

# Lihovarství a droždárství

## Vliv povrchově aktivních látek na přenos kyslíku při kultivaci mikroorganismů

633.14.031.236 547.913

Ing. JAN PÁCA, CSc., VŠCHT, katedra kvasné chemie a technologie, Praha

### Problematika pěnění a odpěňování

Pěnění je typickým průvodním jevem většiny průmyslových kultivačních procesů. Protože tak jako v jiných odvětvích je i ve fermentačním průmyslu tendence dosahovat vysokých výtěžností procesu, používá se vysokých koncentrací substrátu. Většina kultivací je aerobního charakteru a proto je nutno při aplikaci vysokých koncentrací substrátů uvažovat současně také zajištění dostatečné dodávky kyslíku mikrobiální kultuře. Proto se dnes používají fermentorů s mechanickými míchadly. Úkolem míchadel je jednak zajišťovat teplotní a koncentrační homogenitu kapalné fáze ve fermentoru a dále zajišťovat distribuci, resp. disperzaci vzduchových bublin v kapalné fázi a tím dosahovat požadovanou rychlosť přenosu kyslíku z plynné fáze do buněk.

Intenzifikace fermentačních výrob v médiích s vysokou koncentrací substrátu je spojena s problematikou likvidace pěny. Tvorba pěny závisí u těchto procesů na více faktorech, mimo jiné i na složení kultivačního média, které ovlivňuje jeho fyzikálně chemické vlastnosti. Vzhledem k tomu, že se při kultivaci spotrebují živiny a naopak tvoří metabolické produkty, z nichž většina je sekretována buňkami do kapalné fáze, dále pak dochází i k částečné lýze buněk (uvolnění bílkovin), mění se při jednorázových kultivacích i fyzikálně chemické parametry média. Důsledkem toho je odlišný charakter a intenzita tvorby pěny v jednotlivých fázích jednorázové kultivace.

Snahou při kultivačních procesech je dosáhnout stabilní, tj. nerostoucí pěny. U fermentorů klasických typů, používaných v současné době, se předpokládá, že určité malé pěnění není na závadu. Z hlediska ekonomické efektivnosti je však snaha maximálně plnit fermentory, tzn. co nejlépe využívat kvasného prostoru. V současné době se fermentory plní průměrně na 50 až 60 % celkového objemu, tzn. ostatní objem je z hlediska procesu nevyužit a slouží pouze jako rezervní prostor na pěnu. Vzhledem k tomu je proto zádoucí potlačit co nejvíce pěnění, aby se zajistil stabilní provoz fermentoru a snížila pravděpodobnost zpětné kontaminace procesu z výstupního vzduchového potrubí. Problematika odpěňování, která je složitá u klasických typů fermentorů, nabývá ještě většího významu vzhledem k uvedeným důvodům stability a sterility procesu v současné době, kdy jsou vyvíjeny nové typy fermentorů, např. kulový fermentor (Chemap, Švýcarsko) a věžové vícestupňové fermentory [1].

Kromě uvedených důvodů pro potlačování pěnění, je však nutno dodat, že se v posledních letech objevily práce, zabývající se využitím účinné separace bakteriálních buněk a spor z vodních suspenzí flotací do pěny a následující separaci pěny. Tyto pokusy se konaly přímo v kultivačním médiu s přídavkem nebo bez přídavku povrchově aktivních látek a anorganických látek snižujících stabilitu pěny [2–6].

**Charakter pěny.** Struktura pěny závisí na viskozitě a hustotě kapalné fáze. Stabilita pěny je ovlivněna [7] povrchovým napětím, hodnotou pH média, teplotou, povrchovým napětím, povrchovou viskozitou a velikostí plochy mezifázového rozhraní.

Stručná charakteristika jednotlivých faktorů:

**Vliv složení živného média.** Kultivační média obsahují látky jako sojovou mouku, tuky, šrob, melasa, aldehydy, různé soli atd. Většina těchto látek ovlivňuje tvorbu pěny a její stabilitu. Bylo zjištěno, že např. sojová mouka způsobuje ve vodních roztocích silné pěnění. Nejvyšší stabilita pěny se projevila při 5 % koncentraci sojové mouky [8], tedy v rozsahu obvykle používaném v živných půdách. Při nižších koncentracích sojové mouky rostla stabilita pěny přímo úměrně s viskozitou. Podobné výsledky vzhledem k pěnivosti byly zjištěny i u buněčného extraktu. Zvýšení stability pěny se projevilo také po přídavku glukózy.

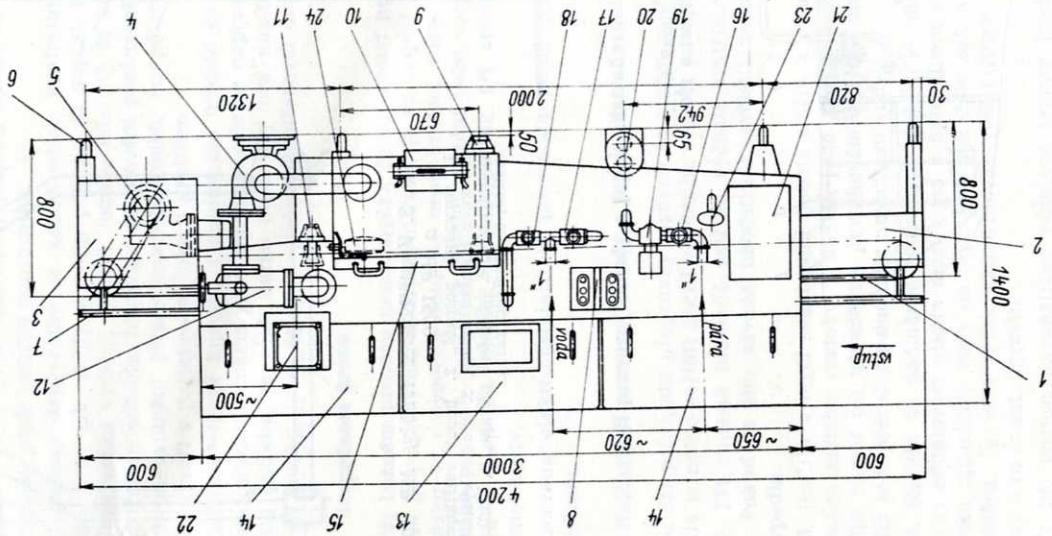
**Vliv pH média.** Také pH média ovlivňuje stabilitu pěny. V kyselém prostředí je stabilita pěny větší než v neutrálním nebo alkalickém rozsahu [8]. Toto zjištění souvisí u médií obsahujících proteiny s jejich izoelektrickým bodem, který je v určitém poměru k hodnotě pH, při níž vykazuje pěna maximální stabilitu.

**Vliv teploty.** Působení teploty na tvorbu pěny je složité. S růstem teploty klesá stabilita pěny. Předpokládá se [7], že důvodem je pokles viskozity kapalného filmu obklopujícího bubliny a zvýšení tlaku v bublinách. Kromě toho se odpařují těkavější látky z kapalného filmu, čímž se mění koncentrace povrchově aktivní látky ve filmu a tím se zeslabuje tloušťka filmu a bubliny praskají.

**Vliv povrchového napětí a povrchové viskozity.** Povrchové napětí výrazně ovlivňuje tvorbu pěny a její charakter. Většina látek obsažených ve fermentačních médiích tuto veličinu ovlivňuje. Jsou to proteiny, polypeptidy a mastné kyseliny, které snižují povrchové napětí na 45 až 50 dyn/cm. Předpokládá se, že stabilita pěny vzrůstá, když povrchové napětí roztoku je značně nižší než u čistého rozpouštědla. Nízké hodnoty povrchového napětí však nejsou zárukou stability pěny [7]. Evans a Hall [9] sledovali stabilitu pěny v souvislosti se změnami nejen povrchového napětí, ale i povrchové viskozity v průběhu kultivace *Aspergillus niger*. Vysoká stabilita pěny byla zjištěna při maximální hodnotě povrchové viskozity a minimální povrchovém napětí. Pokles stability pěny v průběhu kultivace byl provázen poklesem povrchové viskozity a vzrůstem povrchového napětí. Kromě toho vysoká hodnota povrchové viskozity, tzn. viskozity kapalného filmu, způsobuje odpor při difúzi kyslíku a kysličníku uhličitého [10].

**Vliv velikosti plochy mezifázového rozhraní.** Tvorbu a stabilitu pěny ovlivňuje i velikost mezifázového rozhraní kapalina — plyn. Při submersních aerobních fermentačních procesech s aerací a mechanickým mícháním

Obr. 1. Myška přeprováděk MP 1000



panelu. Ovládání a regulace teploty je provedena nízkým napětím 24 V, servoventil regulace teploty napětím 220 V a pohon čerpadla a řetězového dopravníku napětím 380 V. Věškerá elektroinstalace je provedena podle příslušných ČSN.

Vnější provedení

Vnitřní povrch je nařen chlorkaucukovým náterem, vnořeným v epoxidovém nátěrem šedého odstínu.

Hlavní rozmněty, výkony a spotřeby jsou uvedeny v tabulce a celkový obraz myčky je na obr. 1.

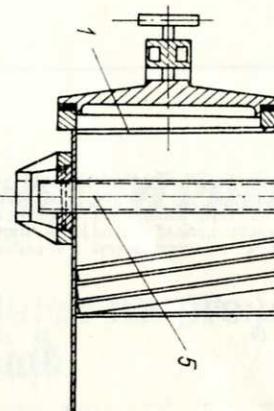
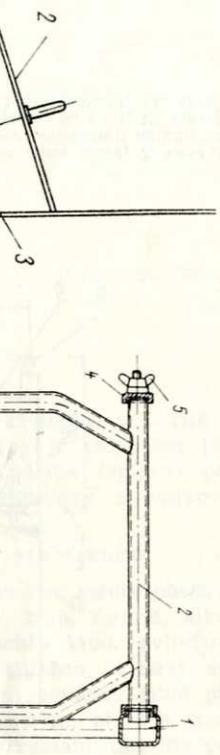
Hlavní rozměry, výkony a spotřeby

Efektivní výkon (délka přepárovky 350 mm) (délka přepárovky 435 mm)	ks/h	1500
Maximální výkon (délka přepárovky 350 mm)	ks/h	1350
Společná voda	m <sup>3</sup> /h	2070
Souřešna páry	kg/h	1,5
Potřebný tlak páry	MPa	110
Potřebný tlak vody	MPa	0,2-0,4
Elektrický příkon instalovaný Tlak myčky roztoček max.	kW	0,1-0,2
Hmotnost myčky	kg	20
Maximální průchozí rozměr přepávek (s × v)	mm	5
Rozměry — délka šířka	mm	1400
výška	mm	1400

92 Návod pro obsluhu a údržbu myčky

Montáž mušek

Myčka se umístit podle dispozice projektu buď samostatně, nebo v návaznosti na lahvárenské dopravníky přepravek. Jestliže se vstupní a výstupní díl dodává samostatně (v závislosti na způsobu přepravy), přišroubuji se a připojí se šroubenou odpadní potrubí sběrných odkapových žábek. Myčka se stavitelných nohou vyrovná podle vodováhy do vodorovné polohy. Přišradlo s elektromotorem a přišroubuji se písírny sachco a vytlačného potrubí. Fréma čerpadla se zabetonuje. Připojí se šroubením přvodní potrubí vody o jmenovité světlosti  $Js\ 1''$  a přes parní filtr přívod vody rovněž potrubím o jmenovité světlosti  $Js\ 1''$ . Na část potrubí topného hadu



Obr. 2. Vypouštění nádrže  
1. otvor pro čistění nádrže, 2. šíkmý kryt,  
3. otočné potrubí, 4. vedení sítí, 5. výpusť a pive-  
pad nadře na mycí roztok

Obr. 4. Plovákový uzávěr MP 1000 a MP 1500  
1. plovák, 2. páka, 3. výpust a přepad sběrné misky na oplach. vodu,  
4. uzávěr, 5. nádrž na mycí roztok, 6. sběrná miska

válcový filtr na výtluaku odstraní všechny nečistoty, které by mohly upatit výstřikovacích trubek. Z válcového filtru jde mycí roztok do rozvodního potrubí a odtud do jednotlivých výstřikovacích trubek. Po omytí přepravky stéká mycí roztok přes vodorovná síta, umístěná pod vrchním vedením řetězového dopravníku. Ty zachycují hrubé nečistoty, jako střepy laviček, korunkové uzávěry a etikety, které by se obřízne odstraňovaly z nádrže. Pod těmito síty je již nádrž. Ta je po celé ploše dna spádována k výpusti a čistícímu otvoru, které jsou za šíkmými síty. Nádrž se napouští potrubím o jmenovité světlosti  $Js 1''$ . Ovládání ventiliu je vyvedeno na kolečko na panelu a označeno štítkem.

Přepravky se od myčího roztoku oplachují v poslední sekci přímo studenou vodou z vodovodního rozvodu. Tato voda po použití stéká přes vodorovná trubka s bočními sítky. 3. spodní výstřikovací trubka, 4. příslušná přítruba, 5. křídlová matice, 6. uzavírací zátka.

Abi nevystříkalo mycí roztok i oplachové vody z myčky, jsou vstupní i výstupní otvory zakryty nastříknutými pryzovými plentami. Rovněž mycí a oplachová sekce jsou od sebe odděleny plentou, která zabraňuje přestřiku a mycí roztok a zbytek odchází přes přepadovou hranu vypouštěcí trubky do nadmernému ředění myčího roztoku.

#### Vylápení nádrže

Optimální teplota myčího roztoku je 50 až 60 °C. Tento teploty se dosahuje vytápěním nádrže párou, procházející topným hadrem. Regulace teploty je automatická. Požadované rozmezí teplot se nastaví ručními na spínacím termostatu a zařízení prostřednictvím elektrického servoventilu udržuje na stavěnou teplotu automaticky. Teplotu je možno též regulovat po vypnutí automatiky ručně ventilem podle údaje teploměru. Po průchodu topným trubkovým hadem je zkondenzovaná pára odváděna přes odváděc do sběrného potrubí.

#### Ovládací panel

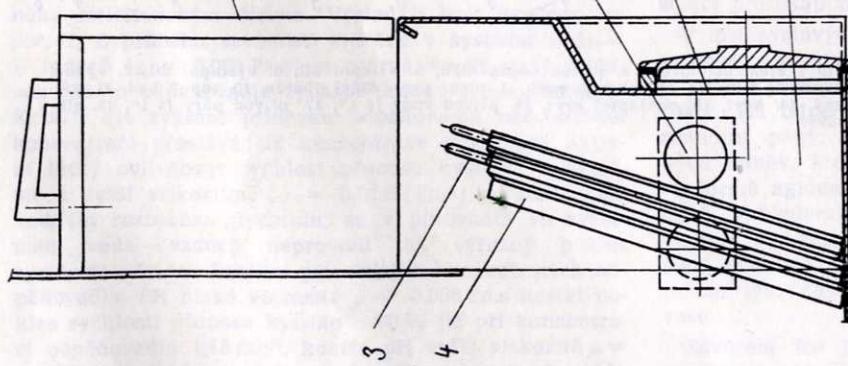
Jak již bylo uvedeno, je ovládací panel umístěn na čelní straně myčky a skládá se ze dvou částí. Elektrická část obsahuje především ručkový teploměr pro nastavení požadovaného rozmezí teploty, dále dvoutlačítka se signálkou pro ovládání pohonu dopravníku a pohonu čerpadla, přepínač pro ruční nebo automatickou regulaci teploty a hřívový vypínač pro okamžité vypnutí celé myčky. Na druhé části panelu jsou vyuvedena ovládací kolečka ventiliů pro přívod a regulaci jednotlivých médií. Je zde především ventil pro napouštění nádrže, ventil pro oplachovou vodu, ventil pro přívod páry a ventil pro ruční regulaci teploty myčího roztoku. Všechny ovládací prvky jsou označeny štítky.

#### Elektrická instalace

Od výrobce je provedeno propojení ovládacích prvků na servoventil a pomocnou svorkovnicí, umístěnou nad čerpadlem. Samostatně je dodáván rozváděč a blok čerpadla s elektromotorem. Při montáži se propojí rozváděč s pomocnou svorkovnicí a s elektromotorem čerpadla a pohonu dopravníku. Hlavní vypínač je na rozváděči, nouzový hřívový vypínač je na ovládacím

Obr. 2.

1. odklápací kryt, 2. otvor pro čištění nádrže,  
3. šikmá síta, 4. vedení sítí, 5. otvor saní čer-  
padla, 6. nádrž na mycí roztok



Ve spodní části myčky je umístěna nádrž na mycí roztok o obsahu asi 0,8 m<sup>3</sup>. Nádrž je vyhřívána parním topným hadem. Část nádrže je na čelní straně vysunuta (pod odklápěcím krytem) a v tomto prostoru jsou umístěna šikmá síta, vypouštěcí trubka s držadlem, jejíž horní hrana tvoří přepad a určuje výšku hladiny v nádrži, dále otvor s dvírkou pro čištění nádrže a vstupní hrdlo sání čerpadla. Čerpadlo je uloženo rovnoběžně s osou myčky a je přistupno po odšroubování spodních bočních krytů (kryt s větracími otvory). Pod oplachovou sekcí je umístěna sběrná mísa oplachové vody. Ta má rovněž trubkovou výpust, jejíž horní hrana tvoří přepad oplachové vody. Kromě toho je u sběrné mísy plovákový uzávěr (obr. 4, s. 84), přes který se doplňuje použitou oplachovou vodou event. úbytek myčko roztoku. Pod sběrnou misou, vedle čerpadla, je umístěn odváděc kondenzantu. Je přistupný po odšroubování spodního krytu na zadní straně myčky.

Na tělese myčky je na čelní straně přisroubován rám krytování. Kryty, které jsou na něm umístěny, zakrývají čerpadlo, rozvodné potrubí vody a páry i všecké armatury. Na tomto rámu je umístěn i ovládací panel, který se skládá ze dvou částí. Teplomér a tlacička ventiliu druhou. Horní část myčky je z obou stran zakryta snímatebnými kryty s držadly. Nad ovládacím panelem je místo krytu prosklený průzor pro sledování rám krytování. Kryty, které

jsou na něm umístěny, zakrývají čerpadlo, rozvodné potrubí vody a páry i všecké armatury. Na tomto rámu je umístěn i ovládací panel, který se skládá ze dvou částí. Teplomér a tlacička ventiliu druhou. Horní část myčky je z obou stran zakryta snímatebnými kryty s držadly. Nad ovládacím panelem je místo krytu prosklený průzor pro sledování rám krytování. Kryty, které

jsou na něm umístěny, zakrývají čerpadlo, rozvodné potrubí mezi myčí a oplachovou sekcí a dálka závada na plovákovém uzávěru. Je také třeba zkontovalat výšku hrany předpováděcí trubky sběrné mísy a tu event. upravit.

Mycí roztok je z nádrže nasáván přes šikmá síta odstředivým čerpadlem

(typ 80-NVA-230-08) do výtláčného potrubí a válcového filtru. Šikmá síta odstraní hrubé nečistoty, které by mohly poškodit oběžné kolo čerpadla a

1. odklápací kryt, 2. otvor pro čištění nádrže,  
3. šikmá síta, 4. vedení sítí, 5. otvor saní čer-  
padla, 6. nádrž na mycí roztok

Proto je třeba otvorem vystřikovacích trubek věnovat zvláštní péci. Po vyčištění trusek se trubky namontují zpět do drážek a nasířejí se tak, aby jednotlivé střítky pokryly celý povrch přepávky. Nejlepší je natočit trubek v přední části myčky dovnitř myčky (ve směru pohybu dopravníku) asi 30° od svislé osy, ve střední části natočit otvory trubek kolmo k dopravníku a v části před oddělovací plentou oplachové sekce natočit asi 30° od svislé osy proti pohybu dopravníku.

U pohunu dopravníku se každý měsíc kontroluje stav oleje v přepávové skřini [olej OV - B 25] a podle potřeby se doplní. Po půl roce se olej v přepávové skřini vymění. Rovněž jednou měsíčně se kontroluje napnutí válečkového řetězu pohonu. Napínání se provádí posouváním celé přepávovky na vedení po uvolnění připevnovacích šroubů. Po půl roce provozu se válečkový řetěz vymění v roztaženém tuku s graitem.

Ložiska řetězku hnacího i napinacího řidí se po jednom roce vyčistit a naplnit mazacím lučem A4. Dopravní řetěz se napíná dvěma napínacími šrouby podle potřeby, je však nutno dbát, aby osa napinacího hřidele byla kolmo k ose myčky, jinak by se nadmerně optřeboval dopravní řetěz i řetězku.

### 8.3 Bezpečnost práce

Při běžném provozu nemá myčka žádná zdraví nebezpečná místa. Řetěz náhonu je pod krytem a dopravní řetěz je ve vedení. V místě nábhodu řetězu na řetězku je provedena ochrana proti vtažení ruky nábhěhovým klínem. Je zákázáno provádět jakékoli údržbu, čištění nebo opravy při spuštěním dopravníku a čerpadla. Rovněž je nepřípustné při spuštěním čerpadla a pohonu snimat kryty. Ochrana elektroinstalace je provedena podle příslušných ČSN pro mokré prostředí.

### 8.4 Nejčastější provozní závady a jejich odstraňování

- Při průchodu přepávky myčkou se mohou příčit přepávky. V tomto případě je nutno seřídit boční vedení na rozumně použité přepávky.
- Při snížené intenzitě ostříku vyučitit vystřikovací trubky a jejich otvory. Pokud se tím závada neodstraní, vyučitit válcové síto filtru na výtlaku čerpadla.
- Jestliže v myči sekci není patrný ostřík a přitom čerpadlo běží, je nízká hladina myčího roztoku v nádrži (pod úrovni sacího otvoru). Tato porucha může nastat při závadě na plovákovém uzávěru sběrné mísy oplachové vody nebo je-li přerušena dodávka oplachové vody.
- Jestliže se nadmerně řídí mycí roztok, je nutno prověřit, zda je v pořádku oddělovací plenta mezi myčí a oplachovou sekcí, zda nedochází k přepávku oplachové vody do mycí sekce a dále zda není závada na plovákovém uzávěru. Je také třeba zkontovalat výšku hrany předpováděcí trubky sběrné mísy a tu event. upravit.
- Při poruše automatické regulace teploty bývá hlavní příčinou této závady viscí nebo zapečená kuželka solenoidového ventulu. V tomto případě se

bud kuželka rozvolní (při odpojeném přívodu elektrického proudu), jestliže by ani potom ventil nepracoval, je nutno ho demontovat a nahradit novým.

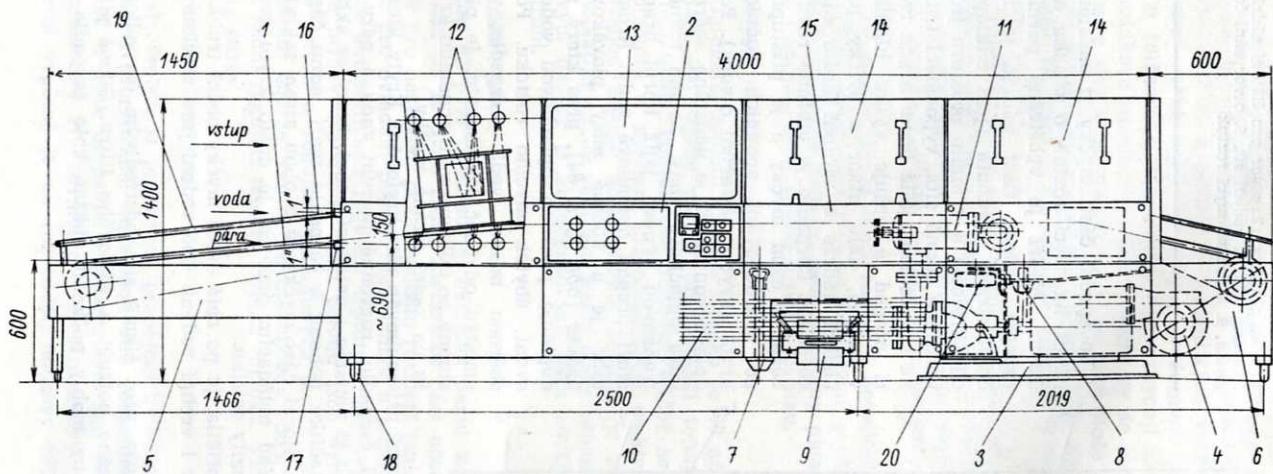
6. Jestliže vzrosté nadměrně hlučnost dopravního řetězu, bývá příčinou této poruchy uvolněný řetěz. Napinací šrouby se řetěz napne, ale je nutno dbát, aby osa napinacího hřídele byla kolmo k podešvě ose myčky. Jestliže již není možno napinacím šroubem řetěz více napnout, šroub se výšroubuje a opěrný kámen šroubu se posune o jednu rozeč a řetěz se znova napne na pinacími šrouby.

## 9. MYČKA PŘEPRAVEK MP 1500

### 9.1 Technický popis

Myčka přepravek typ MP 1500 je určena pro mytí nedeformovaných přepravek z plastických hmot na láhev, které mají dostatečně volné dno pro přechod jak drobných kusových nečistot, tak i myčivo roztoku a oplachové vody. Není vhodná pro mytí přepravek s plným dnem bez otvorů a pro přepravy, přicházející do přímého styku s potravinami. Přepravy s plným dnem je možno myt v obrácené poloze. Od předchozích typů myček řady MP 1000 se liší především výkonem a vyšším tlakem myčivo roztoku.

Myčka MP 1500 je tunelové konstrukce s průchozim řetězovým dopravníkem. Na tunelovou část navazuje vstupní a výstupní díl myčky. Na vstupu i výstupu myčky je výška řetězového dopravníku uvnitř vlastní myčky je 800 mm. Průchod z výšky 600 mm na výšku 800 mm zajistuje vstupní díl, který je delší, aby na nákloněném dopravníku nenastalo prosmykávání přepravek. Ve vstupním dílu je napínaci zařízení, složené z hřídele napinacích řetězků, dvou šroubů, které posunují napínaci hřídele a dvou kamenů, o které se šrouby opírají. Výstupní díl opět převádí přepravku z výšky 800 mm na výšku 600 mm. Je kratší než vstupní díl a v jeho spodní části je umístěn pohon dopravního řetězu. Pohon se skládá z elektromotoru o výkonu 1,1 kW, šnekové převodové skříně a z řetězového převodu válečkovým řetězem, který pochází hnací hřídele článkového řetězového dopravníku. Řetěz pohonu se napíná posouváním celé převodové skříně po vedení. Dopravní řetěz je z litinových článků o rozteči  $t = 62$  mm, spojených roznytovanými ocelovými čepy. Horní část vedení řetězu, kde jsou neseny přepávky, je tvorena korýtky ve tvaru U. Spodní, vrata vedení je vedena trubkou obdélníkového průřezu, umístěnou pod vodorovnými stýky. Vlastní těleso myčky je tunelové vstupní konstrukce, svářené z ocelových plechů. Celá myčka včetně vstupního a výstupního dílu je na stavitelných nohách. Ve vrchní části tunelu je rozvodné potrubí myčivo roztoku a oplachové vody. Do otvorů v tomto rozvodném potrubí jsou přitlačovány křidlovou maticí přes oválnou přírubu vystřikovací trubky. Obě strany těchto trubek jsou těsněny pryžovými kroužky. Ostatní přepravky se provádí shora, ze stran i zespodu. Konstrukce spodních i vrchních vystřikovacích trubek je stejná, boční trubky jsou kombinovány s vrchními. Stejně konstrukce jsou i oplachové trubky, avšak mají jiný průměr vystřikovacích otvorů. Mycí trubky mají otvory  $\varnothing 2,5$  mm, otvory oplachových trubek  $\varnothing 1,5$  mm.



Obr. 1. Myčka přepravek MP 1500

1. řetězový dopravník, 2. ovládací panel, 3. čerpadlo s elektromotorem, 4. pohon dopravníku, 5. vstupní díl, 6. výstupní díl, 7. výpust, 8. přepad nádrže na mycí roztok, 9. otvor pro čištění nádrže, 10. topný had, 11. válcový filtr, 12. vystřikovací trubky, 13. kryt prosklený, 14. kryt, 15. odklápací kryt, 16. přívod vody  $Js 1''$ , 17. přívod páry  $Js 1''$ , 18. stavitelná noha, 19. vedení přepravek, 20. plovákový uzávěr

ním je k dosažení požadované rychlosti přenosu kyslíku z plynné fáze do fáze kapalné snahou dosáhnout co největší plochy mezifázového rozhraní, jehož velikost souvisí se středním průměrem bublin a velikostí plynové zádrže. Stabilita pěny pak vztahuje s poklesem průměru bublin.

Ve fermentačním průmyslu jsou na protipěnidla kladený určité specifické požadavky. Po aplikaci protipěnidla by pěna měla rychle klesat s dlouhodobým účinkem, použitá protipěnidla by měla být účinná již v malých množstvích a v kultivačních médiích by měla co nejméně ovlivňovat přenos kyslíku. Jelikož produkty kultivačních procesů se využívají převážně v potravinářském a krmivářském průmyslu a ve zdravotnictví, je podmínkou kladeno na použití protipěnidla jejich netoxicita. Přesto však u některých speciálních výrob, jako je výroba vakcín, sér a očkovacích látok je použití odpěnovacích prostředků zcela nepřípustné.

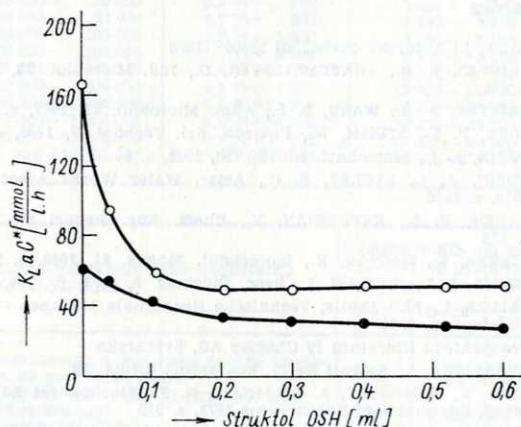
V současné době se pro likvidaci pěny ve fermentorech používá několika způsobů: 1. Mechanické odpěnování rotujícími lopatkami či talíři (systém Fundafom) [11]. 2. Hydrodynamické odpěnování využívající sacího účinku vrtulového a tangenciálního míchadla umístěného v cirkulační trubce ve fermentoru [12] nebo hydrocyklonu umístěného vně fermentoru. 3. Chemické odpěnování dávkováním protipěnidla. Čidlem bývá kontaktní elektroda. Vzhledem k ulpívání pěny se odpěnovadlo dávkuje časovým relé, aby se zabránilo předávkování, což by mohlo vést ke značnému snížení rychlosti přenosu kyslíku a event. i k ovlivnění metabolické činnosti mikroorganismů. Byly zkoušeny i kontaktní sítě, jimiž se kontrolovala výška pěny v celém průřezu fermentoru. K rozptýlení dávkovaného protipěnidla se používá rozstřikovacích kotoučů [13].

Jedním z nejzávažnějších nedostatků, které způsobuje přídavek protipěnidla je ovlivnění rychlosti přenosu kyslíku z plynné fáze do fáze kapalné. Povrchově aktivní látky ovlivňují přenos kyslíku několika způsoby: 1. adsorpce povrchově aktivní látky na mezifázovém rozhraní kapalina — plyn, což vede ke snížení velikosti mezifázového rozhraní, 2. zvýšením odporu přenosu hmoty při průchodu vrstvou povrchově aktivní látky adsorbované na mezifázovém rozhraní, 3. tlumením turbulence v okolí fázového rozhraní kapalina — plyn.

### Výsledky a diskuse

Experimentální studie byla zaměřena na sledování vlivu přídavku aktivní látky na změnu rychlosti přenosu kyslíku. Byla prováděna v laboratorním fermentoru s vnitřním průměrem 106 mm v pracovním objemu 1700 ml. Rychlosť přenosu kyslíku byla měřena siřičitanovou metodou [14, 15]. Byl sledován vliv přídavku odpěnovacího oleje Struktol OSH (fy Schill-Seilacher, Hamburg) na pokles rychlosti přenosu kyslíku vyjádřeného siřičitanovým číslem. Výsledky jsou uvedeny na obr. 1. Z průběhu závislosti zjištěné v systému voda — vzduch ( $\mu = 0,008 \text{ Pa.s}$ ) je patrné, že již malý přídavek tohoto odpěnovadla způsobí prudký pokles hodnoty  $K_L aC^*$ . Při zvýšení přídavku odpěnovadla nad určitou koncentraci přestává již koncentrace povrchově aktivní látky ovlivňovat rychlosť přenosu kyslíku. V systému s vyšší viskozitou ( $\mu = 0,0195 \text{ Pa.s}$ ), stimulovanou vodním roztokem glycerolu, se v porovnání se systémem voda — vzduch neprojevil tak výrazný pokles rychlosť přenosu kyslíku při nízkých koncentracích odpěnovadla. Při nízké viskozitě  $\mu = 0,008 \text{ Pa.s}$  nastal pokles rychlosť přenosu kyslíku o 70 % již při koncentraci odpěnovadla 1,18 mg/l, kdežto při vyšší viskozitě  $\mu = 0,0195 \text{ Pa.s}$  klesala hodnota  $K_L aC^*$  postupně až o 46 % při koncentraci odpěnovadla 3,53 mg/l. Obě měření byla

prováděna při intenzivním míchání turbínovým míchadlem ( $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ ,  $V_g = 1,5 \text{ VVM}$ ) při udržování konstantní teploty 30 °C a pH 7,0. Důvodem odlišného průběhu  $K_L aC^*$  v závislosti na přídavku odpěnovacího oleje je zřejmě charakter toku ve fermentoru při různé viskozitě média, která ovlivňuje střížné síly v kapalné fázi i jejich rozdíl v zóně míchadla a v ostatní kapalině, což souvisí s tvorbou emulze použitého odpěnovadla a tím i s efekty odpěnovadla na mezifázovém rozhraní kapalina — plyn. Podstatně nižší hodnoty  $K_L aC^*$  v prostředí s vyšší viskozitou jsou výsledkem zhoršené distribuce a dispergace plynových bublin míchadlem spolu s větší tendencí ke koalescenci bublin.



Obr. 1. Změna rychlosti přenosu kyslíku v závislosti na přídavku odpěnovacího oleje při různé viskozitě kapalné fáze:

● .....  $\mu = \text{Pa.s}$ , ○ .....  $\mu = 0,0195 \text{ Pa.s}$

Dále byly sledovány změny struktury a stability pěny v průběhu jednorázové kultivace mikroorganismu Klebsiella aerogenes CCM 2318 na syntetickém glukózovém médiu s počáteční koncentrací glukózy 4 g/l [16]. Na počátku kultivace, tj. v 1. a 2. hodině se tvořila lehká pěna, která v dalších hodinách houstla. Zhruba ve 4. hodině se vytvořila 2 cm silná rezistentní vrstva velmi husté pěny, obsahující flotované buňky. Tato souvislá vrstva pěny vznikla asi 5 až 8 cm nad hladinou kapalné fáze. Při nástřiku odpěnovadla Struktol OSH horním víkem se vytvořil v této vrstvě pouze otvor a odpěnovadlo způsobilo destrukci pouze méně husté pěny mezi rezistentní vrstvou pěny a hladinou kapaliny. Otvor v rezistentní vrstvě pěny se brzo opět uzavřel. Měření průtoku a tlaku aeračního vzduchu na vstupu do fermentoru při udržování konstantního tlaku plynu odcházejícího z fermentoru ukázalo, že rezistentní vrstva pěny zvyšovala odpor, tzn. tlakovou ztrátu protékajícího plynu.

V průmyslových fermentorech se při jejich velkém průměru nevytvoří souvislá rezistentní vrstva pěny v celém průřezu, nýbrž vznikají výrazné stěnové nárušky. Při odpěnování se odtrhují velké části této rezistentní pěny, obsahující značné množství vyflotovaných buněk, které padají do kapalné fáze a cirkulují ve formě aglomerátů. Rozpadají se až po velmi dlouhé době. Vzhledem ke značné snížené rychlosti látkové i tepelné výměny buněk obsažených v těchto aglomerátech, podobně jako u mycelárních „pellets“ [17] mohou potom tyto částice negativně ovlivňovat proces kultivace.

Závěrem lze říci, že otázka odpěnování povrchově aktivními látkami při kultivacích mikroorganismů je stále otevřená a aktuální. Důvodem je jednak specifič-

nost jednotlivých fermentačních výrob a dále málo výsledků o vlivu používaných odpěňovacích prostředků na proces fermentace, který mohou ovlivňovat nejen z hlediska dodávky kyslíku, ale v některých případech i do určité míry inhibicí procesu.

#### Použité symboly

$K_{LAC}$	siřičitanové číslo (mmol · l <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )
$V_g$	aerace — objem protékajícího plynu na objem kapalné náplně za minutu (VVM)
$n$	frekvence otáčení míchadla (min <sup>-1</sup> )
$\mu$	dynamická viskozita (Pa.s)

#### Literatura

- [1] PÁCA, J.: Autorské osvědčení 164065, 1976
- [2] GRIEVES, R. B., BHATTACHARYYA, D., Ind. Microbiol. **13**, 1972, s. 191
- [3] GRIEVES, R. B., WANG, S. L., Appl. Microbiol. **15**, 1967, s. 76
- [4] BUSH, P. L., STUMM, W., Environ. Sci. Technol. **2**, 1968, s. 49
- [5] RUBIN, A. J., Biotechnol. Bioeng. **10**, 1968, s. 89
- [6] RUBIN, A. J., LACKEY, S. C., Amer. Water Works Assoc. **60**, 1938, s. 1156
- [7] GADEN, E. L., KEVORKIAN, V., Chem. Eng. Report **10**, 1956, s. 173
- [8] SZARKA, L., MAGYAR, K., Biotechnol. Bioeng. **11**, 1969, s. 701
- [9] EVANS, J. I., HALL, M. J., Proc. Biochem. **6**, 1971, č. 4, s. 23
- [10] GALLER, I., PhD Thesis, Technische Hochschule München - Weihenstephan, 1964
- [11] Prospektová literatura fy Chemap AG, Švýcarsko
- [12] KVASNIČKA, J., Referát na 23. konferenci CHISA '78
- [13] AIBA, S., HUMPHREY, A. E., MILLIS, N. F.: Biochemical Engineering, University of Tokyo Press 1973, s. 322
- [14] LITMANS, B. A., Teoretičeskie osnovy chimičeskoy tehnologii **6**, 1972, s. 771
- [15] GREENHALGH, S. H., McMANAMEY, W. J., PORTER, K. E., J. appl. Chem. Biotechnol. **25**, 1975, s. 143
- [16] PÁCA, J., Sborník VŠCHT E 43, 1975, s. 67
- [17] BLAKEBROUGH, N., Chem. Eng. **79**, 1972, č. 258, s. 58

Páca J.: Vliv povrchově aktivních látok na přenos kyslíku při kultivaci mikroorganismů. Kvas. prům. **24**, 1978, č. 4, s. 82—88.

Přehled faktorů ovlivňujících intenzitu pěnění a způsoby odpěňování používané ve fermentorech. Použití povrchově aktivních látok pro odpěňování nejvíce ovlivňuje rychlosť přenosu kyslíku. Proto byl experimentálně ověřen vliv přídavku odpěňovacího oleje Struktol OSH na změnu rychlosti přenosu kyslíku z plynné fáze do kapaliny a změny v charakteru a

struktury pěny v průběhu jednorázové kultivace baktérií.

Пáца, Я.: Влияние поверхностно активных веществ на передачу кислорода при культивировании микроорганизмов Квас. прум., 24, 1978, № 4, стр. 82—88.

Приведен обзор факторов, оказывающих влияние на интенсивность пенообразования и методы пеногашения, применяемые в ферментерах. Использование поверхностно активных веществ для пеногашения больше всего действует на скорость переноса кислорода. Поэтому экспериментально исследовалось влияние пеногасителя масла Struktol OSH на изменение скорости передачи кислорода из газообразной фазы в жидкость и на изменение характера и структуры пены в течение однократного культивирования бактерий.

Páca J.: Effect of Surfactant on Oxygen Transfer Rate in a Culture of Microorganisms. Kvas. prum. **24**, 1978, No. 4, pp. 82—88.

A brief review of factors influencing foaming tendencies and methods of a foam destroying using in fermenters are given. Additions of surfactants into a cultivation medium to suppress the foam formation significantly affects the oxygen transfer rate from a gaseous to a liquid phase. In the experimental study the effect of the antifoam concentration Struktol OSH on changes in the oxygen transfer rate and foam stability during a batch culture of bacteria was tested.

Páca J.: Einfluß der oberflächenaktiven Substanzen auf die Sauerstoffübertragung bei der Kultivation von Mikroorganismen. Kvas. prum. **24**, 1978, No. 4, S. 82—88.

Es wird eine Übersicht der Faktoren angeführt, welche die Schäumungsintensität und die in Fermen-toren applizierte Entschäumungsverfahren beeinflussen. Die Geschwindigkeit der Sauerstoffübertragung wird am meisten durch die Anwendung der oberflächenaktiven Entschäumungsmittel beeinflußt. Deshalb wurde experimental der Einfluß der Zugabe des Entschäumungssöls Struktol OSH auf die Änderung der Geschwindigkeit der Sauerstoffübertragung aus der Gasphase in die flüssige Phase und auf die Änderungen des Charakters und der Struktur des Schaumes im Verlauf der einstufigen Bakterienkultivation erprobt.