Novější poznatky o získávání kvasničných proteinů ze sulfitových výluhů

063.14.031.236:547.96

Ing. J. BARTA, Biotechnické oddělení Ústavu experimentální botaniky ČSAV

Do redakce došlo 15. 5. 1971

Získávání proteinových koncentrátů mikrobiosyntézou je zejména v posledním desetiletí v popředí celosvětového zájmu. Ve všech průmyslově vyspělých státech se věnují značné prostředky na výzkum a technický rozvoj v této oblasti. Příčinou této okolnosti je nepříznivý současný stav a zejména výhled v zajištění dostatečného množství hodnotných zdrojů bílkovin, a to nejen pro živočišnou produkci, ale i pro lidskou výživu.

Již řadu let konstatují organizace spojených národů, například FAO, že obyvatelstvo země vzroste z dnešních 3,6 miliard na 5 miliard v roce 1985 a na 6 miliard v roce 2000. Je zajímavé uvést, že v roce 1850, kdy obyvatel byla 1 miliarda, připadalo na jednoho obyvatele 11 akrů, v roce 1945 při dvou miliardách 5 akrů, v roce 1962 při třech miliardách 4 akry a v roce 2002, kdy se předpokládá 6 miliard obyvatel, budou to pouze dva akry orné půdy (1 akr = 40,47 arů). Podle zmíněné agentury, která vypracovala podrobný výhled spotřeby potravin na světě, bude nutno v nejbližší době zvýšit jejich produkci trojnásobně, avšak světová produkce proteinů musí být asi čtyřicetinásobná. Jednou z reálných možností, jak snížit deficit bílkovin, je cesta jejich mikrobiosyntézy, a to zejména za použití kvasnicovitých mikroorganismů. Zatímco dříve byla kvasničná biomasa, tzn. krmné kvasnice (fodder yeast) téměř výhradně používána jako přísada do krmivových směsí, rozšiřuje se dnes její použití na řadu dalších oblastí, zejména v potravinářském a farmaceutickém průmyslu.

Hlavní podmínkou pro široké využití kvasničné biomasy je ekonomika jejich získávání. Z tohoto důvodu je podmínkou levná výchozí surovina, optimální technologický postup a zařízení. Příkladem jedné z nevýhodnějších základních surovin jsou tzv.

„sulfitové výluhy“, odpadající při výrobě celulózy sulfitovým způsobem, který se u nás provádí výhradně ze smrkového dřeva. Podle Gustafssona (viz Hägglund 1952) má smrkové dřevo složení, které je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1. Složení suchého smrkového dřeva (*Picea excelsa*) podle Gustafssona

Celulóza	glukan	42,8
	manan	10,8
	xylan	5,5
	galaktan	3,9
Hemicelulóza	kyseliny uronové	1,9
Lignin		28,6
Látky rozpustné v éteru a alkoholu		1,5
Popel a bílkoviny		1,0
	Celkem	100,0%

Při výrobě celulózy tzv. sulfitovým způsobem se vaří smrkové štěpky za tlaku ve vodných roztocích, obsahujících bisulfitové, vodíkové a vápenaté ionty, přičemž ionty hořečnaté, sodné nebo amonné mohou nahradit vápník. Varný louh obsahuje kyselinu sírovou a rozpuštěný kyslíčník siřičitý. Dřevo se vaří za různých teplot (130 až 150 °C) a tlaků, po dobu 6 až 14 hodin, což je mimo jiné závislé na jakosti dřeva. Počáteční pH při vaření se pohybuje kolem 2,0 a v jeho průběhu poklesne na hodnotu

kolem 1,0, za vzniku skupin sulfonových kyselin. Při vaření dřeva vznikají sacharidy a řada dalších látek, které spolu s látkami ligninového charakteru přecházejí do roztoku — výluhu. Je samozřejmé, že pH, teplota a doba vaření mají vliv na kvalitu sacharidů. V tabulce 2 je uveden vliv teploty na kvalitu monosacharidů při klasickém vaření smrkového dřeva. Při moderních způsobech tzv. kontinuálního vaření se však obsah monosacharidů zvyšuje.

Tabulka 2. Obsah monosacharidů v sulfitovém výluhu při dvou různých způsobech vaření (podle Gustafssona)

Vaření		Výluh I.	Výluh II.
	Celkový SO ₂	5,1 %	5,2 %
	CaO	1,0 %	0,7 %
	Maximální teplota	125 °C	150 °C
	Celková doba vaření	9,7 h	10 h
Sulfitový výluh	Galaktóza	2 g	3 g
	Glukóza	1 g	5 g
	Manóza	13 g	18 g
	Arabinóza	1 g	1 g
	Xylóza	5 g	6 g

Kromě monosacharidů našli v sulfitovém výluhu někteří autoři (Roschier R. H. a Eskola K., 1955) i některé tetra-, tri- a disacharidy, které byly tvořeny jak z hexóz, tak pentóz. V sulfitovém výluhu byly též zjištěny polysacharidy, složené například z manózy a glukózy. Shaw A. C. (1956) determinoval pět frakcí polysacharidů, jejichž množství se pohybovalo od 3 do 7 % na celkovou sušinu výluhu. Ve všech příkladech byla manóza převažující složkou, přičemž glukóza, xylóza, galaktóza a jedna frakce rhamnózy byly izolovány v adici na manóze. Kromě sacharidů jsou ve výluzích přítomny kyselina octová a v malém množství kyselina mravenčí. Je možno počítat, že z 1 kg dřeva jich vznikne nejvýše 25 g. Z jiných látek je nutno se zmínit o přítomnosti transformovaných sacharidů, zejména aldonových kyselin (kys. xylonová, arabová, manová, glukonová a galaktonová), kterých bývá podle Samuelsona a kol. (1958) v sulfitovém výluhu přítomno 6,4 g/l. V sulfitovém výluhu jsou též přítomny sulfonované sacharidy ve formě kyselin, které lze velmi těžko oddělit od lignosulfonových kyselin. V průběhu kyselého vaření vzniká ve výluhu dále z pentóz furfural a z hexóz 5-hydroxymetylfurfural, jejichž množství se pohybuje od 0,02 až 0,08 %. Při výrobě celulózy z listnáčů, například buky se toto množství však zvyšuje. Převážná část necelulóзовých složek dřeva, které přecházejí do výluhu, jsou látky ligninového charakteru, které mohou být v budoucnosti velmi významnou surovinou pro řadu produktů, získávaných cestou fermentace. Problematika těchto látek je však

velmi široká, složitá a není možno se jí v této práci zabývat.

Jak již bylo řečeno, záleží složení sulfitového výluhu zcela na technologickém postupu výroby celulózy. Podle toho vzniká výluh s různými koncentracemi zkvasitelných sacharidů. Koncentrace výsledného substrátu je též silně závislá na způsobu a intenzitě vypírání buničiny, kdy vznikají tzv. prací vody. Tyto prací vody lze od matečného výluhu sice oddělit, ale z důvodu likvidace odpadních vod to není dobře možné.

Sulfitové výluhy ze smrkového dřeva se nejčastěji zpracovávají fermentací pouze na alkohol. Výhodnější je jejich využívání ve dvoustupňové fermentaci, kdy v prvním stupni se zkvašují hexózy na líh a po oddestilování lihu vzniklé výpalky, obsahující pentózy, se používají k mikrobiosyntéze bílkovin. Při tomto postupu se získává na jednu tunu absolutní sušiny organické hmoty ze sulfitového výluhu 80 kg lihu a 60 kg absolutní sušiny kvasničné biomasy. V některých závodech se však fermentací sacharidů a organických kyselin z výluhu získávají výhradně kvasničné bílkoviny a ideální by bylo, aby alespoň část ligninových látek s nižší molekulou bylo možno využít pro tento účel.

K mikrobiosyntéze proteinů se obvykle používají kvasinky rodu *Torulopsis* nebo *Candida*, které se v kontinuálním procesu fermentačním ustálí na určitou převládající technickou kulturu. Například v závodě Zarnesti v Rumunsku bylo kromě *Torulopsis utilis* zjištěno ještě pět jiných druhů kvasinek. Je tedy jednou z podmínek při zavádění nových účinnějších kultur do provozu nejen širší asimilační spektrum, ale stabilita kultury v mezidruhovém konkurenčním boji.

Vlastní práce

Při mikrobiálních izolacích z dřevné hmoty, nalezající se v různých stadiích rozkladu, byla kromě jiných mikroorganismů izolována řada kvasničných kultur. Nově získané kvasinky byly v laboratoři v kultivačních pokusech porovnávány s kmeny *Torulopsis utilis* a *Candida*, používanými v technologické praxi. Cílem pokusů bylo prověřit schopnosti nových kmenů z hlediska výtěžnosti biomasy ze sulfitových výluhů nebo výpalků. V těchto zkouškách se velmi dobře osvědčila kultura, determinovaná jako *Cryptococcus diffluens* ZACH. Z řady provedených taxonomických testů vyplynuly tyto poznatky:

Mikroskopický vzhled mikroorganismu po dvou- až čtyřdenní kultivaci na různých běžných živných médiích, ať agarových nebo tekutých (sladina, Bacto Yeast, Morphology agar-Difco) je velmi jednotný. Buňky jsou kulaté a ojedinele oválné, většinou jednotlivé nebo ve dvojicích. Pučení je unilaterální. Řetízky a shluky buněk se za normálních podmínek, právě tak jako pseudomycelium, nevyvíjejí. Velikost buněk kolísá od 3 do 9 μm a při kontinuální kultivaci na sulfitových výluzích nebo melasových prostředcích se ustálí na velikosti 5 až 6 μm . Kultura netvoří ani askospory ani blastospory.

Makroskopický vzhled kultury se vyznačuje na sladinném agaru bohatým nárůstem, který nabývá

po 4 až 7 dnech slizovitého charakteru, tvoří rozplývavou masu. Kolonie jsou krémové až světle žluté, mukosní konsistence. Na agaru ze sulfitových výluhů a na acetátovém agaru jsou kolonie hladké, lesklé a nerozplývají se. Na tekutých médiích se tvoří lehce roztřepatelný sediment a slabý prstenec. Blanka nebo křís při hladině se nevytváří. Kultura za specifických podmínek, zejména na sladinných nebo melasových médiích vykazuje pozitivní reakci na přítomnost škrobnatých látek, přítomných pouze v koloniích mikroorganismu a nepřecházejících do substrátu. Na běžných tekutých médiích tvorba škrobovitých látek nebyla pozorována. Tato vlastnost umožňuje dobré rozpoznání kultury při stanovení jejího zastoupení v provozních podmínkách, kdy ji lze dobře rozlišit od rodu *Torulopsis*, *Candida*, *Kloeckera* nebo *Saccharomyces*. Kultura se velmi dobře vyvíjí na minerálních půdách s přidávkou vitamínů na glukóze, maltóze, sacharóze, galaktóze, xylóze, dobře na laktóze a hůře na arabinóze. Současná tvorba etanolu za vývoje CO₂ nebyla zjištěna. Na-malonan a jantaran je dobře asimilován. Asimilace etanolu je negativní. Asimilace dusíkatých zdrojů je velmi široká (sírany amonné, dusičnan amonný i draselný, močovina, pepton atd.). Arbutin je štěpen slabě. Mikroorganismus je vybaven přísně oxidativním systémem. Podle provedených taxonomických zkoušek je možno podle J. Loddera a Kreger van Rijové (1952) kulturu taxonomicky zařadit do čeledi

Cryptococcaceae rodu *Cryptococcus* a druhu *Cryptococcus diffluens* (Zach) LOD. et KREG van RIJ.

Kultura *Cryptococcus diffluens* byla v laboratorních až čtvrtprovozních pokusech srovnávána s provozními kmeny kvasinek *Torulopsis utilis*. Srovnání bylo prováděno jak na prostředích ze sulfitových výpalků, tak na prostředích melasových. Výsledky batch pokusů jsou uvedeny v tabulce 3.

Jak vyplývá z tabulky 3 je možno novou kulturou *Cryptococcus diffluens* dosáhnout proti až dosud používaným kulturám kvasinek podstatně vyššího využití uhlíkatých látek ze sulfitového výluhu — výpalků. O tom svědčí též další nárůst biomasy *Cryptococcus* na sulfitových výpalcích po kultivaci kmeny *Torulopsis*. Příčinou toho je fermentace sacharidosulfonových sloučenin, ekonomičtější zabudování některých sacharidů do biomasy, zjištěné již při taxonomických zkouškách a pravděpodobně i využití některých aldonových kyselin.

Orientačními pokusy se sulfitovým výluhem zcela odlišného charakteru [závod Waldhof—Mannheim], získávaného vařením bukového dřeva bylo též kulturou *Cryptococcus* dosaženo proti *Torule* vyšších výtěžků biomasy. Nová kultura byla též Richterou (1968) testována a srovnávána na melasových živných prostředích a i v tomto případě bylo prokázáno vyšší využití suroviny. Výsledky batch pokusů, provedených za stejných kultivačních podmínek, jsou uvedeny v tabulce 4.

Protože u nového druhu kvasinky byl zjištěn vhodný obsah proteinu i esenciálních aminokyselin a protože i technologické vlastnosti kultury z hlediska generační doby a velikosti buněk (obr. 1)

Tabulka 3. Laboratorní srovnávací pokusy s různými kmeny kvasinek na sulfitových výpalcích

Zkoušený kmen	Použitý substrát	Doba fermentace [hod.]	Redukující látky		Kvasničná sušina* [g/l]
			počátek	konec	
<i>Torulopsis utilis</i> kmen 136	Sulfitové výpalky Větrní	27	1,50	0,42	6,8
<i>Torulopsis utilis</i> kmen 136	Sulfitové výpalky Větrní	35	1,50	0,48	6,1
<i>Candida arborea</i>	Sulfitové výpalky Větrní	28	1,50	0,45	6,2
<i>Torulopsis utilis</i> + <i>Candida arborea</i> , provozní kultura	Sulfitové výpalky Větrní	35	1,50	0,41	7,8
<i>Crypt. diffluens</i>	Sulfitové výpalky Větrní	35	1,50	0,33	11,2
<i>Crypt. diffluens</i>	Sulfitové výpalky Větrní	24	1,50	0,42	10,1
<i>Crypt. diffluens</i>	Sulfitové výpalky Ružomberok	24	0,95	0,35	8,5
<i>Crypt. diffluens</i>	Odstřed. po torule z pok. č.1	24	0,42	0,33	4,1

* J Rozumí se čistý výtěžek po odečtení násadních kvasinek

byly výhodné, byla prověřena v praxi. Přesto, že byla kultura prověřována v závodě, kde zařízení nebylo ke zkouškám vhodné, dosáhlo se v dlouhodobém — šestiměsíčním období vyšší výtěžnosti a tím se zvýšila i výroba o 15 %.

Protože je z literatury známo, že jeden ze zástupců rodu *Cryptococcus* (*Cryptococcus neoformans*) může být patogenní, provedla skupina lékařů otolaryngologické laboratoře ČSAV po půlročním provozu s novou kvasinkou zdravotní vyšetření všech pracovníků. Vyšetřením nebyly zjištěny ani nejmenší zdravotní závady. Nový typ kvasinky byl prověřen jak v suchém, tak i ve vitálním stavu na patogenitu vůči domácím zvířatům. Tyto pokusy byly provedeny Státním veterinárním ústavem v Českém Brodě na koních, kteří jsou na kvasinkovitá onemocnění nejcitlivější. Výsledky zkoušek byly příznivé a neprojevil se žádné známky patogenity jak u sušeného výrobku, tak i u vitálních kvasinek.

Ověření nutriční hodnoty in vivo provedl v široce založených pokusech Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Praze. Pokusy byly provedeny na kuřatech a prasatech a bylo zjištěno, že se nová kvasinka z hlediska nutriční hodnoty neliší od dříve používaných kvasinek.

Tabulka 4. Srovnávací kultivační pokusy s různými typy kvasinek na melasovém prostředí
Podmínky kultivace: pH 5,0 ($\pm 0,5$), teplota 30 °C ($\pm 0,1$ °C), otáčky míchadla 600 ot/min, vzdušnění 150 %

<i>Cryptococcus diffluens</i> 17—2—4			<i>Torulopsis utilis</i> (136)			<i>Saccharomyces cerevisiae</i> kmen <i>Seegrams</i> Sc-89			Druh analýzy
Doba fermentace v hodinách									
0	24	48	0	24	48	0	24	48	
4,1	0,93	0,11	4,34	0,32	0,18	4,02	0,25	0,15	Redukující látky g/100 ml
69	49	5,5	68	—	4	67	—	29	Amoniakální dusík mg N/100 ml
5,0	4,7	5,1	5,1	3,9	4,6	4,9	—	4,5	pH
0,72	—	23,96	0,44	—	17,1	0,58	—	14,1	Kvasničná sušina [g/l]
33	—	11	35	—	8,6	—	—	—	Fosfor mg/100 ml
59			38,5			33,9			Výtěžnost sušiny bio- masy na celkové red. látky [%]
59			40,0			34,0			Výtěžnost sušiny bio- masy na utilizované red. látky [%]

Obr. 1.

a) *Torulopsis utilis* (kmen 136)
(barveno Burriho metodou, zvětšeno 1000krát).

b) *Cryptococcus diffluens*
(barveno Burriho metodou, zvětšeno 1000krát).

Aby byly zjištěny i některé nejvhodnější kultivační podmínky, vedoucí ke zvyšování produkce a tím ke snížení výrobních nákladů, byla provedena v tomto směru řada šetření. Jedním z nejdůležitějších technologických prvků výroby kvasničných proteinů, jehož řešení není dosud jednoznačně rozhodnuto, je otázka nejvhodnějšího fermentoru. Ve většině zahraničních závodů i u nás se používají fermentory, jejichž vzdušnění je založeno na systému mamut-čerpadel (Scholler-Seidl, Rieche, Attisholz) a způsobu podle Lefrancoise. V závodech jsou zpracovávány sulfitové výpalky a prací vody, kde obsah redukujících látek nepřevyšuje 1,5 %, což potom odpovídá zhruba koncentraci 7 g kvasničné sušiny v jednom litru, a proto vzdušnické systémy jsou dostačující. Pro případ, kdy má být zpracováván sulfitový výluh přímo a kdy jeho koncentrace se pohybuje od 12 až 15 % sušiny a obsah redukujících látek od 3,3—4,0 %, uvedené větrací systémy nejsou již plně vyhovující. Bylo by tedy nutno v tomto případě buď instalovat účinnější fermentory, nebo fermentační prostory neúměrně zvětšit a výluh ředit. Je pochopitelné, že cesta zařazení maximálně účinného moderního fermentoru je nejprogresivnější, a proto nejvhodnější. Proto byly práce zaměřeny na vyhledání nových moderních fermentorů s účinným větracím systémem, které by umožňovaly zpracovávat koncentrovaný sulfitový výluh a které by se vyznačovaly větší produkcí biomasy za časovou jednotku. Za takových okolností by bylo možno potom v technické realizaci podstatně zmenšit fermentační prostor, což by znamenalo snížení investičních nákladů. Také provozní náklady by bylo možno úsporou pracovních sil snížit. Také automatizaci fermentoru je možno dosáhnout úspory pracovních sil, ale důležitější je možnost vyloučení subjektivního faktoru a záruka

optimálních podmínek pro fermentační proces, což se projeví vyšší výtěžností a vyšší produkcí. Souhrnem takových opatření lze značně snížit výrobní náklady, které se však mohou plně projevit pouze v nově projektované výrobě.

Obr. 2. Fermentor Chemap

Za špičkové fermentační zařízení se považují fermentory Vogelbusch (Rakousko) a Chemap (Švýcarsko) (obr. 2), vyznačující se vysokým přestupem kyslíku do kapaliny a velkou výkonností. Poněvadž tyto fermentory se dosud nikde nepoužívají ke zpracování sulfitových výluhů, zapůjčily nám obě firmy pokusné jednotky s brutto obsahem 2000 a 1400 l k vyzkoušení této suroviny. Zkouškami se potvrdila oběma firmami zaručovaná hodinová výkonnost fermentoru z 1 m³ brutto kvasného prostoru, vyjádřená v kg sušiny biomasy:

Vogelbusch — 1,5—1,75, což odpovídá 300—350 kg kvasničné sušiny (200 m³ při hodinové produkci)
Chemap — 2,0—2,25, což odpovídá 400—450 kg kvasničné sušiny (200 m³ při hodinové produkci).

Při zkouškách byla potvrzena spolehlivost obou systémů. Větší výkonnost fermentoru Chemap je ovlivněna možností většího plnění. Tento fermentor je opatřen účinným zařízením na mechanické odpěňování, takže lze pracovat i bez použití odpěňovacích prostředků. Fermentor typu Chemap umožňuje pracovat s plněním maximálně na 50 % (oproti třicetiprocentnímu plnění u fermentoru Vogelbusch). Úspora fermentačního prostoru a tím i investic při uvedených výkonech proti u nás používaným fermentorům s výkonem 100 až 150 kg sušiny biomasy (200 m³ za hodinu), je zřejmá. Další velkou výhodou, která byla při zkouškách zjištěna je, že při dobrých aeračních podmínkách byla kultura stále v dobrém fyziologickém stavu, takže se vůbec netvořily pseudomycelární a keříčkovité formy a nebyly též žádné potíže s kontaminací.

Určitou výhodou obou fermentorů je také, že vhlášený vzduch nemusí překonávat hydrostatický tlak, takže pro dodávku vzduchu zcela postačí běžná turbodmychadla s přetlakem 0,6 at.

V pokusech byly též uskutečněny některé změny, a to především v přípravě a přiživování výluhu. Na-

místo dosud používaného vápenného mléka k neutralizaci sulfitového výluhu byl používán amoniak, odpadní louh sodný a jejich směs. Použití uvedených neutralizačních činidel má velké provozní výhody, neboť odstraňuje obtížnou manipulaci, spojenou s přípravou vápenného mléka, omezuje počet zásobních nádrží a odstraňuje obtíže s odstraňováním a likvidací vápenného kalu, vzniklého v neutralizačním zařízení. Hlavní výhodou je však umožnění kontinuální přípravy sulfitového výluhu. K živění dusíkatými a fosforečnými zdroji byly v pokusech používány výhradně amoniak a kyselina fosforečná.

Při výhradní neutralizaci amoniakem bylo zjištěno, že se částečně uvolňuje aldehydicky vázaný SO₂ v závislosti na pH a reakční době. Může nastat až čtyřnásobné zvýšení SO₂, což působí nepříznivě na kultury kvasničných organismů. Z toho důvodu je nutno výluh neutralizovat již před vyvažováním SO₂. Při takové neutralizaci se zvyšuje množství regenerované síry pro výrobu. Není-li možno neutralizovat před vyvažovací kolonou, je nutno vést fermentační proces při nižším pH a neutralizovat přímo ve fermentoru. Výhodu používání tekutých živin a zvláště fosforu jako kyseliny fosforečné, kdy nastávají ztráty jako při aplikaci diamonfosfátu, není třeba zdůrazňovat. Pro udržení optimálních podmínek fermentace má význam kromě vhodně sestaveného živného výluhu pro případ sulfitového výluhu pouze regulace pH, teploty a plnění fermentoru. Kultury kvasinek jsou schopny se přizpůsobit určitým mezním podmínkám, ve kterých se nacházejí a dobře snášejí rozsah pH od 4 do 6,0. Některé druhy jsou však citlivé na kolísání pH o víc než 0,2. Při určité, stále udržované hodnotě, adaptují kvasinky své biologické procesy, zatímco kolísání pH tuto adaptaci porušuje. To se potom projevuje na kolísání generační doby a tím i produkce fermentoru. Podobně je tomu i u teploty, která nemá kolísat v rozmezí 2 °C. Také spolehlivé dodržování zředovací rychlosti je velmi důležité a je ovlivňováno nejen funkcí přítokového, ale i výtokového čerpadla. Z uvedených vývodů vyplývá, že optimální chod fermentace může být zaručen pouze automatickou regulací.

Souhrn

Ve vztahu k mikrobiálnímu využití se popisuje složení sulfitových výluhů z hlediska novějších poznatků. Byla provedena řada mikrobiálních izolací z přírodního materiálu a izolovány kvasinky, vhodné pro fermentaci sulfitových výluhů a výpalků. Nejlépe se osvědčila kultura, která byla determinována jako *Cryptococcus diffluens*, která měla vyšší asimilační spektrum organické hmoty, obsažené ve výluhu, než dosud používané rasy kvasinek rodu *Torulopsis* nebo *Candida*. V poloprovozních pokusech byly prověřovány moderní typy fermentorů Vogelbusch a Chemap, které byly schopny produkce z 1 m³ brutto obsahu 1,75—2,25 kg kvasničné sušiny za jednu hodinu, proti u nás a jinde v zahraničí dosahované produkci 0,5 až 0,75 kg/h. Velmi dobré dosažené výsledky s použitím nových typů fermentorů byly ovlivněny účinným větracím systémem, způsobem likvidace pěny a vhodnou automatizací.

Literatura

BARTA, J.: Fermentace sulfitových výluhů a výpalků kvasinkou *Cryptococcus diffluens*. Záv. zpráva CSAV, 1969
FORSS, K.: The composition of a spent spruce sulfite liquor.. Åbo Academi, 1961
GUSTAFSSON, CH.: Paperi ja Puu. Papper och trä **38 a**, 1956, 383

HÄGGLUND, E.: Chemistry of wood p 356. Acad. Press N. York, 1951
LODDER, J.: The Yeast. North. Holland. Publ. Corp. Amsterdam, London, 1952
ROSCHIER, R. H., ESKOLA, K.: Paperi ja Puu. Paper och Trä **37**, 1955, 399
SAMUELSON, O. a kol.: Svensk. Papper. **61**, 1958, 1043
SHAW, A. C.: Pulp. Papper Mag. Can. **57**, 1956, 1, 95

Lektoroval Ing. K. Hauser, CSc.