

Mikrobiální bílkoviny - přehled

579 663

I. Výroba v Československu

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

Klíčová slova: mikrobiální bílkoviny, SCP, krmné bílkoviny, suroviny pro výrobu.

ÚVOD

Československo, stejně jako některé další státy, nemá příznivé klimatické ani geografické podmínky pro výrobu rostlinných nebo živočišných krmných bílkovin. Jejich potřeba je většinou kryta dovozem. Výroba mikrobiálních bílkovin může snížit objem dovozu nebo alespoň vyrovnávat zvyšující se nároky živočišné výroby, která musí zajišťovat kvalitnější výživu obyvatelstva.

Mikrobiální bílkoviny (označované někdy jako SCP = single cell protein) jsou sušené buňky různých mikroorganismů, které se vyrábějí kultivací ve velkoobjemových zařízeních z různých surovin a slouží jako bílkovinná složka v krmných směsích pro hospodářská zvířata nebo i v potravinách. Někdy jsou mikrobiální bílkoviny zdrojem ještě dalších nutričně významných látek, např. vitaminů, minerálních látek apod.

Ve srovnání s výrobou rostlinných nebo živočišných krmných bílkovin má výroba SCP některé přednosti. Stručně je lze shrnout do těchto bodů:

— rychlost růstu mikroorganismů je mnohem vyšší než vyšších rostlin a živočichů,

— produktivita výroby SCP je mnohem vyšší ve srovnání se zemědělskou výrobou, pro výrobu srovnatelného množství bílkovin potřebuje výroba SCP mnohem méně lidské práce i energie,

— využití živin je při kultivaci mikroorganismů téměř úplné; v rostlinné výrobě dosahuje někdy pouze 30 až 40 %,

— výroba SCP není závislá na klimatických ani půdních podmínkách a může být realizována prakticky kdekoliv, kde jsou dostupné potřebné suroviny, energie a voda.

Výroba mikrobiálních bílkovin má však i některé nedostatky. Největší překážkou je zatím ve většině případů vysoká cena výrobku, která přesahuje ceny sóji nebo rybí moučky. Hlavním důvodem jsou vysoké náklady na výchozí surovinu. I v případech, kdy se pro výrobu SCP používají levné nebo téměř bezcenné odpadní látky, jejich úprava před použitím je většinou drahá a tím se náklady na substrát podstatně zvyšují. Jiné odpadní látky jsou využitelné přímo pro kultivaci mikroorganismů, avšak vznikají rozptýleně v malých množstvích, která nestačí pro ekonomickou výrobu mikrobiálních bílkovin. V současné době náklady na substrát pro výrobu mikrobiálních bílkovin představují většinou 40 až 50 % výrobních nákladů [1, 2].

Za nevýhodu byl, a někdy stále ještě je, označován vyšší obsah nukleových kyselin v mikrobiální biomase. Tato námitka však má opodstatnění pouze při využití SCP ve výživě lidí. Je pravda, že obsah nukleových kyselin v metabolicky aktivních buňkách je poměrně vy-

soký. U mikroorganismů se jejich obsah pohybuje mezi 8 až 15 g ve 100 g proteinu ve srovnání se 4 g v játrech, 2,2 g v rybách a 1,1 g v pšeničné mouce [3]. Rozkladem nukleových kyselin vzniká kyselina močová, kterou člověk a primáti nemohou dále rozkládat, neboť postrádají enzym urikasu. Zvýšená koncentrace kyseliny močové v krvi způsobuje poškození ledvin, tvorbu močových kamenů a podporuje vznik dny. Ostatní zvířata však enzym urikasu mají. To umožňuje převedení kyseliny močové na allantoin, metabolit, který se snadno z těla vylučuje. Proto vyšší obsah nukleových kyselin není na závadu, pokud je SCP využíváno při výživě hospodářských zvířat [4].

Nedostatečná kapacita zemědělské půdy, způsobená neustálým růstem populace i postupným snižováním její rozlohy, podstatné snížení výlovu ryb ze světových oceánů i některé další důvody, především velká závislost některých zemí na dovozu krmných bílkovin, nutí hledat alternativní zdroje krmných bílkovin. Výroba SCP může být jedním z řešení.

V Československu byla a je otázce výroby mikrobiálních bílkovin věnována velká pozornost. V základním výzkumu bylo řešeno využití různých substrátů; od derivátů ropy přes alkoholy, sulfitové výluhy, hydrolyzáty lignocelulózových materiálů až po využití některých nových typů odpadů vznikajících při chemickém zpracování dřevní hmoty. Na základě těchto výzkumných prací byly vypracovány i potřebné technologické postupy výroby. Do průmyslové praxe však byl v poslední době zaveden pouze jediný, využívající jako substrát sulfitové výluhy.

SUROVINY PRO VÝROBU MIKROBIÁLNÍCH BÍLKOVIN

Výroba mikrobiálních krmných bílkovin má v Československu dlouhou tradici. Již za 2. světové války vznikla výroba krmných kvasnic z lihovarských melasových výpalů v lihovaru v Kralupech nad Vltavou. Tato výroba však neměla dlouhé trvání. Skutečný rozvoj nastal až v 50. a 60. letech. Substráty, zpracovávány v jednotlivých závodech byly melasa, sulfitové výluhy a některé další odpadní látky. Později byla zavedena výroba krmných kvasnic ze syntetického ethanolu.

V Československu se nyní vyrábí kolem 40 000 t mikrobiálních krmných bílkovin ročně v pěti závodech zpracovávajících různé suroviny (tabulka 1).

Závod v Leopoldově zpracovává odpadní látky z jiných fermentačních výrob a melasu. Kultivace kvasinek se provádí na směsi melasových lihovarských výpalů a odpadů z výroby kyseliny citronové (tzv. citrolouhy). Obsah organického uhlíku v kultivačním prostředí je zvyšován přidávkou melasy.

Závody v Uničově a Trenčíně vyrábějí krmné kvasnice z melasy. V Kojetíně slouží jako zdroj organického uhlíku pro kultivaci kvasinek syntetický ethanol.

Největší závod na výrobu mikrobiálních krmných bílkovin v Československu zpracovává sulfitové výluhy s Mg-bází ze Severomoravské celulóžky (SmC), Paskov s roční kapacitou 200 000 t nebělené celulózy.

V Československu pracovaly ještě dva závody vyrábě-

jící mikrobiální krmné bílkoviny ze sulfitových výluhů (Ca-báze), eventuálně směsi sulfitových výluhů a výpalů, u již zrušených celulózek ve Vratimově (kapacita 4 000 t za rok) a Ružomberku (kapacita 2 500 t za rok).

Další rozvoj výroby SCP v Československu závisí především na dostupnosti surovin a jejich cenách. Je možné předpokládat další využití sulfitových výluhů. V celulóze Větrní se předpokládá zvýšení výroby celulózy na 90 000 t za rok. Z této výroby by vznikalo množství sulfitových výluhů postačující k výrobě 16 000 až 17 000 t krmných bílkovin. Sulfitové výluhy splňují nejdůležitější požadavky na substrát pro výrobu mikrobiálních bílkovin:

- velmi nízká cena základní suroviny,
- dostatečné množství pro ekonomickou výrobu na jednom místě,
- nízké nebo žádné náklady na úpravu před použitím.

V Československu se uvažuje i o využití methanolu pro výrobu mikrobiálních bílkovin. Technologický postup výroby je řešen v základním výzkumu. Na rozdíl od některých zahraničních postupů využívajících bakterie jako produkční kmen je výzkum zaměřen na využití kvasinek. Někteří odborníci považují methanol za nejperspektivnější surovinu nejen pro výrobu SCP, ale i dalších mikrobiálních produktů, např. aminokyselin, kyseliny citronové, antibiotik apod. [6].

Další potencionální možností je využití syntetického ethanolu ve směsi se sulfitovými výluhy. Tento postup výroby mikrobiálních bílkovin byl výzkumně vyřešen a poloprovězně ověřen [5]. Výhodou kultivace ve směsném substrátu je možnost dosažení vyšších koncentrací biomasy, což má příznivé ekonomické dopady pro následnou úpravu, tj. separaci a praní. Další variantou tohoto postupu je využití mikrobiálně zpracovaných sulfitových výluhů jako ředícího média pro následnou kultivaci mikroorganismů na syntetickém ethanolu. V tomto případě odpadá nutnost likvidace odpadních vod. Navíc je možno proces provádět plně kontinuálně. Aplikace tohoto postupu výroby mikrobiálních bílkovin přichází v úvahu v SmC Paskov. Otázkou zůstává ekonomika výroby vzhledem k poměrně vysokým cenám syntetického ethanolu.

VÝROBA MIKROBIÁLNÍCH BÍLKOVIN V SMC PASKOV

Na rozdíl od všech ostatních výrobní mikrobiálních bílkovin v Československu používá závod v SmC Paskov kontinuální technologický postup, který umožňuje nepřetržitou výrobu po celý rok. Ostatní závody pracují v kratších či delších periodických cyklech. Je to dáno charakterem zpracováváné suroviny nebo nutností eliminovat množství odpadních vod vrácením odseparovaných zápar. Nevýhodou těchto postupů jsou prostroje vznikající na technologických zařízeních při ukončování a zahajování kultivačních cyklů, jejich podstatné větší pracnost a v konečném důsledku snižování produktivity závodů. Další nepříznivou okolností je zastaralost závodů v Uničově, Leopoldově a Trenčíně.

Závod na výrobu krmných kvasnic v SmC Paskov je integrován do systému regenerace chemikálií v celulóze. Regenerační odpadka je konstruována tak, že nahrazuje stripovací kolony pro snižování obsahu volného oxidu siřičitého. Výluh po použití ve výrobě mikrobiálních bílkovin je vrácen zpět do regenerace chemikálií, kde se po zahuštění spaluje a z popela je znovu získáván MgO pro přípravu varné kyseliny. Výrobní mikrobiálních bílkovin využívá i společné energetické zdroje, uzavřené okruhy chladicích vod apod. Integrace výroby mikrobiálních bílkovin do systému celulóžky přinesla významné úspory investičních nákladů a snižuje i výrobní náklady.

Produkční kmen použitý v závodě SmC Paskov je kvasinka *Candida utilis*. Tento mikroorganismus byl vyšlechtěn klasickými mikrobiologickými metodami pro použití na sulfitových výluzech. Nabyté vlastnosti jsou stálé, neztrácí se ani dlouhodobou kultivací.

Přednosti tohoto kmene spočívají v širokém spektru utilizovaných látek včetně kyseliny octové ve vysokých koncentracích, což se příznivě odráží na výťažnosti; v toleranci k inhibitorům přítomným v sulfitovém výluhu,

Tabulka 1. Výroba mikrobiálních krmných bílkovin v Československu

Závod	Surovina	Roční kapacita (t za rok)
Severomoravské cukrovary, n. p., závod Uničov	melasa	1 000
Seliko, k. p., Olomouc závod Kojetín	syntetický ethanol	4 500
Slovík, n. p., Trenčín závod Trenčín	melasa	4 000
Slovík, n. p., Trenčín závod Leopoldov	citrolouhy lihovarské výpal- ky melasa	5 000
Severomoravské celulóžky, n. p., Paskov	sulfitové výluhy	24 000

zejména k oxidu siřičitému, furfuralu a kyselině mra-
venčí a ve vysoké růstové rychlosti a vysokém obsahu
proteinu.

Popis procesu

Sulfitový výluh se sníženým obsahem volného oxidu
siřičitého z regenerační odparky je veden do skladovací
nádře. Odtud je čerpán přes dvoustupňový deskový vý-
měník. V prvním stupni se protiproudě zchladzuje směsí
odseparovaného výluhu a pracích vod ze separace z pů-
vodní teploty 75 °C na 45 °C. Ve druhém stupni je do-
chlazován chladicí vodou na kultivační teplotu 34 °C.
Zchlazený výluh postupuje do směšovací nádrže, kde za
stálého míchání jsou proporcionálně k průtoku sulfito-
vého výluhu dávkovány draselné a fosforečné živiny.
Takto upravený výluh je čerpán do fermentorů.

V SmC Paskov jsou použity tři fermentory o hrubém
objemu 800 m³. Každý je vybaven třemi míchacími jed-
notkami. Byly vyrobeny ZVÚ, n.p., Hradec Králové podle
návrhu Výzkumného ústavu chemických zařízení
(VÚCHZ), Brno.

Kultivace probíhá za aerobních podmínek. Potřebný
vzduch je do fermentorů dodáván turbodmychadly. Do
proudu vzduchu vstupujícího do fermentoru je na zá-
kladě impulsů regulačního pH-metru dávkován plynný
amoniak. Slouží k regulaci pH kultivace a současně je
zdrojem dusíku pro růst mikroorganismů.

Chlazení fermentorů zajišťují vnější chladicí okruhy.
Chladicí okruh se skládá z deskového tepelného výmě-
níku a cirkulačního čerpadla. Chladicím médiem ve vý-
měníku je voda.

Sulfitový výluh s vytvořenou biomasou se odvádí přes
uklidňovací nádrž do separační stanice. První separace
slouží k oddělení hlavního podílu sulfitového výluhu. Bio-
masa je na tomto stupni zahuštěna na 12 % sušiny.
Druhý stupeň separace je tvořen třemi za sebou zapoje-
nými odstředivkami. V tomto stupni je kvasničné mléko
protiproudě vypíráno buď kondenzátem z odparky, nebo
prací vodou. Konečné zahuštění dosahuje 15 % sušiny
biomasy.

Odseparovaný sulfitový výluh s pracími vodami je

čerpán do deskového chladiče sulfitového výluhu, kde
v prvním stupni slouží jako chladicí médium a současně
se přehřívá před vstupem do regenerační odparky.

Vyprané kvasničné mléko se čerpá do třístupňové va-
kuové odparky se splývajícím filmem. Odparku vyrobily
ZVÚ, n.p., Hradec Králové podle návrhu VÚCHZ Brno.

Kvasničné mléko se nejprve přehřívá v systému vý-
měníků brýdovými parami na 70 °C. Pak vstupuje do ter-
molyzéry, kde se vyhřeje kontaktně ostrou párou na
90 °C. Po odplynění vstupuje termolyzované kvasničné
mléko do odparky, kde se zahustí na 25 % sušiny
biomasy.

Sušení produktu na rozprašovací sušárně umožňuje
dosáhnout 92 až 93 % sušiny v produktu. Usušený pro-
dukt se plní do ventilových pytlů o hmotnosti 25 kg.
Pytle jsou automaticky ukládány na paletu a zajišťovány
smršťitelnou fólií.

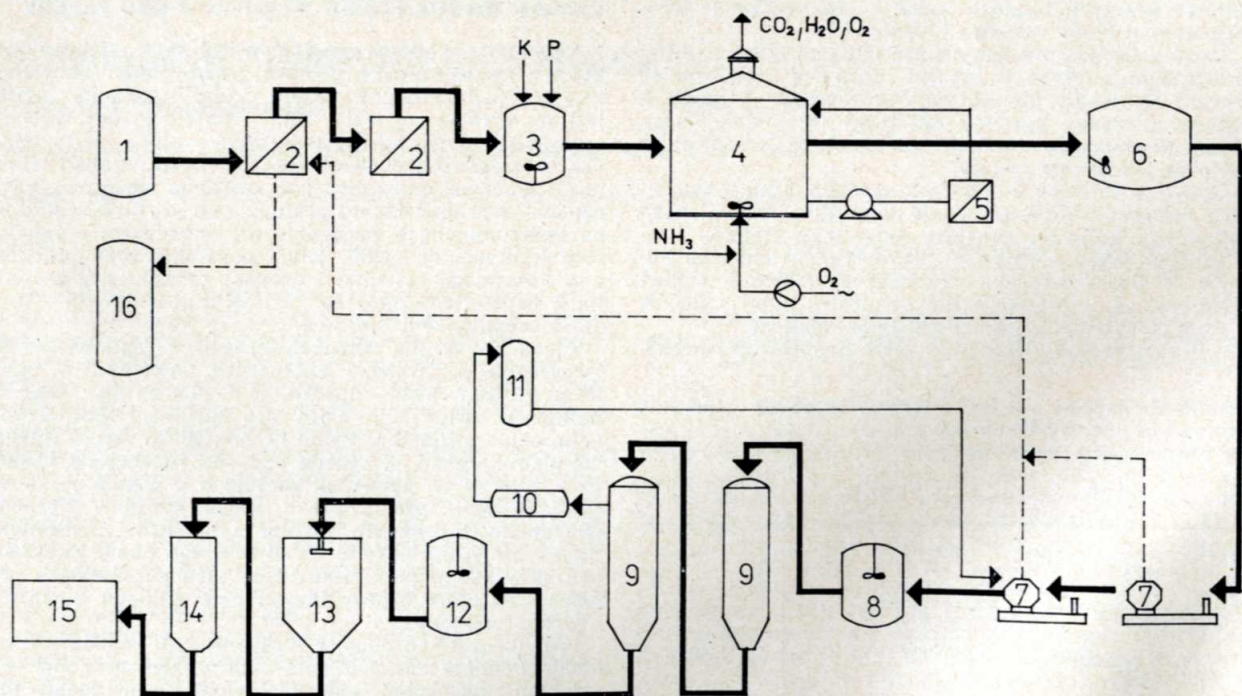
Schéma výroby mikrobiálních bílkovin v SmC Paskov
je na obr. 1, základní parametry kultivačního procesu
jsou v tab. 2.

Roční kapacita závodu je 24 000 t sušených krmných
kvasnic o složení uvedeném v tab. 3.

Vysoký stupeň automatizace, měření a regulace umož-
nil omezit počet pracovních sil na minimum. Objektívni
měření parametrů procesu je základním předpokladem
pro účinné zásahy nutné pro optimální řízení procesu.

Tabulka 2. Základní parametry kultivačního procesu

Parametr	Jednotka	
pH	—	5,4
teplota	(°C)	34,0
zředovací rychlost	(h ⁻¹)	0,3
výtěžnost biomasy vztažená na vnesený substrát (redukující látky)	(%)	51,2



Obr. 1. Blokové schéma výroby krmných kvasnic ze sulfitových výluhů s Mg-bází v SmC Paskov.

1 — zásobní nádrž na sulfitový výluh, 2 — dvoustupňový deskový tepelný výměník na chlazení výluhu, 3 — směšovací nádrž, 4 — fermentor, 5 — deskový tepelný výměník v chladicím okruhu fermentoru, 6 — uklidňovací nádrž, 7 — centrifugální odstředivky, 8 — vyrovnávací nádrž na vyprané kvasničné mléko, 9 — vakuová odparky se splývajícím filmem, 10 — kondenzátor brýdových par z odparky, 11 — zásobní nádrž na brýdový kondenzát z odparky, 12 — nádrž na termolyzované zahuštěné kvasničné mléko, 13 — rozprašovací sušárna, 14 — síla na skladování usušeného produktu, 15 — balení, sklad a expedice.

Tabulka 3. Složení krmných kvasnic VITEX vyráběných v SmC Paskov

obsah vlhkosti (%)	max. 9,0
obsah hrubého proteinu v sušině (%)	min. 52,0
obsah popela v sušině (%)	max. 10,0
obsah aminokyselin (g v 16 g N)	
asparagin	8,93
threonin	4,76
serin	4,65
kys. glutamová	11,84
prolin	3,58
glycin	4,04
α-alanin	5,93
cystin	0,81
valin	4,91
methionin	1,20
isoleucin	3,78
leucin	6,96
tyrosin	9,11
fenylalanin	3,98
lysin	6,45
histidin	2,16
arginin	4,75
tryptofan	1,22

strojírenského, jednak mikrobiologického. VÚCHZ Brno pro tento závod navrhl zcela nové fermentory a od-parku. Tato zařízení nejen plní všechny projektované parametry, ale v některých se ukázala lepší, než se předpokládalo.

Mikrobiologický ústav ČSAV Praha vyvinul nový technologický postup výroby mikrobiálních bílkovin ze sulfitových výluhů s Mg-bází. Tento postup se ukázal jako naprosto spolehlivý, umožnil ve velmi krátké době dosáhnout plné kapacity závodu. Nový produkční kmen má velmi dobré vlastnosti. Obsah hrubého proteinu je vyšší, než se předpokládalo. Proto bylo možno od roku 1987 zvýšit obsah hrubého proteinu v produktu z 50 na 52 % v sušině.

Závod v Paskově je příkladem moderně řešené velko-kapacitní biotechnologické výroby a realizace výsledků výzkumu v průmyslové praxi.

Literatura

- [1] EINSELE, A. A.: Biotechnology (H. Dellweg, ed), sv. 3, Verlag Chemie, Dearfield Beach, Florida, 1983, s. 75.
- [2] DALE, B. E. - LINDEN, J. C.: Annual Reports on Fermentation Processes, sv. 7, Academic Pres, New York, 1984, s. 106.
- [3] KHARATYAN, S. G.: Ann. Rev. Microbiol., **32**, 1978, s. 301.
- [4] KOSARIC, M. - BELL, P. C. - COSENTINO, G. - MAGER, R. - TUR-COTTE, G. - PURCELL, A.: Non-Conventional Microbial Food, Industrial and Economic Possibilities for Canada, The University of Western Ontario, London, Ontario, 1984, s. 4.
- [5] RYCHTERA, M. - BARTA, J. - FIECHTER, A. - EINSELE, A. A.: Process Biochem., **12**, 1977, s. 26.
- [6] MRÁZ, V.: Ropa a uhlí, **26**, 1984, s. 57.

Matějů, V. - Kameník, V.: Mikrobiální bílkoviny — přehled. I. Výroba v Československu. Kvas. prům. **33**, 1987, č. 10, s. 294—297.

Přehled závodů vyrábějících mikrobiální bílkoviny z citrolouhů, melasy, melasových výpalků a syntetického ethanolu je doplněn popisem nejmodernějšího československého závodu na výrobu SCP ze sulfitových výluhů s Mg-bází. Jsou diskutovány možnosti dalšího rozvoje tohoto odvětví zejména s ohledem na dostupnost surovin a jejich cenu.

Матею, В. - Каменик, В.: Микробиальные белковые вещества — обзор. I. Производство в Чехословакии. Квас. прум. **33**, 1987, № 10, стр. 294—297.

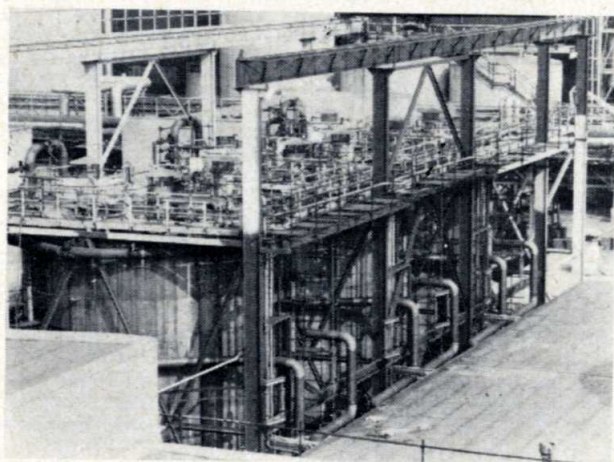
Перечень заводов, производящих микробиальные белковые вещества из цитрошелков, мелассы, барды и синтетического этанола дополняет описание современного чехословацкого завода производства ССП из сульфитных шелков с Mg-базой. Обсуждаются возможности дальнейшего развития этой отрасли особенно с учетом доступности сырья и стоимости продукции.

Matějů, V. - Kameník, V.: Microbial Proteins — Review, I. Production in Czechoslovakia. Kvas. prům. **33**, 1987, No. 10, pp. 294—297.

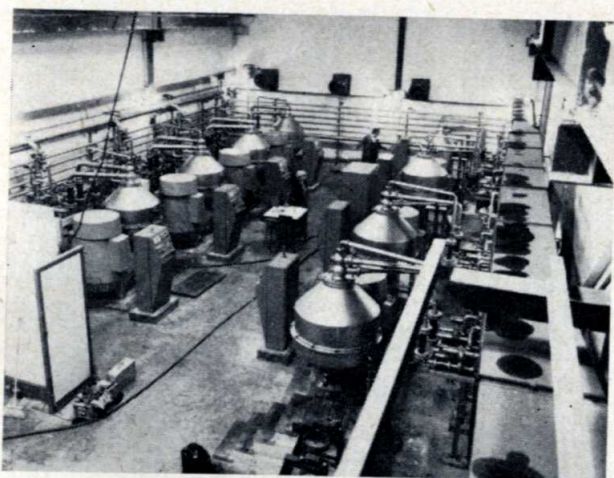
A list of establishments producing microbial proteins from waste liquors from citric acid production, molasses, molasses slops, synthetic ethanol and sulphite liquors is made. Further, the most modern concern for SCP production from Mg-bisulphite liquors is described. Further development of the SCP production is discussed with respect to the availability and cost of rawmaterials.

Matějů, V. - Kameník, V.: Mikrobiale Eiweißstoffe — Übersicht. I. Produktion in der ČSSR. Kvas. prům. **33**, 1987, Nr. 10, S. 294—297.

Der Artikel bringt eine Übersicht der Betriebe, die mikrobiale Eiweißstoffe aus Zitrolaugen, Melasse, Melasseschlempe und synthetischem Äthanol herstellen; im weiteren wird der modernste tschechoslowakische Betrieb für die Produktion von SCP aus Sulfitlaugen mit Mg-Basis beschrieben. Es werden die Möglichkeiten der weiteren Entwicklung dieser Branche diskutiert, und zwar vor allem mit Hinsicht auf die Disponibilität der Rohstoffe und ihren Preis.



Obr. 2. Fermentory Chepos 800 m³ vyrobené ZVÚ, n. p., Hradec Králové



Obr. 3. Separáční stanice, vlevo oddělovací stupeň, vpravo prací stupeň. Dodávka firmy Alfa Laval Separation A. B., Tumba, Švédsko. (Foto Filip Hainall)

ZÁVĚR

Při výstavbě závodu v SmC Paskov, jehož generálním dodavatelem byly ZVÚ, n.p., Hradec Králové, bylo v široké míře využito výsledků základního výzkumu, jednak