

# Velkoprodukční fermentory CHEPOS-ZVÚ 800 m<sup>3</sup> pro výrobu krmných bílkovin ze sulfitových výluhů

663.132 663.1

Ing. PAVEL SEICHTER, CSc., Ing. LUBOŠ PEŠL, Ing. VLADIMÍR SLÁMA, Ing. JAN KVASNIČKA, CSc., Výzkumný ústav chemických zařízení, Brno

Ing. JAROSLAV JAROMĚŘSKÝ, Závody Vítězného února, Hradec Králové

**Klíčová slova:** fermentor, sulfitové výluhy, krmné bílkoviny, výroba, strojní zařízení

## 1. ÚVOD

Na ověřovací jednotce s fermentorem 200 m<sup>3</sup> v Seliko Kojetín byla v provozní velikosti odzkoušena koncepce rychloběžného systému míchadel Výzkumného ústavu chemických zařízení (VÚCHZ) Brno. Získané provozní parametry zařízení, pracujícího na technologii výroby krmných bílkovin ze syntetického ethanolu, byly popsány v nedávno publikovaných pracích [1, 2].

Návrh tří fermentorů o jmenovitém objemu 800 m<sup>3</sup> pro výrobu krmných bílkovin z Mg-bisulfitových výluhů v Severomoravských celulózkách (SMC) Paskov (technologie Mikrobiologický ústav (MBÚ) ČSAV Praha vycházel z dlouhodobého experimentálního výzkumu prováděného pracovníky VÚCHZ Brno ve 4 velikostech zařízení [1, 3–7]. Vývoj a výroba těchto fermentorů s přímým náhonem míchadel ze dna nádoby byla provedena v Závodech Vítězného února (ZVÚ) Hradec Králové. Tyto aparáty byly smontovány v SMC Paskov v roce 1984.

Zkušební provoz linky na výrobu krmných bílkovin byl zahájen ještě v roce 1984 a na počátku roku 1985

byly všechny velkoobjemové fermentory uvedeny do provozu. V průběhu zkušební provozu byly odzkoušeny funkce pomocných okruhů fermentorů, provedeny kalibrace systémů měření a regulace a seřizeny regulační okruhy. Zkušební provoz zařízení ukázal nutnost některých dílčích úprav a odzkoušení několika variant řešení důležitých okruhů fermentoru. Zde lze jmenovat úpravy systému dávkování odpěňovacího oleje a rozvodu substrátu (přizivený sulfitový výluh), odzkoušení několika variant míchadel, vestaveb apod.

V tomto příspěvku jsou shrnuty získané poznatky z provozních zkoušek těchto fermentorů, jejich strojní i procesně-technologické parametry. Dosažené hodnoty se ověřovaly za účasti pracovníků všech zainteresovaných pracovišť: ZVÚ Hradec Králové, VÚCHZ Brno, MBÚ ČSAV Praha i SMC Paskov při výkonové zkoušce fermentorů i garančních zkouškách celé linky na výrobu krmných bílkovin.

Proces výroby i vyšlechtěný kmen kvasinek *Candida utilis* pro Mg-bisulfitové výluhy byl připraven a zpracován v Mikrobiologickém ústavu ČSAV Praha.



## 2. POPIS ZAŘÍZENÍ

Tři fermentory 800 m<sup>3</sup> SMC Paskov označené A, B, C jsou součástí uzlu fermentace linky na výrobu krmných bílkovin z těchto základních částí:

- fermentační nádoba, opatřená 3 rychloběžnými pohony,
- 4 chladicí okruhy s odstředivými čerpadly a externími deskovými výměníky,
- systém měření a regulace,
- potrubní rozvody přívodu a odtahu výluhů, přívodu vzduchu apod.

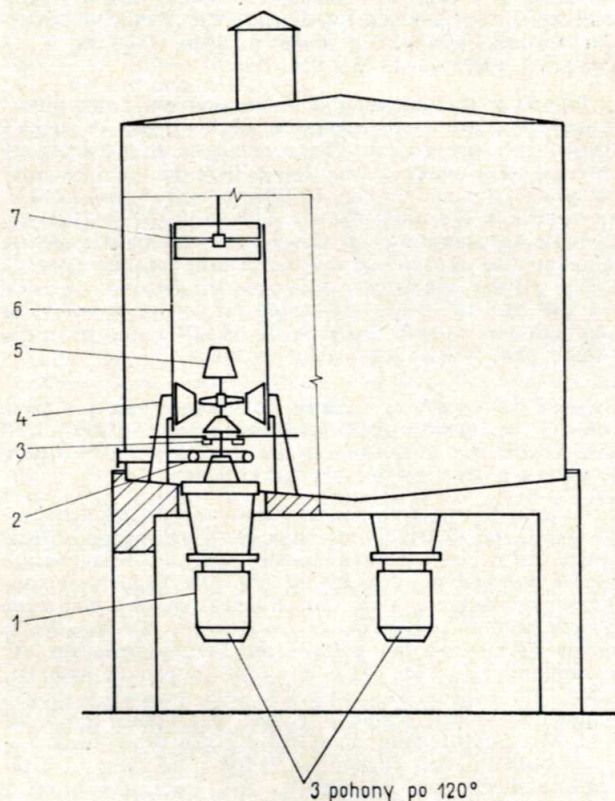
Fermentační nádoba (schéma obr. 1) je válcovitá nádoba o průměru 10 m, výšce 9,5 m a celkovém objemu asi 740 m<sup>3</sup>. Dno nádoby je mírně kuželovité stejně jako víko nádoby. Veškerý materiál nádoby, vestaveb, míchacího ústrojí i potrubí je z nerezavějící oceli 17 348. Tři míchací jednotky o příkonu motoru 200 kW jsou umístěny ve dnu nádoby. Každá je vybavena 3 míchadly nad sebou, distributorem vzduchu, cirkulačním válcem a dalšími vestavbami, tak, jak již byly popsány v citované práci [1]. Frekvence otáčení míchadel byly u všech jednotek 980 min<sup>-1</sup>.

Oproti fermentoru 200 m<sup>3</sup> [1] měly míchací jednotky a jejich vestavby některé parametry pozměněny:

průměr cirkulačního válce	1 800 mm
průměr radiálního míchadla	630 mm
průměr axiálního míchadla	650 mm
průměr tangenciálního míchadla	400 a 500 mm
průměr distributoru	950 mm
výška nepohyblivé hrany cirkulačního válce nade dnem	6 250 mm

plnění fermentoru kapalnou fází 2 900—3 100 mm  
Ostatní parametry míchacích jednotek a příslušenství fermentoru byly zachovány.

Každý fermentor byl vybaven hlavním odtahem záparý samospádem i nuceným odtahem záparý pro občasné použití při snížení rozdílu hřadin ve fermentorech a v uklidňovací nádrži, do které natéká fermentační zápara z fermentorů.



Obr. 1. Schéma fermentoru 800 m<sup>3</sup>

1 — pohonná jednotka, 2 — distributor vzduchu, 3 — radiální míchadlo, 4 — axiální míchadlo, 5 — tangenciální míchadlo, 6 — cirkulační válec, 7 — pohyblivý nástavec cirkulačního válce

Odvod kultivačního tepla a ve fermentoru disipované energie byly realizovány 4 deskovými chladiči o ploše 150 m<sup>2</sup> u každého fermentoru. Tento systém chlazení byl rovněž odzkoušen u fermentoru 200 m<sup>3</sup> v Seliho Kojetín [2].

## 3. HODNOCENÍ FERMENTORŮ

Pro hodnocení funkce fermentorů se uvažovalo několik základních ukazatelů pro stanovení ekonomie provozu zařízení:

a) **Stanovení produkce fermentorů** se provádělo na základě měření absolutní sušiny biomasy ve fermentoru a měřením nátoky sulfátového výluhu do fermentoru. Takto stanovené hodnoty byly na základě porovnání s měřením produkce celé linky (součin nátoky kvasničného mléka a koncentrace sušiny biomasy v něm a přičtením ztrát na separaci) zvýšeny o 2,35 %.

b) **Stanovení měrné spotřeby energie souboru fermentace** vycházelo z celkového odečtu spotřeby elektrické energie výroby krmných bílkovin v rozvodně. Od této hodnoty byla odečtena spotřeba 0,275 kWh na kg a. s., odpovídající spotřebě energie provozních souborů separace, odparky a sušárny. Udaňovaná hodnota tedy obsahuje i spotřebiče energie umístěné mimo fermentor. Měrná spotřeba představuje podíl spotřeby energie souboru fermentace dělený produkcí fermentorů.

c) **Měrná spotřeba odpěňovacího oleje (STRUCTOL J 633)** se stanovila měřením celkové spotřeby odpěňovacího oleje v zásobníku za dobu zkoušky a z produkce fermentorů.

Jako doplňující ukazatele činnosti fermentorů 800 m<sup>3</sup> Paskov koncepce VÚCHZ Brno, realizované CHEPOS-ZVÚ Hradec Králové, byly dále vyhodnocovány:

d) **molární přenos kyslíku** (mol . m<sup>-3</sup> . h<sup>-1</sup>) z bilance kyslíku podle analýzy výdechových plynů,

e) **měrná produkce sušiny biomasy** (kg . m<sup>-3</sup> . h<sup>-1</sup>) z produkce ad a) dělené objemem kapalnou fáze  $V_0 = 230 \text{ m}^3$ ,

f) **měrná spotřeba kyslíku** (kg O<sub>2</sub> . kg<sup>-1</sup>) z přepočteného podílu údajů ad d) a ad e),

g) **relativní zádrž vzduchu ve fermentační zápare** (%) jako podíl plyné fáze v celkovém objemu záparý,

h) **objemový součinitel přenosu hmoty** (s<sup>-1</sup>) podle vztahu odvozeného v práci [5].

Dále se sledovaly další technologické údaje, související s funkcí fermentoru, které se vyhodnocovaly v laboratoři SMC Paskov.

## 4. VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUSE

V průběhu zkušebního provozu fermentorů proběhla řada měření, při kterých se vyhodnocovaly parametry fermentoru a porovnávaly s procesními hodnotami fermentace. V závěru tohoto období byly provedeny dvě zkoušky za účasti pracovníků všech zainteresovaných pracovišť: SMC Paskov, ZVÚ Hradec Králové, VÚCHZ Brno a MBÚ ČSAV Praha. Shrnutí výsledků těchto zkoušek, naměřené laboratorní, procesní a strojní parametry, dále vyhodnocené střední hodnoty provozu fermentorů 800 m<sup>3</sup> v SMC Paskov jsou shrnuty v tabulce 1.

První zkouška v délce 42 hodin probíhala se sulfátovým výluhem, který měl nižší obsah redukcijících látek na vstupu do fermentoru (30,14 kg . m<sup>-3</sup>) a s vyšším nátokem výluhu (75 m<sup>3</sup> . h<sup>-1</sup>). Při této zkoušce se dosáhlo vyšších molárních přenosů kyslíku i hodnot  $k_{1a}$ ; produkce i měrné produkce jednotlivých fermentorů se výrazně nelišily. Vstupní hodnota obsahu redukcijících látek však byla u této zkoušky nižší. Stupeň prokvašení se tedy, se zvýšením obsahu těchto látek ve výluhu, snížil. Vysvětlení zvýšení měrné spotřeby kyslíku, asi 0,89 kg O<sub>2</sub> na kg a. s. u první zkoušky oproti hodnotě asi 0,82 kg O<sub>2</sub> na kg a. s., u druhé zkoušky lze snad vidět ve zvýšení obsahu N-látek v produktu. Ostatní parametry se v podstatě u obou zkoušek výrazně nelišily. U obou zkoušek byla koncentrace volného SO<sub>2</sub> v sulfátovém výluhu v přijatelných mezích (asi 0,36 kg . m<sup>-3</sup>), relativní zádrž vzduchu ve fermentační zápare byla rovněž 54 %.

V porovnání se zkouškami fermentoru 200 m<sup>3</sup> v Seliho Kojetín [1] jsou hodnoty přenosu kyslíku u fermentorů 800 m<sup>3</sup> Paskov podstatně nižší, přestože měrná



Tabulka 1. Výsledky zkoušek fermentorů 800 m<sup>3</sup> v SMC Paskov

Parametr	Jednotka	1. zkouška (výkonová zkouška)			2. zkouška (garanční zkouška)		
		Fermentor			Fermentor		
		A	B	C	A	B	C
Vstup. koncentrace RL	kg.m <sup>-3</sup>	30,14	30,14	30,14	35,17	35,17	35,17
Nátok výluhu	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	75	75	75	70,1	70,3	70,3
Průtok vzduchu	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	9090	8860	8870	9350	9200	9310
Molární přenos kyslíku	mol.m <sup>-3</sup> .h <sup>-1</sup>	128	116	126	111	118	116
Produkce biomasy (a. s.)	kg.h <sup>-1</sup>	1039	992	1024	991	1024	1065
Měrná produkce (a. s.)	kg.m <sup>-3</sup> .h <sup>-1</sup>	4,52	4,31	4,45	4,31	4,50	4,63
Měrná spotřeba kyslíku	kg O <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,91	0,86	0,90	0,82	0,84	0,80
Výstupní koncentrace RL	kg.m <sup>-3</sup>	7,59	6,98	7,91	12,06	11,34	11,15
Měrná spotřeba energie	kWh.kg <sup>-1</sup> (a. s.)	stř. 0,857			stř. 0,865		
Měrná spotřeba odpeň. oleje	kg.t <sup>-1</sup>	stř. 15,2			stř. 14,6		
obj. souč. přenosu kyslíku	s <sup>-1</sup>	0,167—0,188			0,151—0,172		
Obsah N-látek v produktu	%	stř. 55,4			stř. 51,9		
Zřeňovací rychlost	h <sup>-1</sup>	0,326			0,305		

spotřeba energie v Paskově (3,8 kW.m<sup>-3</sup>) byla vyšší než v Kojetíně (3,3 kW.m<sup>-3</sup>). Tento fakt je v plné shodě s výsledky fermentačních zkoušek prováděných na modelovém fermentoru o objemu 0,05 m<sup>3</sup>, VÚCHZ Brno [5].

V uvedené práci [5] bylo prokázáno, že hodnoty  $k_L a$ , naměřené v sulfitových výluhách, jsou významně nižší než v ethanolové zápaře.

Porovnání spotřeby odpeňovacího oleje u obou odlišných technologií:

F 200 m<sup>3</sup>, ethanolový substrát — asi 8,6 kg oleje KONTRAMIN na t a. s.

F 800 m<sup>3</sup>, sulfitový výluh — asi 15 kg oleje STRUCTOL na t a. s.

je pouze orientační. Tato měrná spotřeba závisí především na druhu fermentačního média a dále na samotném typu odpeňovače.

Výsledky zkoušek prokázaly, že koncepce více míchacích jednotek s přímým náhonem míchadel v jednom fermentoru plně vyhovuje požadovaným podmínkám pro výrobu krmných bílkovin ze sulfitových výluhů v SMC Paskov. Dosažené hodnoty produkce, měrných spotřeb energie i schopnosti udržovat dlouhodobě kultivaci kvasinek *Candida utilis* bez významných změn metabolismu, morfologie buněk apod. i při kolísání kvality vstupních surovin (zejména obsahu redukujících látek) jsou určujícím momentem pro dosažení plánované kapacity a ekonomiky linky na výrobu krmných bílkovin v SMC Paskov — 24 000 t za rok.

Autoři vyslovují svůj dík Ing. Naděždě Vavříkové, technologce provozu výroby krmných bílkovin v SMC Paskov, za obětavou spolupráci.

#### Literatura

- [1] SEICHTER, P., PEŠL, L., SLÁMA, V., VÍTEK, O., MAZOCH, J.: Kvas. prům. 32, 1986, s. 209.
- [2] SEICHTER, P., VÍTEK, O., VAŠÁK, P., PĚNČÍK, K., PEŠL, L.: Kvas. prům. 33, 1987, s. 79.
- [3] SEICHTER, P., MAZÁČEK, J., VRÁNEK, M., SLÁMA, V., PEŠL, L.: Přednáška konference CHISA, Karlovy Vary, listopad 1986.
- [4] SEICHTER, P.: Collect. Czech. Chem. Commun. (v tisku).
- [5] SEICHTER, P.: Collect. Czech. Chem. Commun. (v tisku).
- [6] SEICHTER, P., PEŠL, L., VRÁNEK, M.: „A Contribution to the Fermenters Scale-up“, Pos'er of the 4th Europ. Congress on Biotechnology, Amsterdam, June 1987.
- [7] KVASNÍČKA, J.: Chem. prům. 33/38, 1983, s. 350.

Lektoroval Ing. L. Chládek, CSc.

Seichter, P. - Pešl, L. - Sláma, V. - Kvasnička, J. - Jaroměřský, J.: Velkoproduční fermentory CHEPOS-ZVÚ 800 m<sup>3</sup> pro výrobu krmných bílkovin ze sulfitových výluhů. Kvas. prům. 33, 1987, č. 11, s. 332—334.

V příspěvku jsou shrnuty získané poznatky z provozních zkoušek fermentorů 800 m<sup>3</sup>, jejich strojní i procesně-technologické parametry. Výsledky zkoušek prokázaly, že koncepce více míchacích jednotek s přímým náhonem míchadel v jednom fermentoru plně vyhovuje požadovaným podmínkám pro výrobu krmných bílkovin ze sulfitových výluhů v SMC Paskov. Dosažené hodnoty produkce, měrných spotřeb energie i schopnosti udržovat dlouhodobě kultivaci kvasinek *Candida utilis* bez významných změn metabolismu, morfologie buněk apod. i při kolísání kvality vstupních surovin (zejména obsahu redukujících látek) jsou určujícím momentem pro dosažení plánované kapacity a ekonomiky linky na výrobu krmných bílkovin v SMC Paskov — 24 000 t za rok.

Seichter, P. - Pešl, L. - Sláma, V. - Kvasnička, J. - Jaroměřský, J.: Крупнопроизводительные ферментеры ХЕПОС-ЗВУ 800 м<sup>3</sup> для производства кормовых белков из сульфитных шелков. Квас. прум. 33, 1987, № 11, стр. 332—334.

V статье подводятся приобретенные сведения из эксплуатационных испытаний ферменторов 800 м<sup>3</sup>, их машинные и процессно-технологические параметры. Результаты испытаний доказали, что концепция большого количества перемешивающих устройств с прямым приводом мешалки в одном ферменторе вполне удовлетворяет требуемые условия для производства кормовых дрожжей из сульфитных шелков в SMC Пасков. Достигнутые величины продукции, удельного потребления энергии и способности к долговременной поддержке культивирования дрожжей *Candida utilis* без значительных изменений метаболизма, морфологии клеток и т.п. и при колебании качества входного сырья (особенно содержания восстанавливающих веществ) являются определяющим моментом для достижения планированной производительности и экономики линии для производства кормовых белков в SMC Пасков — 24 000 т в год.

Seichter, P. - Pešl, L. - Sláma, V. - Kvasnička, J. - Jaroměřský, J.: Large-Scale Fermenters CHEPOS-ZVU 800 m<sup>3</sup> for Protein Production from Sulphite Liquors. Kvas. prům. 33, 1987, No. 11, pp. 332—334.

Technical and technological parameters from operational experiments of fermenters 800 m<sup>3</sup> are described. The results proved that the conception of more mixing devices with direct drive of impellers in the fermenter is suitable for conditions of SCP production from sulphite liquors in the plant Paskov. The values of production, specific consumptions of energy as well as the ability to keep the continuous culture of the yeasts *Candida utilis* without significant changes in metabolism, cell morphology etc. are a guarantee for an achievement of the planned annual capacity of 24 000 t and economy of this production in the plant Paskov.

Seichter, P. - Pešl, L. - Sláma, V. - Kvasnička, J. - Jaroměřský, J.: Großproduktionsfermentoren CHEPOS-ZVÚ 800 m<sup>3</sup> für die Futterhefe-Erzeugung aus Sulfitäugen. Kvas. prům. 33, 1987, Nr. 11, S. 332—334.

In dem Beitrag werden die Erfahrungen und Erkenntnisse aus den Betriebsversuchen der Fermentoren 800 m<sup>3</sup> sowie ihre maschinentechnische und prozesstechnologische Parameter zusammengefasst. Die Ergebnisse der Versuche zeigten, daß die Konzeption der mehreren Mischeinheiten mit direktem Antrieb des Mischwerks in einem Fermentor den geforderten Bedingungen für die Erzeugung von Futterhefe aus Sulfitäugen in dem Betrieb SMC Paskov voll entspricht. Die ausschlaggebende Momente für die Erreichung der geplanten Kapazität und Wirtschaftlichkeit der Linie für die Produktion von Futterhefe in SMC Paskov — 24 000 t im Jahr — sind: erzielte Werte der Produktion, des Energieverbrauchs pro Einheit und die Fähigkeit der langfristigen Erhaltung der Kultivation der Hefen *Candida utilis* ohne bedeutendere Änderungen des Metabolismus und der Morphologie der Zellen, und zwar auch bei Schwankungen der Qualität der Ausgangsrohstoffe (insb. des Gehalts der reduzierenden Substanzen).