

Výroba mikróbných bielkovín zo srvátky

037.344.8:547.96
663.15:547.96 663.127

RNDr. JOZEF ŠANDULA, CSc., Ing. LADISLAV MASLER, CSc., a RNDr. ANNA VOJTKOVÁ, CSc. Centrum chemického výskumu SAV, Chemický ústav, Bratislava

Kľúčové slova: *syrovátka, využití, mikrobiální bílkoviny, kvasničná biomasa*

Srvátka je dôležitým vedľajším produktom mliekarenskeho priemyslu, v ktorej po spracovaní mlieka na maslo, syry a tvaroh ostáva až 50 % pôvodnej sušiny mlieka. Do srvátky prechádza celá sacharidická zložka, časť bielkovín, vitamínov a minerálne látky.

Vzostup socialistického poľnohospodárstva predpokladá podstatné zvýšenie živočíšnej výroby. Základom rozvoja živočíšnej výroby je zabezpečenie dostatku krmív najmä bielkovinových. Jednou z možností predstavuje aj využitie srvátky, jej obohatenie mikróbnymi bielkovinami fermentačnou cestou, jej premenu z glycidového na hodnotné bielkovinové krmivo. Výhoda srvátky ako zdroja uhlíka a energie pre výrobu mikróbných bielkovín oproti iným druhotným surovinám je i to, že nepotrebuje žiadnu špeciálnu úpravu a po fermentácii nevzniká nežiaduci odpad, ale po vhodnom technologickom spracovaní celý substrát možno použiť ako krmivo.

Podľa technologického spracovania mlieka odpadá pri výrobe syrov sladká srvátka, pri výrobe tvarohu kyslá srvátka. Tieto sa vzájomne líšia svojimi vlastnosťami a chemickým zložením. Priemerné hodnoty koncentrácie hlavných zložiek srvátky sú uvedené v tab. 1 [1]. Hlavnou zložkou srvátky je laktóza, ktorá tvorí 70–80 % celkovej sušiny. Pri obohatení srvátky mikrobiálnymi bielkovinami ide predovšetkým o jej využitie ako zdroja uhlíka a energie pre rast mikroorganizmov. Ďalšou dôležitou zložkou srvátky sú bielkoviny, ktoré po vyzrážaní kazeínu z mlieka ostávajú rozpustné. Do srvátky prechádza 20–25 % bielkovín mlieka. Okrem bielkovín sú v srvátke aj nízkomolekulárne dusíkaté látky, ako oligopeptidy, voľné aminokyseliny, purínové zásady a ďalšie. Vysoká biologická hodnota srvátky je daná aj obsahom vitamínov a minerálnych látok.

Efektívne podchytenie a zúžitkovanie vyrobenej srvátky je stále veľkým problémom mliekarenského priemyslu

nielen u nás, ale i vo svete. Potravinársky priemysel poskytuje síce široké možnosti využitia srvátky buď priamo do jednotlivých výrobkov, alebo vo forme koncentrátu. Používa sa ako prísada do rôznych pekárenských výrobkov, z nej získané bielkoviny sa pridávajú do tavených syrov, mrazených smotanových krémov, mäsových výrobkov, polievok apod. [2]. V niektorých krajinách sa používa na výrobu nápojov, z koncentrovaného ultrafiltrátu sa pripravuje víno apod. [3]. No i tak sa na potreby potravinárskeho priemyslu nepoužije viac ako 15–20 % z celkovej výroby.

Srvátka ako substrát slúži na výrobu niektorých chemikálií. Zahustením a kryštalizáciou sa získava laktóza, mikróbnou fermentáciou kyselina mliečna, propiónová a octová [4]. Enzymovou hydrolýzou pomocou β -galaktozidázy sa vyrába glukózo-galaktózový sirup používaný ako sladidlo v potravinárskom priemysle. Úspešné pokusy sa robili aj s fermentáciou ultrafiltrátu srvátky na výrobu ethanolu [5]. Časť srvátky u nás i v zahraničí sa využíva na kŕmne účely pre hospodárske zvieratá. V minulosti sa v blízkosti mliekarenských závodov budovali

Tab. 1. Chemické zloženie čerstvej a sušenej srvátky

Zložky v %	Sladká	Kyslá	Suš. sladká	Suš. kyslá
sušina	6,3	6,5	96,5	96,0
voda	93,7	93,5	3,5	4,0
tuk	0,5	0,04	0,8	0,6
celkové bielk.	0,8	0,75	13,1	12,5
laktóza	4,85	4,90	75,0	67,4
kys. mliečna	0,05	0,8	0,2	4,2
popol	0,5	0,8	7,3	11,8

výkrmne prasiat, z hygienických dôvodov sa tento trend zastavil. Napriek tomu, že srvátka má značnú biologickú hodnotu, koncentrácia živín v nej je veľmi nízka, preto jej preprava na väčšie vzdialenosti je neekonomická, najmä dnes, keď šetrenie pohonnými látkami je príkazom dňa. Skutočnosť, že srvátka obsahuje 93–95 % vody, je hlavným technologickým a ekonomickým problémom jej zúžitkovania. Najbežnejším spôsobom dehydratácie srvátky je zahustenie na technických odparkách a vákuové sušenie, preto v posledných rokoch sa budujú veľké sušiarenské kapacity.

Napriek širokým aplikačným možnostiam srvátky ostáva stále jej časť nevyužitá. Srvátka ako odpad mimoriadne zafarbuje čistiace stanice a oberá vodné toky o kyslík, preto jej úplné využitie má veľký význam aj z hľadiska čistoty a zachovania životného prostredia.

Pasterizáciou mlieka sa ničí podstatná časť mikroorganizmov, niektoré však prežívajú a dostávajú sa do srvátky. Za vhodných podmienok sa tieto mikroorganizmy rýchle rozmnožujú a menia komponenty srvátky. Ukázalo sa, že samovoľná fermentácia a nekontrolovaný rast tzv. divých mikroorganizmov z hľadiska premeny laktózy na mikróbnu bielkovinu je nevýhodná, pretože prítomné mikroorganizmy metabolizujú jednotlivé zložky substrátu, medzi nimi aj bielkoviny srvátky, ale celkové množstvo bielkovín po takej fermentácii nestúpa. Preto sa zaviedla cieľená kultivácia s mikroorganizmami, ktoré uťilizujú laktózu a vytvárajú množstvo biomasy bohatej na bielkoviny. Takto kultiváciou vhodného kmeňa možno zvýšiť obsah bielkovín v srvátke niekoľkonásobne.

Ako producenty mikróbných bielkovín zo srvátky sa najčastejšie používajú kvasinky. Ich sušina obsahuje 40–50 % bielkovín, 25–35 % sacharidov, 2–5 % tukov a 6–10 % minerálnych látok. Sú tiež bohatým zdrojom vitamínov, hlavne skupiny B. Bielkoviny kvasiniek sú bohaté na lyzín, na druhej strane majú nízky obsah sýrnych aminokyselín. Z tohto hľadiska je veľmi výhodná ich kultivácia na srvátke, pretože spolu s bielkovinami srvátky poskytujú plnohodnotné bielkoviny vhodné na výživu ľudí i zvierat.

K priamej uťilizácii srvátky sa môžu využiť len tie druhy kvasiniek, ktoré asimilujú laktózu. V prírode je takých druhov relatívne málo, napr. spomedzi 81 druhov rodu *Candida* len 13, z 36 druhov rodu *Torulopsis* len 4 druhy využívajú laktózu ako zdroj uhlíka a energie [6]. Uťilizácia laktózy u kvasiniek môže prebiehať dvoma cestami — oxidáciou pri aeróbných podmienkach a kvasením pri anaeróbných podmienkach rastu. Druhy rodov *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Debaryomyces* sú schopné metabolizovať laktózu oboma cestami, druhy rodu *Candida* alebo *Torulopsis*, ktoré nemajú fermentačné schopnosti, metabolizujú laktózu len cestou oxidácie. Z hľadiska tvorby biomasy použitie týchto druhov na fermentáciu je výhodnejšia, pretože dávajú vyššie výťažky biomasy ako predošlé.

Prvé pokusy obohatiť srvátku bielkovinami pomocou kvasiniek boli uskutočnené ešte koncom 40. rokov [7]. Najčastejšie k fermentácii srvátky sa používajú druhy *Kluyveromyces fragilis*, taktiež niektoré druhy rodov *Saccharomyces*, *Candida* a *Torulopsis*. Moon a Platt [8] vyvinuli technologický postup výroby mikrobiálnych bielkovín zo srvátky kmeňmi *Candida curvata* a *Trichosporon cutaneum*, ktoré produkujú popri bielkovinách i značné množstvo tuku. Sledovali aj odbúravanie organických látok v priebehu fermentácie a zistili, že už po 6 h kultivácie sa znížila biologická spotreba kyslíku o 85 %. U nás bola vyvinutá fermentácia srvátky s prídavkom etanolu, čím sa dosiahli vysoké výťažky biomasy [9]. V posledných rokoch bolo v zahraničí vypracovaných niekoľko technologických postupov spracovania srvátky kvasinkami, v ZSSR, USA, Francúzsku, Poľsku pracujú

veľkokapacitné prevádzky na výrobu kvasničnej biomasy.

Výroba mikróbných bielkovín zo srvátky predpokladá vysokú koncentráciu základnej suroviny, napr. veľkokapacitné syrárne, tvarohárne, alebo výrobné kazeínu, kde denná produkcia sa pohybuje v rozmedzí 100 až 500 000 l denne, pretože len takéto kapacity môžu pracovať rentabilne. Veľkokapacitné mliekarenské závody, ktoré sa u nás v posledných rokoch stavajú, tomuto predpokladu plne vyhovujú. Úspešná fermentácia srvátky vyžaduje tiež produkčný kmeň s rýchlym rastom, nízkymi nárokmi na pridávané živiny, schopnosť kvantitatívne využívať laktózu a vytvárať biomasu bohatú na bielkoviny. V našej práci sme sa zamerali na kmene kvasiniek, ktoré týmto predpokladom najviac vyhovujú. Hľadali sme optimálne podmienky ich rastu, prevedli sme výber kmeňov, ktoré dávajú najvyššie výťažky biomasy a bielkovín.

Materiál a metódy

Použitie kmeny. Testovali sme kmene patriace do rodov *Candida*, *Cryptococcus*, *Kluyveromyces*, *Pachysolen*, *Saccharomyces* a *Torulopsis*, ktoré asimilujú laktózu. Na kultivačné pokusy a podrobnejšie analýzy sme použili nasledujúce kmene: *Candida humicola* CCY 29-11-3, *Candida intermedia* CCY 29-12-1, *Candida pseudotropicalis* CCY-29-8-10, *Candida tropicalis* CCY 29-7-6, *Cryptococcus laurentii* CCY 17-3-3, *Kluyveromyces fragilis* CCY 51-1-1, *Kluyveromyces lactis* CCY 21-3-1, *Pachysolen tannophilus* CCY 53-1-1, *Saccharomyces cerevisiae* CCY 21-4-13, *Torulopsis candida* CCY 26-9-9. Všetky kmene pochádzajú z Československej zbierky kvasiniek a kvasinkovitých mikroorganizmov, Chemický ústav SAV v Bratislave. Kultúry boli udržiavané na sladinkovom agare.

Kultivácia mikroorganizmov. K pokusom sme použili kyslú srvátku z Milex n. p. Bratislava (sušina 5,83 %, laktóza 4,8 %), sladkú srvátku z Milex n. p. Levice (sušina 6,2 %, laktóza 4,9 %). Srvátku pred kultiváciou, po pridaní živín a úprave pH, sme sterilizovali v autokláve 15 min a po vychladnutí sme očkovali suspenziou buniek. Optimalizáciou podmienok rastu testovaných druhov (prídavok jednotlivých živín, pH, teplotu) sme robili na rotačnej trepačke v 250 ml bankách so 100 ml srvátky. Rast najlepšie rastúcich kmeňov sme preverili v 50 l fermentore a tiež kontinuálnou kultiváciou na laboratórnom fermentore LF 2, vyrobenom v dielňach ČSAV v Prahe.

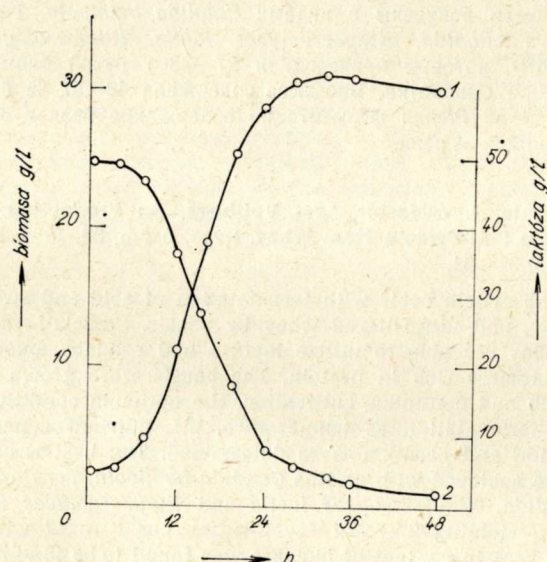
Analytické metódy. Stanovenie sušiny — 2 paralelné vzorky po 2 ml sa sušili pri 105 °C do konštantnej váhy. Z fermentácie sa biomasa odstredila pri 3000 ot/min, premyla 2 ml dest. vody a sušila ako vyššie uvedené. Sacharidy sa stanovili fenol-sírovou metódou [10]. Dusík sa stanovil na elementárnom analyzátore Perkin-Elmer model 240. Celkové bielkoviny sa vypočítali násobením celkového obsahu dusíka $\times 6,25$, alebo sa zistili *Lowryho metódou* [11]. Aminokyseliny sa stanovili na automatickom analyzátore aminokyselín (Dielne ČSAV Praha).

Výsledky a diskusia

Srvátka obsahuje všetky elementy, ktoré sú potrebné k rastu mikroorganizmov. Jednotlivé zložky nie sú však zastúpené tak, aby zaistili maximálny rast a využitie celého substrátu. Hlavným zdrojom uhlíka a energie srvátky je laktóza, jej relatívne vysoká koncentrácia je v kontraste s nízkym podielom dusíkatých látok. Okrem toho dusík v srvátke je zastúpený predovšetkým vo forme bielkovín a v priebehu kultivácie nám ide o to, aby rastúce mikroorganizmy neutilizovali mliečne bielkoviny, ale aby tie ostali zachované. Pomer uhlíka k dusíku v srvátke je približne 48 : 1, tento pomer v bunkách kvasiniek je 7 : 1. Preto dusík sa dodáva do srvátky vo forme síranu amonného, amoniaku alebo močoviny. Keďže kvasinky sú náročné i na obsah minerálií — hlavne fosforu,

draslík a horčík, tieto látky sa pridávajú vo forme solí, aby neboli limitujúcim faktorom rastu. Ostatné zložky potrebné k rastu mikroorganizmov ako mikroelementy, vitamíny, esenciálne aminokyseliny sa nachádzajú v srvátke v dostatočnom množstve. Vyskúšali sme optimálnu koncentráciu jednotlivých anorganických živín. Zistili sme, že kvasinky lepšie rástli, ak sa dusík pridal vo forme síranu amonného a z časti vo forme močoviny. Do 1 litra srvátky sme pridávali nasledujúce množstvo živín: síran amonný 5 g, močovinu 2,5 g, hydrogenfosforečnan dvojdraselný 2 g a síran horečnatý 0,5 g.

U testovaných kmeňov sme sledovali rast a výťažky biomasy v závislosti na pH kultivačného média. Optimum pH pre jednotlivé kmene je rozdielne, napr. *Candida humicola*, ktorá dáva najvyššie výťažky zo všetkých kmeňov na kyslej srvátke, má optimum rastu pri pH 4,4, kmeň *Candida intermedia* pri pH 5,0. Optimum pH pre všetky kmene leží v rozmedzí 4,4–5,3, pri nižšom alebo vyššom pH výťažky biomasy silne klesajú. Ojedinelý zjav sme zistili u druhu *Pachysolen tannophilus*, ktorý rastie aj v extrémne kyslom prostredí pri pH 2,0. Tento druh sa v posledných rokoch často používa v laboratorných pokusoch pri premene sacharidov na etanol. pH kultivačného média sa mení v priebehu rastu kvasiniek, ktoré okrem laktózy využívajú aj prítomné organické kyseliny a tým sa posúva pH do vyšších hodnôt.



Obr. 1. Rastová krivka kmeňa *Candida humicola* na kyslej srvátke a rýchlosť využitia laktózy pri pH 5,0 a teplote 28 °C

1 — rastová krivka, 2 — využitia laktózy

U niektorých kmeňov sme sledovali rast a výťažok biomasy v závislosti na teplote v rozmedzí 20 až 36 °C. U väčšiny testovaných kmeňov najrýchlejší nárast biomasy sme získali v teplotnom rozmedzí 28–32 °C, pri nižšej teplote rast bol pomalý, pri vyššej teplote výťažky biomasy aj obsah ich bielkovín klesali.

Rast testovaných kmeňov a výťažky biomasy sme sledovali na kyslej a sladkej srvátke. Najlepšie výsledky sme získali s kmeňmi *Candida humicola* (obr. 1), *Candida intermedia*, *Torulopsis candida*, *Kluyveromyces lactis* a *Kluyveromyces fragilis*, ktoré dávali 27–33 g sušiny na 1 liter kultivačného média. Výťažky biomasy jednotlivých kmeňov po 48 h rastu kultúry sú uvedené v tab. 2. Je zaujímavé, že na srvátke rastú i také kmene kvasiniek,

Tab. 2. Výťažky biomasy kvasiniek na kyslej a sladkej srvátke po 48 h kultivácie pri pH 5,0 a teplote 28 °C

Druh	Kyslá srvátka [g/l]	Sladká srvátka [g/l]
<i>C. humicola</i>	33,1	26,5
<i>C. intermedia</i>	30,3	23,1
<i>C. pseudotropicalis</i>	24,2	22,3
<i>C. tropicalis</i>	14,7	16,2
<i>Cr. laurentii</i>	13,6	15,4
<i>Kl. fragilis</i>	28,3	27,0
<i>Kl. lactis</i>	27,5	30,2
<i>P. tannophilus</i>	19,3	18,1
<i>S. cerevisiae</i>	16,8	17,7
<i>T. candida</i>	28,4	31,1

Tab. 3. Výťažok biomasy a obsah bielkovín kmeňa *Torulopsis candida* na sladkej a deproteinovanej sladkej srvátke po 48 h kultivácie pri pH 5,0 a teplote 28 °C

Substrát	Výťažok [g/l]	Bielkoviny [%]
sladká srvátka	30,3	54,1
teplom deproteinovaná	25,3	47,6
sladká srvátka	24,6	48,3
ultrafiltrát sladkej srvátky		

ktoré neasimilujú laktózu, napr. *Saccharomyces cerevisiae* alebo *Candida tropicalis*. Tento fakt možno vysvetliť tak, že pri sterilizácii dochádza k čiastočnému rozkladu laktózy na glukózu a galaktózu, čím sa umožní rast týchto mikroorganizmov, výťažky ich biomasy sú však nízke. Pri kultivácii srvátky okrem množstva vytvorenej biomasy dôležitú úlohu hrá aj rýchlosť rastu kultúry, ktorá závisí nielen od kmeňa a optimálnych podmienok rastu, ale i od množstva inokula, ktoré sa použije pri statickej kultivácii. Vo väčšine kultivačných pokusov sme používali inokulum s obsahom 2,5–3 g buniek v suspenzii. Pri menšej náseade rast bol pozvolnejší a najvyššie výťažky sa dosiahli až po 3–4 dňoch.

Množstvo vytvorenej biomasy v srvátke je limitované koncentráciou uhlíkatého zdroja, v tomto prípade laktózy. Je známe, že z gramu sacharidov sa vytvorí za optimálnych podmienok 0,5 g mikrobiálnej biomasy. Ak počítame, že v srvátke je 4,8 % laktózy, po kultivácii môže sa z nej vytvoriť 24 g biomasy na liter srvátky. Okrem sacharidov sa metabolizujú aj ostatné organické látky prítomné v srvátke (kyselina mliečna, aminokyseliny apod.), tiež teplom denaturované bielkoviny obohacujú mikrobiálnu biomasu. I tak výsledky 27–33 g sušiny na liter srvátky, ktoré sme dosiahli niektorými kmeňmi kvasiniek, predstavujú hornú hranicu výťažnosti z hľadiska tvorby mikrobiálnej biomasy.

Bielkoviny srvátky po kultivácii a odstredení prechádzajú do biomasy, zvyšujú výťažok ako aj celkový obsah bielkovín. Aby sme zistili podiel mliečnych bielkovín na celkovom množstve bielkovín vo fermentovanej srvátke, previedli sme kultiváciu kmeňa *Torulopsis candida* na sladkej srvátke a deproteinovanej sladkej srvátke. Deproteináciu sme robili jednak teplom, po krátkom varení vyzrážané bielkoviny sa odcentrifugovali a supernatant sa použil na kultiváciu, jednak ultrafiltráciou na prístroji Amicon a nízkomolekulárny podiel — permeát sa sfer-

mentoval. Výsledky pokusu ukazuje tab. 3. Najvyššie výťažky biomasy ako i obsah bielkovín sme získali na natívnej sladkej srvátke. Z pokusu vyplýva, že kvasinky dobre rastú na deproteínovanej srvátke. V tomto prípade bielkoviny srvátky, hlavne ak sa získali ultrafiltráciou, si plne zachovávajú svoje biologické vlastnosti a možno ich použiť ekonomicky výhodnejšie v potravinárskom priemysle.

Biomasa kvasiniek z jednotlivých pokusov na kyslej a sladkej srvátke sme analyzovali na obsah bielkovín. Testované kmene kvasiniek produkovali biomasu s obsahom 46–57 % bielkovín, najnižší obsah sme zistili u kmeňa *Cryptococcus laurentii*, najvyšší u *Candida tropicalis*. Ak počítame, že srvátka obsahuje 4–5 g mliečnych bielkovín na liter a po kultivácii kvasinkami vzniká 30–33 g biomasy s obsahom vyše 50 % bielkovín, získame po fermentácii 15–18 g bielkovín, to predstavuje 3,5 až 4násobné zvýšenie obsahu bielkovín oproti pôvodnej srvátke. Bielkoviny jednotlivých druhov sa analyzovali na obsah aminokyselín. Biomasa, ktorú získame po fermentácii srvátky kvasinkami, má vyšší obsah sfry obsahujúcich aminokyselín, napr. metionínu, ako biomasa, ktorá sa získala kultiváciou na inom zdroji uhlíka, napr. na lignocelulózových materiáloch [12]. Tento fakt možno pripísať mliečnym bielkovinám, ktoré po kultivácii sa zrážajú a obohacujú biomasu kvasiniek.

Pri veľkokapacitnom spracovaní srvátky prichádza do úvahy niekoľko technologických postupov. Fermentovaná srvátka sa zahusťí na odparkách a vákuovým sušením sa získa vo forme prášku. Týmto spôsobom, energeticky síce náročnejším, získajú sa všetky komponenty srvátky a nevzniká žiaden odpad. Premenou laktózy na mikrobiálnu biomasu sa zlepšia podmienky aj pre sušenie srvátky. Iný energeticky menej náročný spôsob je fermentácia srvátky a jej zahusťenie kontinuálnou centrifugáciou. Tekutá biomasa s vysokým obsahom sušiny sa použije na výrobu krmných zmesí priamo, alebo na valcovej sušičke sa pripraví suchý preparát. Ďalšou možnosťou je oddelenie bielkovín srvátky ultrafiltráciou a použitie permeátu na výrobu krmných kvasiniek uvedenými spôsobmi.

Srvátka je vhodnou druhotnou surovinou pre mikróbnu spracovanie a získanie bielkovinového krmiva. Úspešné riešenie problematiky však vyžaduje pohľad nielen z hľadiska základného výskumu, ale i prístup z hľadiska technologického a energetického, aby sa našli ekonomicky najvhodnejšie podmienky na výrobu mikróbných bielkovín.

Autori ďakujú RNDr. A. Kockovej-Kratochvílovej DrSc. za poskytnutie kmeňov kvasiniek a M. Proftovej, Š. Hájskej, V. Stuchlíkovi za technickú spoluprácu.

Literatúra

- [1] KOSIKOWSKI, F. V.: J. Dairy Sci. **62**, 1979, s. 1149
- [2] FORMAN, L., MERGL, M. a kol.: Syrovátka a její využití v lidské výživě a ve výživě zvířat. VÚPP Praha 1979
- [3] KOSIKOWSKI, F. V., WZOREK, W.: J. Dairy Sci. **60**, 1977, s. 1982
- [4] ZALAŠKO, M. V., ZALAŠKO, L. S.: Mikrobiální syntéza na moločnej syrovátke. Vydav. Nauka i technika, Minsk 1976
- [5] MOULIN, G., GUILLAUME, M., GALZY, P.: Biotechnol. Bioeng. **22**, 1980, s. 1277
- [6] LODDER, J.: The Yeast. North Holland Publ. Co. Amsterdam-London 1970
- [7] MÜLLER, W. R.: Milchwissenschaft **5**, 1949, s. 147
- [8] MOON, N., PLATT, J.: Dissert. Abst. Int. **40**, 1980, s. 3079 B
- [9] FORMAN, L., MERGL, M., OBERMAYER, O.: Kvas. prům., **21**, 1975, s. 283
- [10] DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. J., REBERS, P. A., SMITH, F.: Analyt. Chem. **28**, 1956, s. 350
- [11] LOWRY, N. O., ROSENBRUGH, N., FARR, A. L., RANDALL, R. J.: J. Biol. Chem. **193**, 1951, s. 265
- [12] ŠANDULA, J., MASLER, L., VOJTKOVÁ, A.: Zborník — Využívání netradičních zdrojů bílkovin a energie ve výživě hospodářských zvířat, Senec 1977, s. 148

Šandula, J. - Masler, L. - Vojtková, A.: Výroba mikróbných bielkovín zo srvátky. Kvas. prům. **30**, 1984, č. 2, s. 31–34.

Článok sa zaoberá fermentáciou kyslej a sladkej srvátky a ultrafiltrátu srvátky kvasinkami. Niektoré druhy kvasiniek využívajú laktózu a produkujú biomasu bohatú na bielkoviny. Fermentáciu srvátky sme robili statickou a kontinuálnou kultiváciou, optimalizovali sme podmienky rastu mikroorganizmov — teplotu, pH, prídavok živín a aeráciu. Najlepšie výsledky sme dosiahli s druhmi *Candida humicola*, *Torulopsis candida*, *Kluyveromyces lactis* a *Kluyveromyces fragilis*, ktoré dávali 27–33 g suchej biomasy na liter srvátky. Obsah bielkovín biomasy bol 48–57 % a celkový obsah bielkovín srvátky po fermentácii sa zvýšil 3,5–4násobne.

Шандула, И., — Маслер, Л., — Войткова, А.: Производство микробных белков на сыворотке. Квас. прум. **30**, 1984, № 2, стр. 31–34.

Статья занимается ферментацией творожной и подсырной сыворотки дрожжами. Некоторые виды дрожжей утилизируют лактозу и производят биомассу богатую белками. Ферментация была сделана статической и проточной культивацией, были найдены оптимальные условия роста микроорганизмов — температура, pH, добавки минеральных солей и аэрация. Лучшие результаты были получены с видами *Candida humicola*, *Torulopsis candida*, *Kluyveromyces lactis*, *Kluyveromyces fragilis*, которые производили 27–33 г сухой биомассы / л сыворотки. Биомасса содержала 48–57 % белков и в течении ферментации содержание белков возросло 3,5–4 раза.

Šandula, J. - Masler, L. - Vojtková, A.: Production of Single Cell Protein from Whey. Kvas. prům. **30**, 1984, No. 2, pp. 31–34.

The article deals with fermentation of acid and sweet whey, and ultrafiltered whey by yeasts. Some of yeast species are able to utilize lactose and produce amount of biomass rich in protein. The yeasts were grown by batch and continuous cultivation, the optimum conditions for fermentation as temperature, pH, nutrient concentration and aeration were determined. The best results were achieved with strains *Candida humicola*, *Torulopsis candida*, *Kluyveromyces lactis* and *Kluyveromyces fragilis*, yielding 27–33 g dry biomass per litre of whey. The protein content of biomass was found to be 48–57 % and the amount of protein was increased by fermentation 3,5–4 times.

Šandula, J. - Masler, L. - Vojtková, A.: Herstellung mikrobieller Proteine aus der Molke. Kvas. prům. **30**, 1984, Nr. 2, S. 31–34.

Es wird über die Fermentierung von saurer und süßer Molke, sowie des Ultrafiltrates der Molke mit Hefe berichtet. Einige Hefearten nutzen Laktose und produzieren Biomasse mit hohem Proteingehalt. Die Fermentierung der Molke wurde mit statischer und kontinuierlicher Kultivierung durchgeführt und die Optimalisierung der Wachstumsbedingungen der Mikroorganismen — Temperatur, pH, Nährstoffkonzentration und Aeration untersucht. Die besten Ergebnisse erhielten wir mit den Arten *Candida humicola*, *Torulopsis candida*, *Kluyveromyces lactis* und *Kluyveromyces fragilis*, welche 27–33 g trockener Biomasse per Liter Molke ergaben. Der Proteingehalt der Biomasse betrug 48–57 % und der Gesamtproteingehalt der Molke erhöhte sich nach der Fermentierung 3,5–4 mal.