

II. Výroba v zahraničí

Ing. VÍT MATĚJŮ, VLADIMÍR KAMENÍK, Mikrobiologický ústav ČSAV, Praha

Klíčová slova: *mikrobiální bílkoviny - SCP, krmné bílkoviny, suroviny pro výrobu*

ÚVOD

Mikrobiální bílkoviny se průmyslově vyrábějí od přelomu 30. a 40. let našeho století. V tomto období vzniklo v Německu osm závodů, které zpracovávaly kyselé dřevné hydrolyzáty, sulfitové výluhy a výpalky i melasové výpalky. V roce 1944 byl uveden do provozu závod na výrobu SCP ze směsi sulfitových výluhů a výpalků, který pracuje dodnes. V SSSR v letech 1942 až 1944 bylo vybudováno několik menších závodů vyrábějících mikrobiální bílkoviny z kyselých dřevných hydrolyzátů. Jak v Německu tak v SSSR byly mikrobiální bílkoviny během druhé světové války používány i ve výživě lidí [1, 2].

Těsně po skončení války byla věnována velká pozornost výrobě SCP v USA. Bylo vybudováno několik závodů s kapacitami až 20 000 t za rok. V roce 1958 bylo zpracováváno 25 % z celkového množství sulfitových výluhů na 50 000 t mikrobiálních bílkovin [3].

Největší rozvoj výroby SCP nastal koncem 50. a v 60. letech. Vznikaly nové závody v SSSR, Polsku, NDR, Bulharsku a Rumunsku. Menší závody zahájily výrobu

v NSR, Francii, na Kubě, Jamajce a Tchajwanu. Všechny závody zpracovávaly především různé odpadní látky a melasu.

V 70. a 80. letech, s výjimkou SSSR, se výstavba dalších závodů podstatně zpomalila a pokud je uskutečňována, tak až na několik málo výjimek, v zemích RVHP.

V *tabulce 1* je uveden přehled postupů výroby mikrobiálních bílkovin, které byly realizovány alespoň v poloprovozním měřítku. Přehled není vyčerpávající a zahrnuje především jednotky provozované delší dobu.

Sovětský svaz

Sovětský svaz je největším výrobcem mikrobiálních bílkovin na světě. Roční výroba se podle údajů v sovětském tisku pohybuje mezi 1,2 až 1,4 mil. tun.

Z tohoto množství přibližně 500 000 t za rok se vyrábí ze sulfitových výluhů, kyselých dřevných hydrolyzátů, předhydrolyzátů listnatých dřevin, hydrolyzátů rašeliny a některých dalších odpadů, např. syrovátky [31]. Těchto závodů je kolem 50 a jejich kapacity jsou poměrně malé (4 000 až 20 000 t za rok).

Tabulka 1. Přehled vybraných postupů výroby SCP z různých surovin

Surovina	Typ procesu	Kapacita výroby (t za rok)	Produkční organismus	Výrobce	Literatura
CO ₂	řasy	700	Chlorella species	Taiwan Chlorella Manufacture Co Ltd., Taipei, Taiwan	[4]
CO ₂ nebo Na ₂ CO ₃	řasy	320	Spirulina maxima	Sosa Texcoco S. A. Mexico City, Mexiko	[5]
methanol	bakterie	70 000	Methylophilus methylo-trophus	Imperial Chemical Industries, Billingham, Velká Británie	[6]
methanol	bakterie	1 000	Methylomonas clara	Hoechst-Uhde, Frankfurt a. Main. Německá spolková republika	[7]
methanol	bakterie	500	Pseudomonas species	Mitsubishi Petrochemical Corp., Tokyo, Japonsko	[8]
ethanol	kvasinky	7 500	Candida utilis	Amoco Foods Co., Hutchinson, Minnesota, USA	[9]
ethanol	kvasinky	500	Candida ethanotermophilum	Mitsubishi Petrochemical Corp., Tokyo, Japonsko	[10]
n-alkany	kvasinky	Závody s produkcí 40 000 až 300 000	Candida species	různí na více místech SSSR (Mozyr, Gorkij, Ufa, Krasnodar, Kiriši, Novopolotsk)	[11, 12]
n-alkany	kvasinky	60 000	Candida paraffinica	Roniprot, Curtea de Arges, Rumunsko	[13]
n-alkany	kvasinky	4 000	Candida lipolytica	British Petroleum Grangemouth, Skotsko Velká Británie	[14]
plynový olej	kvasinky	55 000	Candida guilliermondii	Petrochemisches Kombinat Schwedt, NDR	[15, 16]
plynový olej	kvasinky	16 000	Candida tropicalis	Société Française de Pétroles BP, Cap Lavéra, Francie	[14]
sulfitové výluhy	kvasinky	5 000	Candida utilis	Boise-Cascade Corp., Salem, Oregon, USA	[17]
sulfitové výluhy	kvasinky	5 000	Candida utilis	Rhineland Paper Corp., Rhineland, Wisconsin, USA	[18]
sulfitové výluhy a výpalky	kvasinky	7 000	Candida utilis	Cellulose Attisholz, Attisholz, Švýcarsko	[19]
sulfitové výluhy	plíseň	10 000	Paecilomyces varioti	United Paper Mills, Jämsänkoski, Finsko	[20]
sulfitové výluhy a výpalky	kvasinky	Závody s kapacitou 5 000 až 12 000	Candida species	různí na více místech NDR (Rosenthal, Wolfen, Pirna)	[21]
kyselé dřevné hydrolyzáty	kvasinky	10 000	Candida tropicalis	Závod VI. Poptomova, Razlog, Bulharsko	[22]
kyselé dřevné hydrolyzáty	kvasinky	Závody s kapacitou 8 000 až 15 000	Candida species	různí na více místech SSSR (Angara, Tallin)	
škrobnaté odpady	kvasinky	10 000	Endomycopsis fibuliger + Candida utilis	Svenska Socker, Arlov, Švédsko	[23, 24]
syrovátka	kvasinky	5 000	Kluyveromyces fragilis	Amber Laboratories Div., Milbrew Inc., Juneau, Wisconsin, USA	[25]
syrovátka	kvasinky	500	Kluyveromyces lactis	Bel Industries, Vendome, Francie	[26]
syrovátka	plíseň	300	Penicillium cyclopium	Huerty S. A. Francie	[27]
melasa	kvasinky	16 000	Torula utilis	Hsin Ying Yeast Factory, Taiwan Sugar Corp., Tainan, Taiwan	[28]
glukosa	plíseň	100	Fusarium graminearum	Rank Hovis McDougall Research Ltd., High Wycombe, Velká Británie	[29]
methan	bakterie	1 000	směsná kultura Pseudomonas species Hyphomicrobium species Acinetobacter species Flavobacterium species	Shell Research Ltd., Velká Británie	[30]

Velkokapacitní závody s plánovanou produkcí až 300 000 t za rok vyrábějí SCP vesměs z přečištěných n-alkanů.

Již v roce 1964 začal pracovat experimentálně závod v Krasnodaru s kapacitou 1500 t za rok, který vyráběl krmné kvasnice z plynového oleje. Výsledky z pokusného provozu i kvalita mikrobiálních bílkovin byly velmi špatné, a proto tato surovina byla v SSSR opuštěna. Přečištěné n-alkany byly jako surovina odzkoušeny v závodě v Ufě — kapacita 12 000 t za rok. Na základě zkuše-

ností z tohoto závodu začala výstavba velkokapacitních závodů: Ufa 100 000 t za rok v roce 1968, Gorkij 100 000 t za rok, později rozšířen na 200 000 t za rok v roce 1970 a Kiriši 100 000 t za rok v roce 1972. Další závody na výrobu SCP z n-alkanů byly postaveny v Angarsku, Krasnodaru, Kstovu, Novočerkasku, Polotsku, Svetojarsku a Novopolotsku. Těsně před dokončením jsou závody v Kremenčugu (120 000 t za rok) a Mozyru (300 000 t za rok).

Výzkum je v současné době zaměřen na využití jiných

substrátů než n-alkanů. Hlavní zájem je zaměřen na využití zemního plynu, popřípadě methanolu. Od prosince 1983 je v provozu zkušební závod na výrobu mikrobiálních bílkovin „Gaprin“ ze zemního plynu, vybudovaný ve spolupráci s odborníky z NDR.

Na základě úspěšného provozu ověřovacího závodu pracujícího s hydrolyzátů rašeliny v Boksitogorsku (4 000 t za rok) [32] je v současné době budována velkokapacitní jednotka v Litevské SSR.

Výroba mikrobiálních bílkovin nedosahuje plánované výše. Hlavními důvody jsou zdržení ve výstavbě závodů a nedosažení plánovaných kapacit [33]. Přesto se předpokládá další významné zvyšování produkce i v dalších letech.

Německá demokratická republika

V NDR pracuje několik závodů vyrábějících krmné kvasnice ze sulfidových výluhů a výpalků i melasových výpalků. Většinou jde o starší závody, některé rekonstruované a vybavené novým typem fermentorů zkonstruovaných VEB Ingenieurtechnisches Zentralbüro, Böhlen.

Nový závod na výrobu mikrobiálních bílkovin z plynového oleje (jediný na světě zpracovávající tuto surovinu), postavený ve VEB Petrochemisches Kombinat Schwedt, má roční kapacitu 55 000 t [34].

Velká Británie

V 60. a 70. letech probíhaly ve Velké Británii intenzivní výzkumné programy výroby SCP z methanu (Shell Research, ICI, British Petroleum), n-alkanů (British Petroleum) a methanolu (ICI).

Firma BP vyvinula technologii výroby mikrobiálních bílkovin z plynového oleje a n-alkanů. Francouzská pobočka vyráběla v letech 1972 až 1976 krmné kvasnice z plynového oleje v závodech s kapacitou 16 000 t za rok.

Ve Velké Británii byl realizován projekt firmy ICI. Závod s kapacitou 75 000 t za rok bakteriální krmné bílkoviny z methanolu však za čtyři roky provozu (1980 až 1984) vyrobil pouze 50 000 t Pruteenu. Hlavní příčinou je malý odbyt velmi drahého výrobku (\$ 500 za tunu). Náklady na výzkum, ověření produktu a výstavbu závodu dosáhly \$ 150 mil. [35, 36].

Tento proces je první průmyslovou aplikací bakteriálního kmene pro výrobu SCP. Velmi elegantní technické řešení procesu však má zásadní nevýhodu. Je totiž investičně i provozně velmi drahé. Absolutně estetický provoz 1 500 m³ fermentoru a obtížná separace produktu značně zvyšují provozní náklady, které nemůže kompenzovat ani poměrně nízká cena substrátů. V současnosti závod pracuje jen několik měsíců v roce.

USA

V USA nastal rozvoj výroby mikrobiálních bílkovin po skončení 2. světové války a dostupil vrcholu koncem 50. let, kdy se v USA vyrábělo přibližně 80 000 t mikrobiálních bílkovin ročně. Potom se výroba začala postupně snižovat, především z ekonomických důvodů.

Od počátku 80. let se téměř všechny vyráběné mikrobiální bílkoviny využívají v potravinářském průmyslu ve formě hydrolyzátů jako ochucovací prostředky. Vyrábí se přibližně 7 000 t za rok ze sulfidových výluhů, stejně množství z ethanolu a přibližně 2 500 t za rok ze syrovátky [37, 38].

Přestože v USA nejsou příznivé podmínky pro výrobu SCP, dostatek levné sóji, vysoké nároky na nezávadnost, drahé a dlouhodobé testování před uvedením na trh, výzkum výroby SCP stále pokračuje a některé firmy investují značné prostředky do výzkumu nových technologických postupů.

Nejdále je zřejmě Provesta Corp. patřící do Phillips Petroleum Co., Bartlesville, Oklahoma. Vypracovali postup kontinuální kultivace kvasinek s vysokou koncentrací buněk (až 150 g.l⁻¹) z různých substrátů (methanol, melasa, sacharosa, syrovátka). Donedávna pracovali v poloproduktu měřítka ve fermentoru 1 500 l. Roční produkce Provestenu dosahovala 100 t. V současné době dokončují ověřovací závod s kapacitou 2 500 t za rok a jsou připraveni jeho produkci dále zvyšovat [39 až 41].

Ostatní země

V RSR pracují tři závody na výrobu SCP ze sulfidových výluhů a n-alkanů. Celková produkce dosahuje 85 000 t za rok. Hlavní podíl na této výrobě má závod v Curtea de Arges, postavený v roce 1980 a vyrábějící 60 000 t za rok mikrobiálních bílkovin z n-alkanů. Technologii dodala japonská firma Dainippon Ink and Chemicals.

V BLR se vyrábějí mikrobiální bílkoviny z dřevných hydrolyzátů. Závod VI. Poptomov v Razlogu byl vybudován se sovětskou pomocí. V BLR probíhá intenzivní výzkum výroby SCP z různých odpadních látek, především lignocelulóзовého charakteru [42].

V Německé spolkové republice pracoval dlouhá léta v celulózce Waldhof, Mannheim závod vyrábějící až 12 000 t za rok mikrobiálních bílkovin ze směsi sulfidových výluhů a výpalků. V posledních letech — do roku 1975 — byla velká část produkce zpracovávána na různé vitamínové preparáty.

V současné době je v provozu jednotka firmy Hoechst A. G., která vyrábí 1 000 t za rok bakteriální biomasy z methanolu. V produktu je snižován obsah nukleových kyselin a pod obchodním názvem Bioprotein se prodává jako bílkovinná přísada do potravin.

Ve Švýcarsku pracuje dodnes jeden z nejstarších závodů na výrobu SCP ze sulfidových výpalků a výluhů. Od roku 1944 celulózka Attisholz vyrábí 5 000 až 7 000 t za rok mikrobiálních bílkovin. V současné době zhruba 40 % výroby je určeno pro spotřebu v potravinářském průmyslu, zbytek se využívá pro přípravu krmných směsí.

Jediný průmyslově zavedený postup výroby SCP na světě využívající jako produkční kmen plísně byl realizován ve Finsku (Pekilo). Proces s mikroorganizmem *Paecilomyces varioti* měl údajně mnoho předností před postupy s kvasinkami, avšak samotný závod v Jämsänkoski, zpracovávající sulfidové výluhy, nikdy nedosáhl plánované kapacity 10 000 t za rok. Navíc produkt nebyl schválen k používání v mnoha zemích s ohledem na zdravotní závadnost. Závod již nepracuje.

Ve Švédsku byl průmyslově realizován postup výroby SCP ze škrobnatých odpadů, který současně slouží pro biologické čištění odpadních vod. Tento postup využívá dvou druhů kvasinek v dvoustupňovém kultivačním postupu. Produkce závodu v Arlov dosahuje 10 000 t za rok.

ZÁVĚR

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že výroba mikrobiálních bílkovin je rozšířena především v Evropě a USA. Nedostatek krmných bílkovin však nutí i další země uvažovat o využití domácích surovin pro výrobu SCP. Dokladem toho jsou programy v zemích Jižní a Střední Ameriky (Brazílie, Salvador) i v Asii (Filipíny, Tchajwan) zaměřené na využití odpadních látek z rostlinné výroby a odpadních vod zpracovatelského průmyslu pro kultivaci mikroorganismů s vysokým obsahem bílkovin.

Literatura

- [1] RIMMINGTON, A.: New Scientist, 27. June, 1985, s. 12.
- [2] WILEY, A. J.: Industrial Fermentation (L. A. Underkoffler a R. J. Hickey, Eds.), sv. 1, Chemical Publishing Co., New York, 1954, s. 307.
- [3] MEAD, S. W.: Report of the Sulphite Pulp Manufacture's Research League, Appleton, Wisconsin, 1958, s. 126.
- [4] SCONG, P.: Algae Biomass Production and Use (G. Shelef a C. J. Soeder, Eds.), Elsevier/North Holland, New York, 1980, s. 92.
- [5] DURAND-CHASTEL, H. - CLEMENT, G.: Proceedings of the 9th International Congress of Nutrition, sv. 3, Karger, Basel, 1975, s. 85.
- [6] MARGETTS, R. J. - STRINGER, D. A.: Proceedings of APRIA International Symposium on SCP, Paris, 28.—30. January, 1981.
- [7] FAUST, U. - SITTING, W.: Adv. Biochem. Eng., 17, 1980, s. 63.
- [8] TUNG, T.: Food Eng. 47 (4), 1975, s. 24.
- [9] RIDGEWAY, J. A. - LAPPIN, T. A. - BENJAMIN, B. M. - CORNS, J. B. - AKIN, C.: Food Eng., 49 (6), 1977, s. 95.
- [10] Mitsubishi Corp.: The Mitsubishi YUKA Ethanol Based SCP Process, Mitsubishi Petrochemical Co., Ltd., Tokyo, Dec. 1981.
- [11] Anonym: Eur. Chem. News, Aug. 18, 1980, s. 6.
- [12] ŠARKOV, V. I.: Technologija gidroliznogo i sulfidno-spiritovogo proizvodstva, Gosledsbumizdat, Moskva, 1959, s. 146.
- [13] OIWA, J.: Proceedings of APRIA International Symposium on SCP, Paris, 28.—30. January, 1981, s. 43.

- [14] EWANS, G. H.: Single Cell Protein (R. I. Mateles, S. R. Tannenbaum, Eds.), MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1968, s. 243.
- [15] KATRUS, R. V. - KOZLOVA, L. I. - ROŽKOVA, M. I. - ŽDANNIKOVA, E. N. - VELIKOSLAVINSKAJA, O. I. - BAUCH, J. - GENTZSCH, H. - BOHLMANN, I.: Advances in Biotechnology (M. Moo-Young, C. W. Robinson, Eds.), sv. 2, Pergamon Press, New York, 1984, s. 401.
- [16] RINGPFEIL, M.: Proceedings of APRIA International Symposium on SCP, Paris, 28.—30. January, 1981, s. 23.
- [17] ANDERSON, R. - WEISBAUM, R. B. - ROBE, K.: Food Process, **35** (7), 1974, s. 58.
- [18] Lockwood's Directory of the Paper and Allied Trades, Vance, New York, 1980, s. 162.
- [19] KOSARIC, N. - BELL, P. S. - COSENTINO, G. - MAGEE, R. - TURCOTTE, G. - PURCELL, A.: Non-Conventional Microbial Food, Industrial and Economic Possibilities for Canada, The University of Western Ontario, London Ontario, 1984, s. 64.
- [20] RGMANTSCHUK, H. - LEHTOMÄKI, M.: Process Biochem., **13** (3), 1978, s. 16.
- [21] KRETZSCHMAR, G.: Zellstoff und Papier, č. 1. 1962, s. 14.
- [22] Závod Vladimír Poptomov, Zavod za chidroliza i furazny droždy, firemní literatura, nedatováno.
- [23] ROLZ, C. - HUMPHREY, A.: Adv. Biochem. Eng., **21**, 1982, s. 1.
- [24] SKOGMAN, H.: Food from Wastes (G. G. Birch, K. J. Parlor, T. J. Worgan, Eds.), Applied Science, London, 1976, s. 167.
- [25] BERNSTEIN, S. - TZENG, C. - SISSON, D.: Biotechnol. Bioeng. Symp., **7**, 1977, s. 1.
- [26] MEYRATH, J. - BAYER, K.: Microbial Biomass (A. H. Rose, Eds), Academic Press, London, 1979, s. 207.
- [27] KIM, J. H. - LEBAULT, J. M.: Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., **13**, 1981, s. 151.
- [28] CHIEN, H. C.: Food Manufacture, **22**, 1960, s. 516.
- [29] ANDERSON, C. - LONGTON, J. - MADDIX, C. - SCAMMEL, C. W. - SCOLOMONS, G. L.: Food Eng., **53** (5), 1981, s. 117.
- [30] HARRISON, D. E. F.: Chemtech., **6**, 1976, s. 570.
- [31] JAKOVENKO, A.: Mol. Prom., **23** (3), 1962, s. 24.
- [32] SUPIN, P. F.: Trans. 2nd. International Peat Congress (R. A. Robertson, Eds), sv. 2, Her Majesty's Stationary Office, Edinburgh, 1968, s. 999.
- [33] RYŠKOV, R. S.: Žurnal Vses. Chim. Obč. im. D. I. Mendělejeva, **27**, 1982, s. 613.
- [34] VEB Chemieanlagenbaukombinat Leipzig-Grimma: Anlage zur Herstellung von Futterhefe, firemní literatura, 1983.
- [35] KAPSTEIN, J. - YANCHINSKI, S. - MILLER, F. A.: Businessweek, Dec. **3**, 1984, s. 40.
- [36] SHERWOOD, M.: Biotechnology, **2**, 1984, s. 606.
- [37] ANDERSON, R. F.: Pulp Paper Can., **80**, T 99, 1979.
- [38] ZANETHI, R. J.: Chem. Eng., Febr., **7**, 1984, s. 18.
- [39] SHAY, L. K. - WEGNER, G. H.: Food Technol., **39** (10), 1985, s. 61.
- [40] KLAUSNER, A.: Biotechnology, **2**, 1984, s. 853.
- [41] WEGNER, G. H.: Chem. Eng., Sept. **5**, 1983, s. 56.
- [42] KONSTANTINOVA, R. - KOŽUNAROVA-PETROVA, N.: Zentralbl. Mikrobiol., **141**, 1986, s. 597.

Matějů, V. - Kameník, V.: Mikrobiální bílkoviny — přehled. II. Výroba v zahraničí. Kvas. prům. **33**, 1987, č. 11, s. 329—332.

Přehled výroby mikrobiálních bílkovin v různých státech světa je doplněn používanými surovinami pro výrobu SCP a směry dalšího vývoje. Podrobněji jsou diskutovány státy s rozvinutou výrobou mikrobiálních bílkovin.

Матею, В. - Каменик, В.: Микробиальные белковые вещества — обзор. II. Производство за рубежом. Квас. прум. **33**, 1987, № 11, стр. 329—332.

Обзор по производству микробиальных белковых веществ в разных странах мира дополняется применяющимися типами сырья для производства SCP и направления дальнейшего развития. Более подробно обсуждаются государства с развитым производством микробиальных белков.

Matějů, V. - Kameník, V.: Microbial Proteins — Review. II. Foreign Production. Kvas. prům. **33**, 1987, No. 11, pp. 329—332.

Procedures of microbial protein production in various countries together with raw-materials used and further development tendencies are described. The countries with the developed SCP production are discussed in a more detail.

Matějů, V. - Kameník, V.: Mikrobiale Eiweißstoffe — Übersicht. II. Erzeugung im Ausland. Kvas. prům. **33**, 1987, Nr. 11, S. 329—332.

Die Übersicht der Erzeugung mikrobieller Eiweißstoffe in den Staaten der Welt ist durch Angaben über benützte Rohstoffe für die SCP-Erzeugung und die Richtungen der weiteren Entwicklung ergänzt. Ausführlicher wird über Länder mit einer hochentwickelten Produktion der mikrobiellen Eiweißstoffe berichtet.