

Perspektivy výroby mikrobiálních bílkovin

663.579

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

Klíčová slova: mikrobiální bílkoviny, perspektiva, inovace, investice, výrobní náklady

ÚVOD

Výroba mikrobiálních bílkovin (single-cell-protein=SCP) dosahuje ve světě asi 1,8 mil. t za rok. Převážná část (asi 90 %) se vyrábí v socialistických zemích. V nesocialistických zemích je výroba velmi nízká, zejména z ekonomických důvodů, které vedly k zastavení výroby v mnoha existujících závodech. I přes tuto nepříznivou ekonomickou situaci, kdy SCP nemohou cenově konkurovat klasickým rostlinným zdrojům bílkovin, investuje však mnoho společností v USA, Japonsku i dalších zemích značné částky do výzkumu nových postupů výroby SCP. V socialistických zemích se této otázce trvale věnuje velká pozornost, protože ve většině z nich nejsou klimatické ani geografické podmínky pro výrobu jiných zdrojů bílkovin a jsou proto odkázány na jejich dovoz. Aby závislost na dovozu byla alespoň částečně omezena, jsou uváděny do provozu nové moderní závody na výrobu SCP z n-alkanů, plynového oleje, sulfitových výluhů i jiných surovin [1, 2].

POTŘEBA BÍLKOVIN VE SVĚTĚ

Bílkoviny mají ve výživě velký význam a jsou nezastupitelné. Jejich nedostatek v potravě způsobuje vážná poškození zdraví, zejména u dětí [3, 4].

V důsledku rychlého populačního růstu, především v rozvojových zemích, dosáhne počet obyvatel na Zemi v roce 2000 asi 6,5 miliardy. Aby byla zajištěna výživa lidí na stejné úrovni jako v roce 1986, je třeba do roku 2000 zvýšit výrobu potravin 1,7krát. Přitom spotřeba bílkovin v rozvojových zemích je velmi nízká (tabulka 1), navíc hlavní podíl mají bílkoviny rostlinné, které mají nižší výživnou hodnotu než živočišné. Další zvýšení poptávky po živočišných bílkovinách se předpokládá v souvislosti s ekonomickým růstem především v méně rozvinutých zemích [6]. Tomu odpovídá i vývoj poptávky po krmných směsích obohacených bílkovinami, která v roce 1986 činila asi 130 mil. tun a očekává se, že na konci století může dosáhnout až 240 mil. tun [7, 8]. V tabulce 2 je uveden trend poptávky po krmných bílkovinách.

V současné době převážnou část poptávky po krmných bílkovinách kryje sója. V mnoha prognózách se objevuje názor, že zvyšující se poptávka bude v budoucnosti kryta zvýšenou výrobou sóji. Avšak tento názor se zdá příliš optimistický [9]. Od roku 1969 do roku 1976 se světová výroba sóji zvýšila o 80 %, především díky zvýšení výroby v USA o 70 % a rychlému vzrůstu produkce v Brazílii a Argentině (z 2 na 4,73 mil. t). Avšak od roku 1976 se výroba zvyšovala podstatně pomaleji (tabulka 3). Za poslední tři roky vzrostla produkce sóji pouze o 3 %. Hlavním důvodem tohoto vývoje je nedostatek zemědělské půdy pro pěstování sóji.

V Brazílii je stále větší plocha osazována cukrovou třtinou v rámci rozvoje alkoholového programu, v USA se v posledních letech zvýšila produkce kukuřice pro výrobu kukuřičného sirupu s vysokým obsahem fruktosy [9].

Zvyšování výnosů sóji selekcí nových odrůd není neomezené a zdá se, že se přiblížilo maximálním dosažitelným výsledkům. Vyplývá to např. z toho, že od roku 1969 se průměrný výnos v USA zvýšil pouze z 1,83 na 1,97 t/ha, tj. o 8 %. Rovněž nelze očekávat, že by v blízké budoucnosti mohly výsledky genetického inženýrství přinést podstatné zvýšení hektarových výnosů. Proto i odhad americké výroby sóji 94 mil. t v roce 2000 se zdá příliš vysoký [9].

Cena sóji se po dvojnásobném zvýšení v období 1972 až 1978 (ze \$ 103 na \$ 213 za tunu, 44 % hrubého proteinu) poměrně ustálila. V posledních letech se pohybuje kolem \$ 200 za tunu. Poměrně stálou cenu sóji se podařilo udržet především různými mezinárodními spekulacemi a politicko-ekonomickými manévry, které jsou především důsledkem prakticky monopolní výroby sóji v USA. V současné době je poměrně nízká cena sójové mouky kompenzována cenou sójového oleje, který reprezentuje 51 % celkové hodnoty sóji. Nyní však prudce stoupá výroba palmového oleje v jihovýchodní Asii. Ta se od roku 1975 do roku 1982 zdvojnásobila (z 3,2 mil. t na 6,3 mil. t) a jeho výroba neustále stoupá, především díky úspěšnému zavedení nových biotechnologických metod [9]. Do průmyslového měřítka se podařilo zavést produkci klonovaných rostlin palmy olejné, která má výnosy oleje o 30 % vyšší než běžné odrůdy. Tímto způsobem se od roku 1984 připravuje více než 30 mil. sazenic ročně, kterými se nahrazuje původní výsadba na plantážích. Výsledkem jsou plantáže s naprosto identickými palmami s podstatně vyššími výnosy oleje [11]. Na základě zvyšování produkce palmového oleje, který přímo konkuruje sójovému, se předpokládá zvýšení ceny sójové bílkoviny. Na základě zvyšování produkce palmového oleje skupina amerických odborníků na ekonomiku zemědělství vypracovala expertizu vývoje cen sójové mouky. Vyplývá z ní, že cena sójové mouky v 90. letech dosáhne \$ 300 až \$ 310 za tunu a po roce 2000 téměř \$ 400 za tunu [9]. Ke zvýšení ceny sóji zřejmě přispěje i rozdíl mezi nabídkou a poptávkou na trhu krmných bílkovin na konci století.

Dalším zdrojem krmných bílkovin jsou rybí moučky. Jejich výroba po druhé světové válce prudce stoupala a maxima dosáhla v roce 1970. Potom došlo k prudkému snížení výroby, především v důsledku přelovení. Největší producent — Peru znamenalo snížení výlovu o 70 %. Současný vývoj neukazuje, že by bylo možno do konce století očekávat nějaké podstatné zvýšení výroby tohoto druhu krmných bílkovin [12].

Tabulka 1. Spotřeba bílkovin ve světě (denní spotřeba v g na 1 obyvatele) [5]

| | Živočišné bílkoviny | Rostlinné bílkoviny | Celkem |
|----------------|---------------------|---------------------|--------|
| Austrálie | 74 | 35 | 109 |
| Sever. Amerika | 71 | 34 | 105 |
| Evropa | 54 | 45 | 99 |
| Asie | 20 | 51 | 71 |
| Jižní Amerika | 26 | 39 | 65 |
| Afrika | 11 | 44 | 55 |

Tabulka 2. Vývoj poptávky po krmných bílkovinách ve světě vyjádřený v mil. t hrubého proteinu [7, 8]

| | Rok 1980 | Rok 2000 |
|--------------|----------|----------|
| Poptávka | 36,8 | 74,0 |
| výroba: sója | 25,7 | 37,9 |
| ostatní | 11,1 | 14,1 |
| celkem | 36,8 | 52,0 |
| deficit | — | 22,0 |

Tabulka 3. Výroba sóji a hektarové výnosy v letech 1969 až 1983 [10]

| | 1969—71 | 1974—76 | 1977—79 | 1980—83 |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Produkce (mil. t) | | | | |
| svět | 46,75 | 58,12 | 84,36 | 86,36 |
| USA | 31,17 | 36,76 | 52,23 | 52,85 |
| Brazílie | 1,55 | 9,67 | 10,92 | 14,14 |
| Argentina | 0,04 | 1,49 | 2,20 | 1,93 |
| Výnos (t. ha ⁻¹) | | | | |
| svět | 1,33 | 1,54 | 1,58 | 1,71 |
| USA | 1,83 | 1,77 | 2,06 | 1,97 |
| Brazílie | 1,18 | 1,67 | 1,45 | 1,71 |
| Argentina | 1,30 | 1,49 | 2,20 | 1,93 |

Cesta hledání nových zdrojů bílkovin vedla několika směry. Snaha o zvýšení obsahu proteinu v rostlinách genetickými manipulacemi zatím nepřinesla kýžené výsledky. Rovněž výlov mořských živočichů v antarktických oblastech nemůže zatím poskytovat dostatečné množství krmných bílkovin. Proto výroba SCP, i přes některé obtíže, je jedním z nejperspektivnějších způsobů řešení tohoto problému [13].

SUROVINY PRO VÝROBU SCP

Cena substrátu je rozhodující pro cenu konečného výrobku. Podle různých údajů se substrát podílí na výrobních nákladech SCP 40 až 70 % [14—17].

První průmyslová výroba SCP byla založena na substrátech obsahujících sacharidy, které vznikaly jako vedlejší produkty (odpady) při výrobě celulosy nebo hydrolýzou lignocelulosových materiálů. V Německu byly využívány sulfitové výluhy, v SSSR kyselé dřevné hydrolyzáty. Tyto suroviny se využívají i dnes ve více zemích včetně Československa [1, 2].

Sulfitové výluhy jsou výhodné, protože jejich

cena je téměř zanedbatelná. Nevýhodou je omezené množství substrátu na jednom místě, protože přímo závisí na kapacitě celulózy a rovněž sulfitové vaření je méně rozšířené než sulfátové. Současné sulfitové celulózy mají většinou kapacity 100 000 a více tun nebelené celulosy za rok. Množství sulfitového výluhu vznikající při této celulóze je dostatečné pro výrobu asi 12 000 až 18 000 t sušených kvasnic za rok v závislosti na druhu vyráběné celulosy a typu vznikajícího sulfitového výluhu. Ekonomicky příznivá podle čs. expertiz vychází výroba krmných kvasnic ze sulfitových výluhů teprve při objemu 15 000 až 18 000 t za rok. Naproti tomu podle posledních rozborů prováděných v zahraničí se považuje roční kapacita 5000 t za dostatečnou, aby byla ekonomickým přínosem pro celulózu [18]. Výroba SCP z kyselých dřevných hydrolyzátnů je průmyslově zavedena pouze v SSSR a BLR. Ekonomika těchto závodů není zcela jasná, protože příprava substrátu je energeticky náročná a zanedbatelné nejsou ani náklady na likvidaci odpadních vod.

Melasa se pro výrobu krmných mikrobiálních bílkovin využívá ve větším měřítku pouze v zemích s vysokou výrobou cukru, např. na Kubě, Jamajce a v některých zemích Asie. Protože melasa má velký význam jako energetické krmivo a slouží jako substrát pro mnoho dalších mikrobiálních výrob, je perspektiva jejího využívání pro výrobu SCP velmi omezená.

Vzhledem k nízké ceně ropy v 60. a na počátku 70. let bylo vypracováno mnoho postupů výroby SCP vycházejících z ropných produktů. Situace se však podstatně změnila po prudkém vzrůstu ceny ropy v roce 1973. Mnoho projektů bylo zastaveno, některé však našly uplatnění v průmyslové praxi.

Původně se uvažovalo o využití plynového oleje. Při kultivaci mikroorganismů na této frakci ropy dochází současně k zlepšení jejich vlastností, neboť se z ní odstraňují nežádoucí příměsi. Jak ukázaly výsledky z pokusných výrob v SSSR [19] a Francii [20, 21], je třeba velmi složitých extrakčních metod, aby se mikrobiální bílkovina zbavila všech nežádoucích příměsí. Proto se pozornost zaměřila na rafinované n-alkany. Tato surovina našla poměrně široké uplatnění v průmyslové praxi. Izolace produktu a jeho purifikace je mnohem jednodušší než v případě plynového oleje [22—29]. Při snížení ceny tohoto substrátu má velmi dobré vyhlídky, protože i kvalita SCP je velmi vysoká a technologické procesy mají dobré ekonomické parametry.

Methan nebo zemní plyn je pro výrobu SCP velmi zajímavý především pro velmi nízkou cenu. V 60. letech vzniklo několik technologických postupů ověřovaných ve zkušebních jednotkách s kapacitami mezi 100 až 1000 t za rok. Výsledky však ukázaly, že investiční i provozní náklady byly tak vysoké, že ani nízká cena substrátu nemohla zaručit dostatečně nízkou cenu konečného výrobku. Hlavní technologické nevýhody spočívají především v nízkém přestupu hmoty (malá rozpustnost methanu ve vodě), nízkých koncentracích biomasy v kultivačním prostředí a vysokých nárocích na bezpečnostní opatření. Přesto však tento substrát

nebyl zcela opuštěn. Od roku 1986 pracuje v Sovětském svazu ověřovací jednotka na výrobu mikrobiální biomasy z methanu. Využívá technologický postup, který vznikl z vědeckotechnické spolupráce mezi NDR a SSSR [2]. Pokud se najdou vhodná technická řešení, která umožní odstranit hlavní nevýhody tohoto procesu, je využití methanu perspektivní především v zemích těžících ropu a zemní plyn.

Methanol a ethanol jsou další potenciální suroviny pro výrobu SCP, které se získávají z methanu nebo ropných produktů. Obě tyto látky mají mnoho technologických výhod. Jsou velmi dobře mísitelné s vodou, koncentraci biomasy v kultivačním prostředí lze regulovat, vznikající odpadní vody jsou velmi málo znečištěny ve srovnání s jinými surovinami, separace a praní jsou nenáročné. I pro tyto suroviny byly vypracovány různé technologické postupy výroby SCP, z nichž některé byly realizovány průmyslově [30—34]. Překážkou pro jejich větší využití je vysoká cena syntetického ethanolu a vysoké investiční a provozní náklady při výrobě bakteriální biomasy z methanolu.

Různé škrobnaté suroviny využívané jako krmivo (obiloviny, maniok, brambory) mohou být obohaceny o bílkoviny kultivací mikroorganismů na pevných substrátech. Bylo prokázáno, že tímto způsobem lze na sklizni z 1 ha získat trojnásobně vyšší množství bílkovin než může poskytnout sója ze stejné výměry [35, 36]. Výhodou těchto postupů je jejich jednoduchost. Dají se využívat i v malém měřítku, investiční i provozní náklady nejsou vysoké. I když se nejedná o typické substráty pro výrobu SCP, mohou tyto postupy být velmi výhodné pro určité oblasti, zejména v rozvojových zemích [35].

Zcela nezávisle řeší otázku krmných bílkovin některé další země včetně rozvojových, např. Brazí-

lie, Salvador, Filipíny, Thajsko aj., které zaměřují výzkum výroby SCP ze surovin vznikajících jako odpad ze zpracování zemědělských produktů a jiných výrob [37—44]. Jedná se většinou o jednoduché postupy s malými kapacitami, nenáročné na investice a umožňující mnohonásobné opakování. Jejich zavedením ve větším měřítku by se řešil lokální nedostatek bílkovin zpracováním levných odpadů.

OPTIMALIZACE VÝROBY MIKROBIÁLNÍCH BÍLKOVIN

Kromě levného substrátu mohou být náklady na výrobu SCP sníženy i změnou výrobní technologie. K podstatným úsporám přispějí zlepšené parametry kultivačního procesu, především produktivita, použití kmenů s lepšími technologickými vlastnostmi a některé další optimalizace procesu.

Protože produktivita kontinuální kultivace je dána vztahem [60]

$$P = D \cdot X,$$

kde P je produktivita systému ($\text{g.l}^{-1}.\text{h}^{-1}$),
 X ... koncentrace biomasy v ustáleném stavu (g.l^{-1}),
 D ... zředovací rychlost (h^{-1}),

lze jejího zvýšení dosáhnout buď zvýšením růstové rychlosti mikroorganismů, nebo zvýšením aktuální koncentrace biomasy v systému. Zvýšení růstové rychlosti lze dosáhnout např. zvýšením rychlosti transportu mezi buňkou a vnějším prostředím [46, 47], odstraňováním inhibičních látek z kultivačního prostředí [61, 62] a optimalizací složení kultivačního prostředí [63]. Pro dosažení vysokých koncentrací biomasy v systému byly použity různé techniky včetně fermentorů s vysokým přestupem kyslíku [48, 64], dialýzy [49, 65], adaptovaných

Tabulka 4. Parametry kultivací kvasinek při vysokých koncentracích biomasy [43, 44, 47]

| | <i>Candida utilis</i> | <i>Candida utilis</i> | <i>Pichia pastoris</i> | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | <i>Kluyveromyces fragilis</i> | <i>Candida utilis</i> |
|--|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| substrát | sacharosa | ethanol | methanol | sacharosa | syrovátka | melasa |
| zředovací rychlost (h^{-1}) | 0,21 | 0,27 | 0,11 | 0,20 | 0,20 | 0,17 |
| výtěžnost (%) | 52,00 | 78,00 | 40,00 | 50,00 | 44,20 | 51,00 |
| koncentrace sušiny biomasy (g.l^{-1}) | 160,00 | 122,00 | 105,00 | 138,00 | 110,50 | 163,00 |
| produktivita ($\text{g.l}^{-1}.\text{h}^{-1}$) | 34,00 | 33,00 | 11,60 | 27,60 | 22,10 | 27,60 |

Tabulka 5. Parametry kultivací bakterií při vysokých koncentracích biomasy [43]

| | <i>Escherichia coli</i> | <i>Escherichia coli</i> | <i>Bacillus megaterium</i> | <i>Methylomonas species</i> | <i>Pseudomonas putida</i> |
|--|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| substrát | glukosa | glukosa | sacharosa | methanol | sacharosa |
| zředovací rychlost (h^{-1}) | 0,37 | 0,56 | 0,15 | 0,25 | 0,14 |
| výtěžnost (%) | 44,00 | 39,00 | 44,00 | 49,00 | 31,00 |
| koncentrace sušiny biomasy (g.l^{-1}) | 110,50 | 98,90 | 110,00 | 114,00 | 83,60 |
| produktivita ($\text{g.l}^{-1}.\text{h}^{-1}$) | 40,90 | 55,40 | 16,50 | 28,40 | 11,70 |

kmenů [50] a změnou řízení kultivačních podmínek [59].

Na základě studia kultivací s vysokou koncentrací biomasy vznikly rovnice popisující růst mikroorganismů, které jednoznačně ukazovaly, že rychlost růstu je nepřímo úměrná koncentraci biomasy v kultivačním prostředí [45, 46]. V jiných pracích bylo zjištěno snižování výtěžnosti s rostoucí koncentrací biomasy ve fermentoru [49]. Hlavní příčina těchto negativních vlivů zvyšování koncentrace biomasy na rychlost růstu a výtěžnost je spatřována ve vylučování toxických a inhibičních metabolitů během růstu mikroorganismů a jejich stoupající koncentrace v kultivačním prostředí [50].

Nový postup kultivace s vysokou koncentrací buněk byl vypracován pracovníky výzkumného oddělení firmy Provesta Corp. v USA. Navrhli a ověřili v laboratorních a poloprodučních podmínkách kultivace kvasinek a bakterií na různých substrátech, přičemž koncentrace biomasy v ustáleném stavu kontinuální kultivace přesahovala 100 g.l^{-1} [tabulka 4 a 5]. Podle publikovaných výsledků v průběhu kultivací nedocházelo ke snížení růstové rychlosti. Výtěžnost v některých případech mírně poklesla, většinou až po překročení koncentrace biomasy 120 g.l^{-1} [51–55]. Hlavní důvod velmi dobrých výsledků odporujících dosavadním teoriím spatřují autoři v použitých kmezech, které nevylučují toxické metabolity, a v optimalizaci přídavku živin, na němž tvorba metabolitů přímo závisí [51]. Tento proces byl s velmi dobrými výsledky ověřen ve fermentoru 1500 l.

Výhody tohoto procesu jsou zřejmé. Protože se pracuje s koncentrovanými substráty, podstatně se snižují investiční i provozní náklady na sterilizaci kultivačního prostředí. Podstatně se zjednodušuje separace a praní produktu. V některých případech je možno separaci zcela vyřadit. Další důležitou výhodou procesu je omezení tvorby odpadních vod na minimum. V souhrnu by tento proces znamenal podstatné snížení investičních i provozních nákladů na výrobu SCP ve srovnání s klasickými postupy. Zůstává otázkou, zda se i ve větším měřítku podaří dosáhnout dostatečný přestup kyslíku kolem 800 až $900 \text{ mmol.l}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a zajistit účinné chlazení. Provesta Corp. buduje další ověřovací jednotku s roční kapacitou 2500 t , která by měla dát na tyto otázky odpověď [48].

Bylo dosaženo i dalších významných výsledků, které mohou výrazně ovlivnit a optimalizovat výrobu SCP. Přenesením genu pro dehydrogenasu kyseliny glutamové z *Escherichia coli* do *Methylophilus methylotrophus*, bakteriálního kmene používaného pro výrobu SCP z methanolu, se zvýšilo využití amoniaku. Klonováním dalších genů stoupl obsah aminokyselin v biomase této bakterie a dosáhlo se tak výrazného zlepšení kvality produktu [56, 57]. Ke zlevnění výroby SCP mohou vést i některé nové izolační metody flokulace a flotace, elektrokoagulace, které nahrazují energeticky i investičně náročnou separaci na odstředivkách [58]. K optimalizaci kultivačního procesu i dalších operací účinně přispívá dokonalý systém měření a regulace a využití automatického řízení procesu s využitím počítačů [66].

ZÁVĚR

Pro výrobu SCP nelze jednoznačně určit nejvýhodnější substrát. Vždy je třeba vzít v úvahu místní podmínky, vývoj na mezinárodním trhu a další okolnosti. Situace v budoucnosti se zřejmě nebude podstatně odlišovat od dosavadního vývoje. Pro výrobu SCP budou využívány nejdostupnější suroviny z ekonomického hlediska. Je samozřejmé, že je nejvýhodnější využívat různé odpadní látky (sulfitové výluhy, předhydrolyzáty hemicelulos, škrobnaté odpady po zpracování obilovin a brambor, odpadní vody ze zpracovatelského průmyslu, syrovátku apod.), neboť jsou velmi levné a často výroba SCP pomáhá alespoň částečně řešit problém jejich likvidace. Zdroje těchto surovin jsou však omezené, a proto výroba SCP na jejich bázi může mít pouze lokální význam. Pro velkovýrobní závody, které by svou produkcí měly řešit nedostatek krmných bílkovin, je třeba využívat substrátů, které jsou dostupné v dostatečném množství. Rozhodující při jejich volbě bude samozřejmě cena i náklady na jejich zpracování.

Vzhledem k růstu populace, úbytku zemědělské půdy a ekonomickému růstu se výroba SCP stane v mnoha částech světa nutností. To se týká i Československa, které jako mnoho jiných států je odkázáno na dovoz krmných bílkovin. Proto by měla být věnována pozornost využití dosavadních domácích zdrojů surovin pro výrobu SCP (sulfitové výluhy, některé další odpadní vody z výroby celulosy), které představují potenciální substrát pro výrobu $30\,000 \text{ t}$ krmných bílkovin za rok. Při hodnocení efektivnosti výroby by se mělo přihlížet i k budoucímu vývoji na světovém trhu s krmnými bílkovinami a skutečné nutriční hodnotě vyráběných SCP.

Literatura

- [1] MATĚJŮ, V., KAMENÍK, V.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 294
- [2] MATĚJŮ, V., KAMENÍK, V.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 329
- [3] SCRIMSHAW, N. S.: Mammalian Protein Metabolism (H. N. Munro a J. B. Allison, Eds.), sv. 2, Academic Press, 1. vyd., New York, 1964, s. 569
- [4] WINICK, M.: J. Pediatr., **74**, 1969, s. 667
- [5] KUHMBERG, R.: Ann. Rev. Microbiol., **26**, 1972, s. 427
- [6] HOSHIAI, K.: Chem. Econ. Eng. Rev., **10**, 1978, s. 1
- [7] HOSHIAI, K.: Perspectives in World Demand of Feed Mixtures in International Symposium on Single Cell Proteins, Techn. et Docum., Paris, 1983, s. 347
- [8] SENEZ, J. C.: Progrés Scient., č. 203, 1979, s. 5
- [9] SENEZ, J. C.: Perspectives in Biotechnology and Applied Microbiology (D. I. Alani a M. Moo-Young, Eds.), Elsevier Applied Science Publishers, New York in cooperation with Arab Bureau of Education for the Gulf States, 1986, s. 33
- [10] FAO: Monthly Bull. of Statistics, č. 7/8, 1982, s. 10
- [11] KAPSTEIN, J., YANCHINSKI, S., MILLER, F. A.: Businessweek, Dec. 3, 1984, s. 40
- [12] BROWN, L. R., McGRATH, P. L., STOKES, B.: Twenty-Two Dimensions of the Population Problem, Worldwatch Paper č. 5, Worldwatch Institute, Washington, D. C., 1976, s. 11
- [13] DIMMLING, W., SEIPENBUSCH, R.: Process Biochem., **13** (3), 1978, s. 9
- [14] RUDD, D. F., WATSON, C. C.: Strategy of Process Engineering, John Wiley Sons Inc., New York, 1968, s. 128

- [15] ABBOTT, B. J., CLAMEN, A.: *Biotechnol. Bioeng.*, **15**, 1973, s. 117
- [16] CYSEWSKI, G. R., WILKE, C. R.: *Biotechnol. Bioeng.*, **18**, 1976, s. 1297
- [17] DALE, B. E., LINDEN, J. C.: *Annual Reports on Fermentation Processes*, sv. 7, Academic Press, New York, 1984, s. 107
- [18] ARNOLD, M.: *Pulp Paper Int.*, **29**, (3), 1987, s. 33
- [19] RIMMINGTON, A.: *New Scientist*, **106**, 25. June, 1985, s. 12
- [20] EWANS, G. H.: *Single Cell Protein* (R. I. Mateles a S. R. Tannenbaum, Eds.) MIT Press, 1. vyd., Cambridge, Massachusetts, 1968, s. 243
- [21] GOUNELLE de PONTANEL, H.: *Protein from Hydrocarbons*. Academic Press, 1. vyd., New York, 1973, s. 285
- [22] LAINÉ, B. M., SNELL, R. C., PEET, W. A.: *Chem. Eng.*, June 6, 1976, s. 440
- [23] SHENNAN J. L.: *Petroleum Microbiology* R. M. Atlas, Ed., Collier Macmillan Publishers, 1. vyd., London, 1984, s. 643
- [24] KANAZAWA, H.: *Single Cell Protein II* S. R. Tannenbaum a D. I. C. Wang, Eds., MIT Press, 1. vyd., Cambridge, Massachusetts, 1975, s. 438
- [25] MASSON, J. C.: *Manufacture of Proteins from Hydrocarbons*, Report Unido Expert Group Meeting, Oct. 1973, Vienna, 1973, s. 126
- [26] LASKIN, A. I.: *Annual Reports on Fermentation Processes*, sv. 1, Academic Press, New York, 1977, s. 151
- [27] OIWA, J.: *n-Alkanes as a Potential Substrate for SCP Production in Proceedings of APRIA Symposium on Single Cell Protein*, Paris, 28.—30. Jan., 1981, s. 43
- [28] SKRJABIN, G. K., EROŠIN, V. K.: *Mikrobiologija*, **46**, 1977, s. 657
- [29] Anonym: *Eur. Chem. News*, August 18, 1980, s. 6
- [30] SMITH, S. R. L.: *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, B 270, 1980, s. 6
- [31] SENIOR, P. J., WINDASS, J.: *Biotechnol. Lett.*, **2**, 1980, s. 205
- [32] RIDGEWAY, J. A., LAPPIN, T. A., BENJAMIN, B. M., CORNS, J. B., AKIN, C.: *Food Eng.*, **49** (6), 1977, s. 95
- [33] ADÁMEK, L., ŠTROS, F., RUT, M.: *Kvas. prům.*, **22**, 1976, s. 153
- [34] AMOCO FOODS CO.: *Torutein Product Bulletin*, Chicago, Illinois, 1974
- [35] RIMBAULT, M.: *Fermentation en milieu solide*, CRSTOM, 1. vyd., Paris, 1981, s. 291
- [36] SENEZ, J. C.: *Acta Biotechnol.*, **3**, 1983, s. 299
- [37] NIGAM, P., PRABHU, K. A.: *Biol. Wastes*, **19**, 1987, s. 275
- [38] NUDEL, B. C., WAEHNER, R. S., FRAILE, E. R., GIULIETTI, A. M.: *Biol. Wastes*, **22**, 1987, s. 67
- [39] NWABUEZE, T. U., OGUNTIN, G. E.: *Biol. Wastes*, **20**, 1987, s. 71
- [40] RICCI, J. C. D., CALLIERI, D. A. S., CARRO, O.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **27**, 1987, s. 100
- [41] PUJOL, F., BAHAR, S.: *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **18**, 1983, s. 361
- [42] NJOKU, C. C., ANTAI, S. P.: *Lett. Appl. Microbiol.*, **4**, 1987, s. 133
- [43] YUTHAVONG, Y.: *J. Sci. Soc. Thailand*, **13**, 1987, s. 1
- [44] TAU, S. M.: *Ciência e Cultura*, **31**, 1979, s. 522
- [45] CONTOIS, D. E.: *J. Gen. Microbiol.*, **21**, 1959, s. 40
- [46] DEAN, A. C. R., HINSHELWOOD, C. N.: *Growth, Functions and Regulations in Bacterial Cells*, Oxford University Press, 1. vyd., London, 1966, s. 148
- [47] KONAK, A. R.: *Biotechnol. Bioeng.*, **17**, 1975, s. 271
- [48] KLAUSNER, A.: *Biotechnology*, **2**, 1984, s. 853
- [49] LANE, A. G.: *J. Appl. Chem. Biotechnol.*, **27**, 1977, s. 165
- [50] PUHAR, E., LORENCE, I., GUERRA, L. H., FIECHTER, A.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 1982, s. 312
- [51] SHAY, L. K., HUNT, H. R., WEGNER, G. H.: *J. Ind. Microbiol.*, **2**, 1987, s. 165
- [52] SHAY, L. K., WEGNER, G. H.: *J. Dairy Sci.*, **69**, 1986, s. 676
- [53] WEGNER, G. H., HARDER, W.: *Ant. Leeuw.*, **53**, 1987, s. 29
- [54] WEGNER, G. H.: *Chem. Eng. Sept.*, **5**, 1983, s. 56
- [55] SHAY, L. K., WEGNER, G. H.: *Food Technol.*, **39** (10), 1985, s. 61
- [56] GAUTIER, F.: *A new Bacterial Strain for SCP Production in 6th International Fermentation Symposium*, London, Ontario, 20.—25. July 1980, National Research Council, Ottawa, 1980, s. 102
- [57] WINDASS, J. D.: *Nature*, **287**, 1980, s. 396
- [58] FAUST U., PRAVE, P.: *Process Biochem.*, **14** (11), 1979, s. 28
- [59] MORI, H., YAMANÉ, T., KOBAYASHI, T., SHIMIZU, S.: *J. Ferment. Technol.*, **61**, 1983, s. 391
- [60] AIBA, S., HUMPHREY, A. E., MILLIS, A. E.: *Biochemical Engineering*, University of Tokyo Press, 1. vyd. Tokyo, 1973, s. 137
- [61] FIKUDA, H., SHIOTANI, T., OKADA, W., MORIKAWA, H.: *J. Ferment. Technol.*, **56**, 1978, s. 354
- [62] MARGARITIS, A., WILKE, C. R.: *Biotechnol. Bioeng.*, **20**, 1978, s. 709
- [63] DAIRAKU, K., YAMASAKI, Y., MORIKAWA, H., SHIOYA, S., TAKAMATSU, T.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 1982, s. 67
- [64] MATSUMURA, M., UMEMOTO, K., SHINABE, K., KOBAYASHI, J.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 1982, s. 565
- [65] LANDWALL, P., HOLME, T.: *J. Gen. Microbiol.*, **103**, 1977, s. 345
- [66] ROLF, M. J., HENNIGAN, P. J., MOHLER, R. D., WEIGAND, W. A., LIM, H.: *Biotechnol. Bioeng.*, **24**, 1982, s. 1191

Lektoroval Ing. M. Sobotka, CSc.

Matějů, V. - Kameník, V.: Perspektivy výroby mikrobiálních bílkovin. Kvas. prům., **34**, 1988, č. 8—9, s. 246—250.

Na základě předpokládaného vývoje potřeby a výroby klasických krmných bílkovin (soja, rybí moučka), jsou zhodnoceny perspektivy rozvoje výroby mikrobiálních bílkovin, využitelnost různých substrátů a možnosti optimalizace technologických postupů. Pozornost je zaměřena především na technologické inovace, které intenzifikují výrobu mikrobiálních bílkovin a snižují investiční i výrobní náklady.

Матею, В. — Каменик, В.: Перспективы производства микробных белков. Квас. прум., **34**, 1988, № 8—9, стр. 246—250.

На основе предполагаемого развития потребности и производства классических кормовых белков (соя, рыбная мука) оцениваются перспективы развития производства микробных белковых веществ, применимость разных субстратов и возможности оптимизации технологических методов. Внимание обращено прежде всего на новые технологические методы, которые содействуют интенсификации производства микробных белков и снижают величину капитальных вложений и производственных расходов.

Matějů, V. - Kameník, V.: Prospects of SCP Production. Kvas. prům., **34**, 1988, No. 8—9, pp. 246—250.

On a base of the proposed development and production of classical fodder proteins (soya, fish flour) the prospects of SCP production are evaluated from the standpoint of the utilization of various substrates and the optimization of technological procedures. Also technological innovations are taken into account with respect to the possible decrease of investment and production costs.

Matějů, V. - Kameník, V.: Perspektiven der Produktion mikrobieller Eiweißstoffe. Kvas. prům., **34**, 1988, Nr. 8—9, S. 246—250.

Aufgrund der vorausgesetzten Entwicklung der Forderungen und der Produktion klassischer Futtermittelproteine (Soja, Fischmehl) werden die Perspektiven der Produktion mikrobieller Eiweißstoffe, die Ausnützbarkeit verschiedener Substrate und die Möglichkeit der Optimierung der technologischen Verfahren erörtert und ausgewertet. Die Aufmerksamkeit wird vor allem den technologischen Innovationen gewidmet, die die Herstellung mikrobieller Eiweißstoffe intensivieren und die Investitions sowie auch Produktionskosten herabsetzen.