbou (*feed-back inhibition*), způsobující zhruba od 8. hodiny fermentace potlačení aktivity enzymového komplexu odpovědného za metabolizaci laktulose, jejíž množství v systému se dále nemění. Tento fakt pak opět poukazuje na rozdílné vlastnosti komplexu enzymů, uplatňujících se při fermentaci laktosy nebo laktulose.



Obr. 4. Vybrané parametry pro popis průběhu fermentace substrátu s přidáním laktosy a laktulose v poměru 1:1; osa y platí pro odečítání hodnot jak spotřeby sacharidů v substrátu (Δc), tak i koncentrace kyseliny mléčné (c), přičemž vlastní průběh těchto veličin je odlišen následovně: ————— průběh spotřeby sacharidů; ■ spotřeba laktosy v substrátu MRS + 5 hm.% laktosy; ● spotřeba laktulose v substrátu MRS + 5 hm.% laktulose; □ spotřeba laktosy v substrátu MRS + 5 hm.% laktosy a 5 hm.% laktulose; ○ spotřeba laktulose v substrátu MRS + 5 hm.% laktosy + 5 hm.% laktulose. - - - - - průběh produkce kyseliny mléčné; ■ v substrátu MRS + 5 hm.% laktosy; ● v substrátu MRS + 5 hm.% laktulose; × v substrátu MRS + 5 hm.% laktosy a 5 hm.% laktulose. Vynášené hodnoty jsou průměrem ze tří paralelních stanovení. Podmínky fermentace – viz obr. 1; stanovení sacharidů a kyseliny mléčné – viz obr. 2 a 3

Závěr

Prezentované výsledky, získané při fermentaci laktosy, laktulose a jejich směsí kmenem *Lactobacillus acidophilus* CCDM 92, lze shrnout následovně:

- různý průběh využívání sacharidů a tvorby kyseliny mléčné při fermentaci čisté laktosy a laktulose,
- preference fermentace dominantního sacharidu v substrátu, obsahujícího směs laktosy a laktulose v poměru 6:1, resp. 1:6,
- výrazné snížení spotřeby laktulose při fermentaci substrátu obsahujícího směs laktosy a laktulose v poměru 1:1 z důvodu inhibice zpětnou vazbou při kumulaci kyseliny mléčné v kultivačním médiu.

Tato zjištění pak podporují hypotézu vyslovenou Smart a spol.¹³, že při fermentaci těchto sacharidů námi použitým kmenem laktobacilů, není metabolismus laktulose spjat s metabolickou cestou využití laktosy.

Práce byly provedeny za podpory Ministerstva zemědělství České republiky, grant č. QF 4011 a Výzkumný záměr MZE 0002702201.

LITERATURA

1. Jílek L., Schreiber V.: *Přehled lékařské fyziologie*, Avicenum Praha 1976, 1. vydání českého překladu Ganong W. F.: *Review of Medical Physiology*, Lange Medical Publications, Los Altos 1973.
2. Dandene K., Guihard L. M., Nicolas S., Bariou B.: J. Chem. Biotechnol. 61, 37 (1994).
3. Geier H., Klostermeyer H.: *Milchwissenschaft* 38, 475 (1983).
4. Salminen S., Salminen E.: *Scand. J. Gastroenterol.* 32 Suppl 222, 45 (1997).
5. Sahota S. S., Bramley P. M., Menzies I. S.: J. Gen. Microbiol. 128, 319 (1982).
6. Ballonque J., Schumann C., Quignon P.: *Scand. J. Gastroenterol.* 32 Suppl 222, 41 (1997).
7. Tuohy K. M., Ziemer Ch. J., Klinder A., Knöbel Y., Pool-Zobel B. L., Gibson G. R.: *Microb. Ecol. Health Dis.* 14, 165 (2002).
8. O'Sullivan M. G.: *Bull. IDF* 313, 23 (1996).
9. Gibson G. R., Probert H. M., Van Loo J., Rastall R. A., Roberfroid M.: *Nutr. Res. Rev.* 17, 259 (2004).
10. Tamura Y., Mizota T., Shimamura S., Tomita M.: *Bull. IDF* 289, 43 (1993).
11. Schumann Ch.: *Eur. J. Nutr.* 41 Suppl 1, 17 (2002).
12. Axelsson L., v knize: *Lactic Acid Bacteria, Microbiological and Function Aspects* (Salminen S., Von Wright A., Ouwehand A., ed.), kap. 1. Marcel Dekker, New York 2004.
13. Smart J. B., Pillidge Ch. J., Garman J. H.: *J. Dairy Res.* 60, 557 (1993).

I. Boháčenko^a, J. Pinkrová^a, J. Peroutková^b, and M. Pechačová^b (^a*Food Research Institute Prague,* ^b*Milcom Dairy Research Institute, Prague*): **Fermentation of Lactose and Lactulose Mixtures with *Lactobacillus acidophilus* Strain**

The utilisation of lactose, lactulose and their mixtures in fermentation by the strain *Lactobacillus acidophilus* CCDM 92 was followed. Experiments were carried out in vitro under standard conditions (MRS agar, 1 vol.% of inoculum, cultivation for 16 h at 37 °C). In the course of fermentation, lactose, lactulose and lactic acid (HPLC), the count of bacteria (classic plate method) and pH were monitored in substrates. The present results demonstrated: (i) different courses of saccharide utilization and lactic acid production in the fermentation of substrates with addition of lactose or lactulose; (ii) the preference of predominant saccharide fermentation in substrates with lactose and lactulose mixtures (6:1 and 1:6); (iii) considerable reduction of lactulose consumption during the fermentation of substrate containing a lactose and lactulose mixture (1:1). The reason is the feed-back inhibition effect of lactic acid cumulated in the substrate. The findings support the hypothesis that under the test conditions, the lactulose metabolism is not linked to the known lactose utilization pathways.

VŠCHT Praha přijme do Centrálních laboratoří vědeckého pracovníka/ci

Požadavky:

- ukončené vysokoškolské vzdělání, nejlépe chemického nebo fyzikálního směru, popř. ukončená vědecká výchova,
- vhodné i pro postgraduální studenty.

Náplň práce:

- práce v laboroři hmotnostní spektrometrie, metoda LC-MS.

Nabízíme:

- příležitost k osobnímu rozvoji,
- špičkové technické vybavení,
- samostatnou práci na zajímavých a aktuálních tématech,
- možnost účasti na vědeckých konferencích,
- pracoviště v blízkosti metra,
- zaměstnanecké výhody (šest týdnů dovolené, pružnou pracovní dobu, příspěvek na stravování, rekreaci, penzijní připojištění, návštěvu kulturních zařízení).

Nástup: 1. 1. 2008

Kontakt: Ing. Ivan Viden, CSc., tel. 220 443 812, e-mail: ivan.viden@vscht.cz ,
Ing. Richard Hrabal, CSc., tel. 220 443 805, e-mail: richard.hrabal@vscht.cz