

# Návrh zariadenia pre kontinuálnu produkciu čistých kultúr vínnych kvasiniek

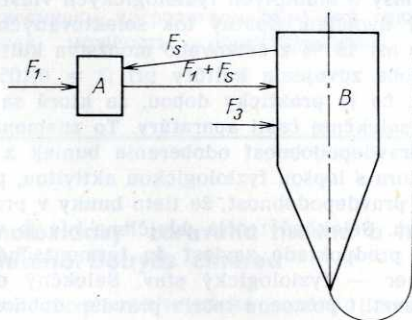
663.132—932  
663.252.41—932

Ing. FEDOR MALÍK, CSc. - Doc. Ing. JÁN HRONČEK, CSc., Chemickotechnologická fakulta SVŠT Bratislava

Do redakcie došlo 2. z. 1974

Pozoruhodné poznatky zo štúdia propagácie čistých kultúr vínnych kvasiniek nám umožňujú predložiť návrh zariadenia na produkciu kvasničnej biomasy [1, 2]. S prihliadnutím na požiadavky vinárskej veľkovýroby prikrčili sme tak k návrhu technológie a prepočtu zariadenia pre kontinuálnu produkciu čistých kultúr vínnych kvasiniek.

Produkcia čistých kultúr kvasiniek musí prebiehať na najdostupnejšej surovine — na hroznovom mušte. Toto živné médium musí byť však obohatené fosforečnými a dusíkatými živinami, o ktoré bol zahustený mušt ochudobnený pri jeho technologickom spracovaní. Pokusy propagácie kvasničnej biomasy na surogovanom substráte však poukázali i na účelnosť 20 % miery surogácie základného substrátu repným cukrom [1, 3].



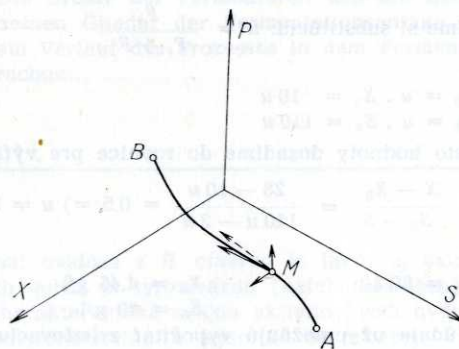
Obr. 1. Schéma aparatury pre propagáciu kvasničnej biomasy

Navrhované fermentačné zariadenie musí produkovať čistú kvasničnú biomasu v dostatočnom množstve. Pre účely propagácie čistých kultúr vínnych kvasiniek navrhujeme preto fermentačný dvojčlen [obr. 1]. Prvý člen (A) pre aerobnú fermentáciu (propagátor), s prevzdušňovacím zariadením umožňujúcim dostatočný prestup kyslíka. V druhom — anaerobnom člene (B) zariadenia, by kvasinky načas zostávali v prostredí alkoholovej fermentácie. Člen B je spätným tokom (feed back) prepojený s propagátorom. Zariadenia by slúžilo ako selektor

[4, 5]. Veľkosť fermentérov, ktoré zaručujú dostatočnú produkciu čistých kultúr kvasiniek a prítoky do jednotlivých členov fermentačného zariadenia sme vypočítali z priebehu procesu vo fermentačnom poli [1, 6].

## Výpočet zariadenia

Kapacita navrhovaného zariadenia je počítaná pre závod, ktorý spracúva  $10^3$  hl hroznového muštu denne. Maximálna koncentrácia biomasy v kvasiacom mušte je 12,5 g kvasničnej sušiny na liter muštu. Uvažovaný max. 5 % zákvas znamená, že na 100 000 litrov muštu musí zariadenie denne produkovať 60 kg kvasničnej sušiny, čiže 2,5 kg za hodinu.



Obr. 2. Priebeh fermentačného procesu vo fermentačnom poli

Vychádzajúc z výsledkov pokusu 3.2.3.1.5. [7], ktoré dokázali, že v propagátore možno vytvárať biomasu pri koncentrácii  $X = 28$  g/l rýchlosťou  $\frac{dX}{dt} = 2,5$  g/lh, pričom koncentrácia cukru bola  $S = 2$  g/l, jeho spotreba  $\frac{dS}{dt} = 4,9$  g/lh, koncentrácia alkoholu  $P = 1,26$  % obj. a  $\frac{dP}{dt} = 0,104$  % obj./h. Ak v tomto mieste fermentač-



ného poľa (obr. 2) — v bode M, charakterizovanom parametrami:  $X = 28$ ,  $S = 2$  a  $P = 10$  [1,26 % obj. = 10 g/l], máme vektor rýchlosti procesu daný zložkami:  $\frac{dX}{dt} = 2,5$ ,  $\frac{dS}{dt} = 4,9$  a  $\frac{dP}{dt} = 0,8$ . Za tohto stavu sme schopní priradiť procesu vektor rovnako veľký vektoru rýchlosti procesu, avšak opačného smeru. Tento „steady state“ dá sa dosiahnuť zriedovaním v chemo-state.

Do aerobnej časti aparatury (A) vteká prítok  $F_1$  (obohatený živinami) a prítok  $F_s$  s kultúrou zo selekčnej časti aparatury. Znajúc hodnotu  $X = 28$  g/l a požadovanú hodnotu produkcie v zariadení  $p = 2500$  g/h pre hodnotu prítoku  $F_1$  počítame  $F_1 = \frac{p}{X} = 89,3$  l/h. Pre potreby výpočtu zaokrúhlene  $F_1 = 100$  l/h.

Výťažnosť biomasy v našom prípade je nasledovná:

$$\frac{dX}{dS} = \frac{\frac{dX}{dt}}{\frac{dS}{dt}} = 0,5$$

Ďalšie vyjadrenie výťažnosti, ktorá nám umožní vypočítať prítoky do zariadenia je nasledovné:

$$\frac{dX}{dS} = \frac{X - X_0}{S_0 - S}$$

Predpokladajme, že v selekčnej časti (B) aparatury bude taká zriedovacia rýchlosť, že rýchlosť anaerobnej glykolýzy možno zanedbať. V selekčnej časti dochádza teda k zmiešavaniu, flotačnému efektu a kvasinky se nerozmnožujú. Predpokladajme ďalej, že hroznový mušt, pritekajúci do selekčnej časti aparatury má cukratosť 220 g/l.

Najoptimálnejšia koncentrácia substrátu v selekčnej časti aparatury je  $S < 110$  g/l. Pre uplatnenie selekčného efektu je potrebné, aby koncentrácia biomasy bola pod hodnotou 12 g/l [4]. Pre jednoduchosť výpočtu predpokladajme koncentráciu kvasničnej biomasy v selekčnej časti aparatury  $X_s = 10$  g/l. To znamená, že spätný tok  $F_s$  bude charakterizovaný nasledovnými parametrami:  $X_s = 10$  g/l a koncentrácia cukru  $S_s = 110$  g/l.

$$\text{Zaveďme si substitúciu: } u = \frac{F_s}{F_s + F_1}$$

potom

$$X_0 = u \cdot X_s = 10u$$

$$S_0 = u \cdot S_s = 110u$$

Ak tieto hodnoty dosadíme do rovnice pre výťažnosť:

$$\frac{dX}{dS} = \frac{X - X_0}{S_0 - S} = \frac{28 - 10u}{110u - 2u} = 0,5 \Rightarrow u = 0,445$$

a teda

$$F_s = 80 \text{ l/h} \quad X_0 = 4,45 \text{ g/l}$$

$$S_0 = 49 \text{ g/l}$$

Tieto údaje už umožňujú vypočítať zriedovaciu rýchlosť  $D$ :  $\frac{dX}{dt} = D(28 - X_0) = 2,5$   $\frac{dS}{dt} = D \cdot 47 = 4,9$

$$D = 0,105 \text{ h}^{-1}$$

Pre výpočet veľkosti propagátora platí:  $V_A = \frac{F_s + F_1}{D}$

Zohľadniac cca 30 % zväčšenie objemu propagátora pre prípad penenia a štatistickú nepresnosť pri výpočte, pracovný objem voľného priestoru propagátora  $V_A = 2500$  l.

Objem selekčnej časti aparatury vypočítame z rovnice látkovej bilancie:

$$(F_1 + F_s) \cdot X = (F_1 + F_s + F_3) \cdot X_s$$

Ak zavedieme substitúciu:  $F_2 = F_1 + F_s$   
potom bude platiť:  $F_2 \cdot 28 = 10 F_2 + 10 F_3$   
 $F_2 = 180 \text{ l/h}$   
 $F_3 = 324 \text{ l/h}$

Koncentrácia substrátu v prítoku  $F_3$  ( $S_3$ ) možno vypočítať z ďalšej rovnice:

$$F_2 \cdot S + F_3 \cdot S_3 = (F_2 + F_3) \cdot S_s$$

$$S_3 = 160 \text{ g/l}$$

Vypočítaná hodnota predstavuje minimálnu teoretickú cukratosť, ktorá môže ísť do selekčnej časti aparatury. Pre prax je nutné však počítať s vyššou koncentráciou substrátu, nakoľko v selekčnej časti predsa len dochádza zčasti k alkoholickému kvaseniu.

Selekčný efekt je podmienený však vyplavovaním kvasiniek. Tejto požiadavke treba prispôbiť i zriedovaciu rýchlosť. Bude preto vhodné použiť rovnako veľké  $D$  ako v aerobnej časti zariadenia. Pre jednoduchosť výpočtu ponechajme  $D = 0,1 \text{ h}^{-1}$ . Pracovný objem selekčnej časti bude:

$$V_B = (F_1 + F_s + F_3) \cdot X_s = 5040 \text{ l}$$

Z dôvodov prípadného penenia možno voľný objem zhruba o 10 % zväčšiť.

Prítok  $F_3$  je prítok hroznového muštu, ktorý musí byť opatrený možnosťou prítoku vody pre prípadné zníženie cukratosť. Prítok  $F_1$  bude obsahovať len minerálne soli, stopové prvky a prípadne stimulatory rastu. Spätný tok  $F_s$  bude obsahovať i zanedbateľný podiel alkoholu, na strane druhej však i väčšiu koncentráciu kvasničnej biomasy, takže zmena v jeho zložení neovplyvní natoľko produkciu biomasy.

## Diskusia a záver

Navrhované kontinuálne zariadenia pre produkciu čistých kultúr vínnych kvasiniek, s produkciou 2,5 kg kvasničnej sušiny za hodinu, by zodpovedalo potrebám vinárskeho závodu, produkujúceho 100 000 litrov hroznového muštu za deň. Pri predpokladanej 40dňovej kampani zberu hrozna, by zariadením produkovaná kvasničná biomasa postačovala pre max. 5 % zákvas cca 40 000 hl hroznového muštu.

Popísané a vypočítané zariadenia pre kontinuálnu produkciu čistých kultúr vínnych kvasiniek, navrhnuté pre potreby vinárskej veľkovýroby za účelom výroby kvasničnej biomasy o stabilných fyziologických vlastnostiach je selekčný dvojčlen. Spätný tok selektovaných buniek predstavuje asi 15 % z celkového množstva kultivovanej biomasy. Doba zdvojenia kultúry pri  $D = 0,105 \text{ h}^{-1}$  je  $G = 6,6 \text{ h}$ , čo je prakticky dobou, za ktorú sa obmení kultúra zo selekčnej časti aparatury. To znamená, že ak je určitá pravdepodobnosť odoberania buniek z vrchnej časti selektora s lepšou fyziologickou aktivitou, potom je ešte vyššia pravdepodobnosť, že tieto bunky v propagátore prevládnu. Selektčná teória dvojčlena nie je však budovaná na predpoklade zaviesť do fermentačného ešte jeden rozmer — fyziologický stav. Selektčný efekt dá sa však vysvetliť pomocou teórie pravdepodobnosti.

Symbol	Názov	Rozmer
$X$	koncentrácia mikroorganizmov	g/l
$S$	koncentrácia substrátu	g/l
$P$	koncentrácia alkoholu	g/l
$F$	prítok média	l/h
$V$	objem	l
$D$	zriedovacia rýchlosť	$\text{h}^{-1}$
$G$	doba zdvojenia	h
$t$	čas	h
$p$	produkcia	g/h
$u$	substitučná konštanta	

## Indexy

- A pre prvý člen zariadenia
- B pre druhý člen zariadenia
- O pre počiatočnú koncentráciu
- I pre prítok do prvého (A) člena



- 2 pre prítok  $F_1 + F_8$  do druhého (B) členu  
3 pre prítok muštu do druhého členu  
s pre spätný tok

#### Literatúra

- [1] MALÍK, F.: Štúdium propagácie kvasničnej biomasy pre účely vinárskej technológie (kandidátska dizertačná práca), Chf SVŠT Bratislava 1972, s. 171  
[2] MALÍK, F.: Štúdium propagácie čistých kultúr vínnych kvasiniek, Kvasný průmysl, 20, 1974, č. 2, s. 32—34  
[3] MALÍK, F.: Produkcia kvasničnej biomasy na surogovanom substráte, Vinohrad, XI, 1973, 7, s. 163  
[4] HRONČEK, J.: Selektor (Rezortná úloha 03.18/d, II. časť), Chf SVŠT Bratislava, 1966, s. 77  
[5] HRONČEK, J.: Selektion von Mikroorganismen bei der kontinuierlichen Züchtung, Mitteilungen, Wien, 1938, 1, s. 4  
[6] HRONČEK, J.: A contribution to the theory of fermentation field, International Symposium on Advances in Microbial Engineering, Mariánské Lázně, 1972, s. 11—12  
[7] MALÍK, F.: Propagácia z namnoženej kvasničnej biomasy (in „Štúdium propagácie kvasničnej biomasy pre účely vinárskej technológie“), Chf SVŠT Bratislava, 1972, s. 92—93

**Malík, F. - Hronček, J.: Návrh zariadenia pre kontinuálnu produkciu čistých kultúr vínnych kvasiniek.** Kvas. prům. 20, 1974, č. 10, s. 225—227.

Pre potreby vinárskej veľkovýroby bolo navrhnuté a prepočítané zariadenie pre kontinuálnu produkciu čistých kultúr vínnych kvasiniek. Popísané zariadenie je selekčný dvojčlen. Prvý — aerobný člen pracuje ako propagátor, druhý člen zariadenia charakterizuje anaerobný režim. Anaerobný člen je prepojený spätným tokom (feed back) s propagátorom. Kapacita navrhovaného zariadenia je počítaná pre závod, ktorý spracúva 100 000 l hroznového muštu denne. Pri uvažovanom max. 5 % zákvase to znamená dennú produkciu 60 kg kvasničnej sušiny (2,5 kg/h). Veľkosť fermentérov a prítoky do jednotlivých členov fermentačného dvojčlena sa vypočítali z priebehu procesu vo fermentačnom poli.

**Малик, Ф. — Хрончек, Я.: Проект установки для непрерывного размножения чистых культур винных дрожжей** Квас. прум. 20, 1974, № 9, стр. 225—227.

Ввиду того, что крупные винные заводы нуждаются в больших количествах дрожжей, были рассчитаны параметры и разработан проект установки непрерывного действия для разведения чистых культур винных дрожжей. Установка состоит из двух секций. Первая из них имеет функцию аэробного дрожжерастильного аппарата, во второй секции созданы анаэробные условия. Обе секции соединены посредством обратной связи. Производственная мощность спроектированной установки

является достаточной для обеспечения дрожжами винного завода, обрабатывающего 100 000 л виноградного сусла в сутки. Проект предусматривает закваску не превышающую 5 %, что отвечает производству 60 кг сухого вещества в сутки, т. е. 2,5 кг/час. Размеры дрожжерастильного аппарата и скорость подачи массы в секции были рассчитаны на основании изучения хода брожения.

**Malík, F. - Hronček, J.: Project of a Plant for Continuous Propagation of Pure Cultures of Wine Yeast.** Kvas. prům. 20, 1974, No. 10, pp. 225—227.

Since big wineries require substantial quantities of yeast, a special plant has been designed and calculated for continuous propagation of pure cultures of wine yeast. The plant consists of two sections, the first of which is essentially an aerobic propagator, whereas the second is operated under anaerobic conditions. The anaerobic section is connected by a feedback duct with the propagator. The capacity of the projected plant is sufficient to supply a winery processing daily up to 100 000 l of must. With the starter proportion amounting to max. 5 % the plant will produce daily 60 kg of dry yeast, i. e. 2.5 kg/hr. The size of fermenter and feeding rates for two sections have been calculated from the course of fermentation process in fermentation field.

**Malík, F. - Hronček, J.: Vorschlag einer Anlage für die kontinuierliche Produktion der Weinhefen-Reinkulturen.** Kvas. prům. 20, 1974, No. 10, S. 225—227.

Es wurde für die Anwendung in der Grossproduktion der Weinindustrie eine Einrichtung zur kontinuierlichen Produktion der Weinhefen-Reinkulturen vorgeschlagen und berechnet. Die beschriebene Anlage ist ein Selektions-Doppelglied. Das erste — aerobe — Glied arbeitet als Propagator, das zweite Element ist durch anaerobes Regime charakterisiert. Das anaerobe Glied ist mittels Rückfluss (feed back) mit dem Propagator verbunden. Die Kapazität der vorgeschlagenen Anlage ist für einen Betrieb dimensioniert, der 100 000 l Traubenmost pro Tag verarbeitet. Bei einer proponierten maximalen Hefegabe von 5 % entspricht der angeführten Kapazität die tägliche Produktion von 60 kg Hefetrockensubstanz (2,5 kg/h). Die Grösse der Fermentoren und die Zuläufe in die einzelnen Glieder der Fermentationsanlage wurden nach dem Verlauf des Prozesses in dem Fermentationsfeld berechnet.