

Nemeček, F. - Štyráková, K. - Krásny, Š.: Využitie aktívnych suchých vínnych kvasiniek v technológii šumivých vín. Kvas. prům., 36, 1990, č. 3, s. 70—72.

V prevádzkových experimentoch výroby šumivého vína tankovým diskontinuálnym spôsobom sa overilo využitie preparátov ASVK. Použili sa domáce preparáty Viakvas TV a Viakvas SPV, vyrobené v overovacej sérii v Potravinárskom kombináte, š. p., Trebišov, prevádzkareň Droždiareň a zahraničný preparát Hefix 2000 (fa Erbslöh Geisenheim). Sekundárne fermentácie iniciované týmito preparátmi zabezpečili prekvasenie substrátu tŕažnej zmesi v optimálnom čase. Vyrobené šumivé vína vykazovali priaznivé chemické i senzorické vlastnosti.

Немечек, Ф. - Штыракова, К. - Красны, Ш.: Использование активных сухих винных дрожжей в технологии игристых вин. Квас. прум., 36, 1990, № 3, стр. 70—72.

V эксплуатационных экспериментах производства игристого вина в чанах прерывного действия было испытано применение препаратов АСВК. Были применены препараты отечественного производства Виаквас ТВ и Виаквас СПВ, изготовленные в опытной серии в пищевом комбинате, г.п. Требишов, цех дрожжевого производства, и зарубежный препарат Hefix 2000 (Ф-ы Erbslöh Geisenheim). Вторичные ферментации инициированные этими препаратами обеспечили сбраживание субстрата исходной смеси в оптимальном времени. Полученные игристые вина отличались благоприятными химическими и сенсорными свойствами.

Nemeček, F. - Štyráková, K. - Krásny, Š.: Application of Active Dry Yeasts in Technology of Sparkling Wines. Kvas. prům., 36, 1990, No. 3, pp. 70—72.

The application of active dry yeasts for a production of sparkling wines were tested in plant-scale experiments using the discontinuous tank fermentation. Two preparates Viakvas TV and Viakvas SPV from Food Fabrik Trebišov and the foreign preparate Hefix 2000 (fa Erbslöh Geisenheim) were tested. The secondary fermentations inoculated with those preparates permitted to achieve an optimum fermentation time. Good chemical as well as sensorial properties were achieved with final sparkling wines.

Nemeček, F. - Štyráková, K. - Krásny, Š.: Anwendung aktiver Trockenreinzuchthe in der Schaumweintechnologie. Kvas. prům., 36, 1990, Nr. 3, S. 70—72.

In Betriebsversuchen der Schaumweinproduktion nach dem diskontinuierlichen Tankverfahren wurde die Applikation der Präparate TRZH erprobt. Es wurden die inländischen Präparate Viakvas TV und Viakvas SPV angewandt, die in der Probeserie in dem Lebensmittelkombinat, Staatsunternehmen, Trebišov, Betrieb Hefefabrik erzeugt wurden, und auch das ausländische Präparat Hefix 2000 der Firma Erbslöh Geisenheim. Die durch diese Präparate initiierte sekundäre Fermentation sicherten die Vergärung der Tiragemischung in optimaler Zeit. Die erzeugten Schaumweine wiesen günstige chemische sowie auch sensorische Eigenschaften auf.

Analýza současného stavu řízení fermentačních procesů

579 653

Měřicí metody a čidla (dokončení)

Doc. Ing. ZDENĚK BURIANEC, CSc., Ing. JANA BURIANOVÁ, CSc., Ing. BLAŽENA HERALOVÁ, Vysoká škola chemickotechnologická, katedra automatizovaných systémů řízení, Praha

Klíčová slova: měřicí metody, čidla, biotechnologie, řízení

B. CHEMICKÉ MĚŘENÍ

Do této kategorie zařazujeme ty měřicí metody, které se většinou týkají složení fermentačního média.

Lze tak zjišťovat rychlost spotřeby nebo tvorby určitých látek, např. substrátu, produktu apod. Detekce různých látek v kapalně fázi se provádí off-line. Metody enzymové analýzy některých substrátů, metabolitů či produktů, jako organických kyselin a derivátů nukleových kyselin, jsou používány často k monitorování katabolických, anabolických a energetických metabolitů uvnitř buněk.

V současné době jsou vyvíjena automatická vzorkovací zařízení, řízená mikroprocesorem. Jsou též používány automatické analyzátoři jako plynové chromatografy, hmotové spektrometry a vůbec spektrometry pro viditelnou, ultrafialovou a blízkou infračervenou oblast. Výstupní signál je možno vést přímo do počítače. Vzhledem k základnímu vybavení je cena fermentoru, vybaveného takovýmto zařízením, řádově vyšší.

pH

pH je nejběžněji monitorovanou veličinou během fermentace. Není třeba zde rozvádět důležitost stabilizace kyselosti roztoku a popisovat běžné přístroje a elektrody pro měření pH. V ČSSR vyrábí skleněné elektrody Chemoprojekt Satalice, ze zahraničních výrobců uvedme firmy Rosemounth a Ingold.

Koncentrace biomasy

Koncentrace biomasy patří k nejdůležitějším parametřům charakterizujícím stadia fermentace. Přesto se nepodařilo dosud vypracovat vyhovující metodu pro stanovení koncentrace biomasy on-line. V podstatě byly vypracovány metody, založené na optickém, chemickém, te-

pelném, mechanickém a ručním principu. Každý má své přednosti a nedostatky. Většina z nich je spíše laboratorního typu, vhodná pro výzkumné účely, vyžadující trvalou péči a údržbu, jiné jsou velmi nákladné atd.

Výzkumně je tato problematika stále aktuální a v přehledu můžeme uvést několik prací, zabývajících se stanovením koncentrace biomasy.

Autoři [1] používají akustickou rezonanční denzitometrii jako metodu vhodnou pro přesné on-line měření buněčné hmoty (kromě změny měrné hmotnosti). On-line měření koncentrace biomasy ve filtrátu fermentace mycelárního organismu, jako je *Penicillium chrysogenum*, optickou metodou uvádí [2].

Přehled o vzorkování a stanovení biomasy je uveden v [3].

Koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého ve výdechových plynech

Na trhu jsou běžně kontinuální analyzátoři. Koncentrace kyslíku se měří magnetickým analyzátořem a koncentrace oxidu uhličitého infraanalyzátořem. Měření těchto veličin se stalo běžnou rutinou při monitorování průběhu fermentace (výpočet rychlosti spotřeby kyslíku, rychlosti produkce oxidu uhličitého a respiračního kvocientu).

Uvedené analyzátoři se vyrábějí v NDR (Junkalor). V poslední době se stále více používají hmotové spektrometry, které jsou relativně levné. Vedle měření CO₂ a O₂ je možno stanovit CH₄, H₂, alkoholy, kyseliny a aldehydy.

On-line měření CO₂ a O₂ je diskutováno v [4], stanovení H₂ v [5], obecně o této problematice je mluveno v [6] a [7].

U aerobních fermentací je zdrojem kyslíku vzduch. Rozdíl mezi vstupní a výstupní koncentrací kyslíku není velký. Protože při měření paramagnetickým analyzáto-

rem kyslíku měříme jeho parciální tlak, je měření citlivé na změny barometrického tlaku, případně na lokální kolísání tlaku v okolí fermentoru. Podobně i vodní páry zkreslují výsledky měření a je proto nutno před analýzou na obsah O_2 i CO_2 výdechové plyny vysušit.

Rozpuštěný kyslík

Kyslíkové elektrody se vyrábějí v komerčním provedení na vysoké odborné úrovni a patří v podstatě ke dvěma typům; potenciometrický (galvanický) typ a amperometrický (polarografický nebo Clarkův) typ.

Elektrodový měrný systém je oddělen od fermentačního prostředí semipermeabilní membránou, kterou difunduje kyslík do roztoku elektrolytu, ve kterém dochází k oxidačně-redukční reakci. Mezi faktory, ovlivňujícími přesnost měření, můžeme uvést zalepování membrány, rychlost proudění kapaliny kolem membrány (alespoň $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) a drift signálu, který je významný při dlouhodobém měření.

V ČSSR vyrábí kyslíkové elektrody Chemoprojekt Satalice. Ze zahraničních firem uvedme alespoň firmu Ingold.

Určení difuzního koeficientu kyslíku polarografickým typem elektrody uvádí [8], studii mikrobiálních kultur, citlivých na kyslík (*Bacillus subtilis*) [9], měření a řízení koncentrace rozpuštěného kyslíku pod 100 ppb [10] a studie přenosu kyslíku při kultivaci *Penicillium chrysogenum* [11].

Rozpuštěný oxid uhličitý

Podobně jako v předcházejícím případě je elektrodový měrný systém oddělen permeabilní membránou od fermentačního prostředí. Molekuly CO_2 difundují do roztoku hydrogenuhlíkatu sodného, kde změna pH je indikována skleněnou elektrodou. Elektrody nejsou tepelně sterilovatelné, a proto je jejich použití omezeno. Lze je použít v chemicky sterilovatelném prostředí.

Běžně se předpokládá, že rozpuštěný CO_2 je v rovnováze s obsahem CO_2 ve výdechových plynech, což není vždy pravda a někdy dochází k přesycení roztoku. Proto v případech, kdy se provádí uhlíková bilance, je užitečné měřit současně koncentraci rozpuštěného CO_2 .

Iontově selektivní elektrodu na CO_2 vyrábí podnik Monokrystaly Turnov, ze zahraničních výrobců uvedme firmu Ingold, která vyrábí elektrody s permeabilní membránou.

Anorganické ionty

Iontově selektivní elektrody mohou být rozčleněny do několika typů: Skleněné elektrody, pevné krystaly, iontoměničové elektrody a biologické elektrody. Mohou být použity pouze v předepsaném rozmezí pH a nejsou sterilovatelné párou. Je třeba upozornit, že tyto elektrody měří iontovou aktivitu a ne koncentraci. Název „iontově specifický-selektivní“ platí pouze v omezené míře při vyloučení ostatních interferujících iontů. Jejich předností je možnost miniaturizace, měření „in vivo“ a mezní citlivost 10^{-5} až $10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$.

Byly vyvinuty elektrody pro tyto ionty: NH_4^+ , Ca^{2+} , Pb^{2+} , K^+ , Na^+ , Cd^{2+} , Cs^+ , Cu^{2+} , Li^+ , Mg^{2+} , Ag^+ , Br^- , Cl^- , CN^- , F^- , PO_4^{3-} , I^- , NO_3^- , S^{2-} . Ve většině případů se však jedná o měření aktivity iontů v sérech, plasmě, moči apod. Výzkumně jsou používány v přetržité kultivaci mikroorganismů. Použití iontově selektivních elektrod [12], elektrochemických senzorů [13, 14] v řízení procesů je uvedeno v citovaných článcích.

Zdroj dusíku

Koncentraci dusičnanových a amoniových iontů lze měřit iontově selektivními elektrodami (ve vodě a odpadních vodách), ale u fermentačních procesů se většinou nepoužívají vzhledem k problémům sterilace a omezení z hlediska požadované hodnoty pH při měření.

Přesto se v posledních letech objevilo několik prací, týkajících se kontroly fermentace z hlediska limitace dusíkem. Pro měření obou iontů jsou používány standardní elektrody [15], selektivní elektroda pro měření

NO_3^- je popsána v [16], selektivní elektroda pro měření NH_4^+ je používána autory [17], [18].

Iontové napětí

V některých fermentačních procesech lze sledovat průběh metabolických procesů měřením impedance roztoku. Zatím tato veličina byla v běžných experimentech opomíjena. Měřicí zařízení je prosté, generátor střídavého proudu 1 až 10 kHz a napětí pod 1 V. Měří se složka rezistance v ekvivalentním RC obvodu.

Oxido-redukční potenciál

Někteří badatelé jsou přesvědčeni, že měřením redox potenciálu lze indikovat metabolickou aktivitu během fermentace a oxidační hladinu lze lépe indikovat redox potenciálem než měřením koncentrace rozpuštěného kyslíku. Ve spojení s počítačem není tato veličina běžně měřena, i když čidlo je relativně laciné a spolehlivé. Potenciometrické měření s použitím zlaté elektrody při redukci lipoové kyseliny v mikrobiálních kulturách je uvedeno v [13].

Koeficient přestupu hmoty K_{La}

K problematice měření hodnoty koeficientu existuje rozsáhlá literatura. Z posledních let je možno uvést tyto práce:

Použití kyslíkové elektrody [19], měření K_{La} v systému plyn-kapalina-pevná látka [20], diskuse k měření v newtonských kapalinách [21] a měření při aerobní fermentaci [22].

Glukosa a ethanol

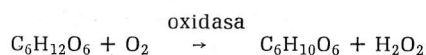
Z rozsáhlé literatury o stanovení koncentrace glukosy a ethanolu uvádíme autory, popisující automatické analyzátoři obsahu těchto látek z posledních let, např. automatický analyzátor glukosy při fermentaci pekařského droždí [23, 24], při fed-batch fermentaci *Escherichia coli* [25]. Obecná problematika automatických analyzátorů glukosy je zpracována v [23, 26, 27, 28, 29]. Rheologickou studií *Streptomyces fradise* pro produkci intracelulární glukosa-isomerasy se zabývá [30].

Metodami monitorování koncentrace ethanolu při řízení ethanolového kvašení se zabývají autoři [31–35].

Biosenzory

Vzhledem k narůstající potřebě rychlého on-line monitorování fermentačních procesů prošla v minulém desetiletí prudkým rozvojem výroba a aplikace čidel založených na využití katalytických vlastností některých organických látek a biologických materiálů. Jedná se o systémy tvořené dvěma složkami. Jedna z nich je tvořena imobilizovanými enzymy, nebo subcelulárními útvary na vhodném nosiči. Tento systém produkuje nebo spotřebovává při kontaktu se zkoumaným médiem — substrátem specifické látky, jako např. kyslík, oxid uhličitý, methan, vodík event. jiné látky. Podle toho se dělí biologická čidla na dvě kategorie: biokatalyzátory a bioreceptory [36]. Reakce může být také doprovázena změnou teploty.

Druhou složkou biosenzoru je čidlo nebo přístroj, měřící aktivitu nebo tepelné zabarvení biochemické reakce, jako např. termistor, spektrofotometr, fluorimetr, laserové čidlo, nejčastěji však elektrody typu redox nebo iontové elektrody [37]. Tak např. enzymový systém selektivně katalyzuje reakci glukosy



podle které lze určit koncentraci glukosy enzymovou elektrodou [38, 39, 40].

Je-li uvedená reakce následována rozkladem peroxidu vodíku na vodu a kyslík (za přítomnosti katalasy), doprovázené vývojem tepla, lze pro určení koncentrace glukosy použít namísto enzymové elektrody „enzymového termistoru“. Entalpie rozkladu peroxidu vodíku je asi $125,6 \text{ kJ/mol}$ [41].

Dalším příkladem je měření obsahu penicilinu při fermentaci. Koncentrace penicilinu je úměrná změně pH na elektrodě pokryté enzymem penicilasy ve vrstvě polyakrylamidového gelu v blízkosti skleněné elektrody. Z dalších aplikací uvádíme možnost selektivně měřit koncentraci těchto látek v závislosti na typu vázaného enzymu: Cholesterol, penicilin, glukosa, fenol, catechol, lysin, koenzym NAD, alkohol, ethanol, laktosa.

V literatuře je popsáno několik desítek typů komerčních systémů kombinovaného typu s imobilizovanými enzymy (dodávají např. fy Beckman Instr.; Leeds and Northrup; Hoffmann-LaRoche Co.; Technicon Inc.; Yellow Springs Instrument Co.). Enzymové biosenzory však mají řadu nevýhod, spočívajících především ve vysoké ceně enzymů, jejich časté nestabilitě, nutnosti jejich izolace a stálého čištění atd. Proto byly vyvinuty **mikrobiální biosenzory** tvořené imobilizovanými celými buňkami nebo jejich suspenzemi a v kombinaci s elektrodami kyslíkovými nebo iontovými. Tyto mikrobiální biosenzory jsou používány pro měření koncentrace glukosy, asimilovatelných cukrů, kyseliny octové, mravenčí, glutamové, nikotinové, ethanolu, methanolu, amoniaku, dusičnanových a síranových iontů atd. [42]. Přehled o mikrobiálních elektrodách je uveden v [43], o aplikaci biosenzorů obecně v [43–56].

Odstavce Chemická měření lze doplnit i kapitolou, zabývající se chemickými analýzami, které umožňují analýzu několika látek současně. Jsou to tyto metody:

Plynová chromatografie: Používá se k automatickému stanovení ethanolu [57, 58], butanolu, acetonu [59], esterů [60].

Kapalinová chromatografie: Analýza penicilinu [61], analýza proteinů [62, 63], laktosy a sacharosy, sójového oleje, penicilinu [64].

Hmotová a kvadrupolová spektrometrie [65–73] je použita k monitorování složek fermentačních procesů jako je vodík, methan, kyslík, oxid uhličitý, dusík ve výdechových plynech při produkci antibiotik, droždí, methanolu, při aceton-butanolové fermentaci atd. [69, 74], při sledování koncentrací antibiotik a toxinů [67],

— **pyrolýzní hmotová spektrometrie** používaná např. pro stanovení mikrobiálně produkovaných polysacharidů [75].

— **infračervená spektrometrie** s aplikací Fourierovy transformace [76].

Optické metody. Například při analýze na zařízení pro FIA (Flow Injection Analysis) byla použita optická metoda ke stanovení proteinů [77].

C. BIOCHEMICKÁ MĚŘENÍ

Cílem těchto měření je zajistit informace o molekulárních reakcích uvnitř buněk. Jedná se o určení koncentrace těchto látek: RNA, DNA, bílkoviny, sacharidy, lipidy. S výjimkou měření systému NAD/NADH neexistují přístroje, které by umožňovaly měření on-line uvedených látek, nepočítáme-li některé biosenzory. Analyzátoři používané v této oblasti patří spíše do kategorie výzkumných aparatur a jejich cena převyšuje běžné možnosti výzkumného pracoviště. Radíme sem tzv. fluorescenční a luminiscenční metody, které mohou být použity pro on-line sledování rychlého dynamického chování intracelulárního metabolismu buňky. Živé buňky totiž produkují za určitých experimentálních podmínek látky (jednou z nich je např. redukovaná forma NADH), jejichž fluorescenci lze korelovat s koncentrací živé biomasy a celkovou metabolickou aktivitou buňky. Bioluminiscenčně je určován obsah ADP, ATP, AMP [78–83], NADH, NAD [84], specifická růstová rychlost methanogenních bakterií apod.

D. BIOLOGICKÁ MĚŘENÍ

Biologická měření detekují změny v kontaminaci, mutaci, morfologii a fyziologii mikroorganismů. K tomu účelu jsou konstruovány cytometry, které umožňují měření některých morfologických veličin, jako je tvar, velikost, distribuce mikroorganismů podle velikosti a distribuci podle stáří.

K detekci kontaminace jsou prováděny pokusy s použitím např. plynové chromatografie.

Automatická měření v oblasti biologie jsou velmi nákladná a zatím v počátečním stadiu výzkumu.

VŠEOBECNÉ PROBLÉMY MĚŘENÍ A SLEDOVÁNÍ BIO-PROCESŮ

V odborné literatuře nalezneme řadu článků, týkajících se sledované problematiky, např. všeobecných přehledů čidel a řízení bioreaktorů [85], elektrochemických čidel v analýze a řízení bioprocésů [86], rozboru stavu monitorování v biotechnologii [87], instrumentace pro monitorování a řízení bioreaktorů [88, 89], instrumentace pro řízení fermentačních procesů [90], monitorování s cílem optimalizace fermentačních procesů [91], přehledu 11 typů čidel pro mléčný průmysl [92], popisu digitálního interface pro měření plynu při fermentaci [93], magnetického průtokoměru ve výrobě antibiotik [94], faktorů ovlivňujících údaj čidla při on-line měření [95] a vývojových trendů a problémů instrumentace [96, 97].

Zvláštní pozornost je věnována automatickému vzorkování ze sterilního prostředí [98], automatickému vzorkování a řízení koncentrace substrátu v chemostatu [98], kontinuální vzorkovací technice pro analýzy on-line [99] a monitorování fermentačních procesů a analýze on-line některých antibiotik [100].

Komplikovaným problémem je též provádění on-line analýzy při řízení [101, 102], rozvoje fermentační výroby na základě on-line analýzy [103], „analytické“ řízení procesů biotechnologických systémů [104]. Diskuse k problematice on-line versus off-line analýzy je uvedena v [105], popis kontinuálního analyzátoru, založeného na kontinuální dialýze a použitého pro řízení koncentrace anorganických fosfátů, je publikován ve [106]. Průtokové systémy pro simultánní řízení koncentrace různých substrátů během fermentace jsou zveřejněny ve [107]. Kontrola kvality biologických produktů je uvedena ve [108], přesné testování standardizovaných mikrobiologických metod je ve [109].

Mikrobiální kultura pro měření makro- i mikromísení v biologických reaktorech je popsána ve [110].

Minipočítačový systém pro analýzu a hlášení dat ze 16 sedmdesátitrových fermentorů založený na počítači PDP 11/60 je popsán ve [111].

Zmínky si zaslouží i Kolokvium o pokročilých senzorech pro biotechnologii [112] a mezinárodní konference o robotice, kde zvláštní sekce je věnována biotechnologickým robotům [113]. Použití robotu pro selektivní práce s mikrobiálními kulturami v Petriho miskách je popsána ve [114].

Literatura

- [1] BLAKE-COLEMAN, B. C., CLARKE, D. J., CALDER, M. R., MOODY, S. C.: *Biotechnol. Bioeng.* **28**, 1986, s. 1241
- [2] HARRIS, CH. M., KELL, D. B.: *Biosensors* **1**, 1985, s. 17
- [3] THOMAS, D. C., CHITTUR, V. K., CAGNEY, J. W., LIM, H. C.: *Biotechnol. Bioeng.* **27**, 1985, s. 729
- [4] DORR, A. W., WINKLER, M. A., WISEMAN, A.: *Trac. Trends Anal. Chem. (Pers. Ed.)* **3**, 1984, s. XV-XVIII
- [5] GÖRTGES, S.: *Der Deutsche Weinbau*, **31**, 1976, s. 1051
- [6] MANDENIUS, C. F.: *J. Ferment. Technol.* **65**, 1987, s. 723
- [7] VORLOP, K. D., BECKE, J. W., STOCK, J., KLEIN, J.: *Eur. Congr. Biotechnol.*, 3rd, Verlag Chemie, Weinheim. Fed. Rep. Ger. **2**, 1984, s. 325
- [8] JU, L. K., HO, CH. S., BADDOUR, R. F.: *Biotechnol. Bioeng.* **31**, 1988, s. 995
- [9] MOES, J., et al.: *Biotechnol. Bioeng.* **27**, 1985, s. 482
- [10] HEINZLE, E., et al.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **469**, 1986, s. 178
- [11] WITTNER, R. et al.: *Biotechnol. Bioeng.* **28**, 1986, s. 1024
- [12] CLARKE, D. J., et al.: *Ion. Sel. Electrode Rev.* **4**, 1982, s. 75
- [13] JENTER, G. A.: *Bioelectrochem. Bioenerg.* **12**, 1984, s. 81
- [14] TWORK, J. V., YACYNICH, A. M.: *Biotechnol. Prog.* **2**, 1986 s. 67
- [15] LeDuy A., SAMSON, R.: *Biotechnol. Lett.* **4**, 1982, 303
- [16] KOLE, M. M., et al.: *Biotechnol. Bioeng.* **28**, 1986, s. 659
- [17] SUZUKI, T., YASUDA, T., YAMANE, T., SHIMIZU, S.: *J. Ferment. Technol.* **64**, 1986 s. 63
- [18] THOMPSON B. G., KOLE, M., GERSON, D. F.: *Biotechnol. Bioeng.* **27**, 1985, s. 818
- [19] VELJKOVIC, V., SKALA, D., JOVANOVIĆ, S.: *J. Serb. Chem. Soc.* **51**, 1986, s. 339

- [20] ANDRE, G., MOO-YOUNG, M., ROBINSON, C. W.: Can. J. Chem. Eng. **63**, 1985, s. 202
- [21] KAWASE, Y., MOO-YOUNG, M.: Biotechnol. Bioeng. **30**, 1987, s. 345
- [22] KOIZUMI, J., AIBA, S.: Biotechnol. Bioeng. **26**, 1984, s. 1131
- [23] BROOKS, S. L.: P371 PP. Avail: Univ. Microfilms Int., Order No BRDX81172
- [24] SHIMIZU, K., et al.: J. Chem. Eng. JPN. **21**, 1988, s. 113
- [25] LULI, G. W., et al.: Biotechnol. Tech. **1**, 1987, s. 225
- [26] BROOKS, S. L., ASHBY, R. E., TURNER, A. P. F., CALDER, M. R., CLARKE, D. J.: Biosensors **3**, 1987, s. 45
- [27] GHOUL, M., RONAT, E., ENGASSER, J. M.: Biotechnol. Bioeng. **28**, 1986, s. 119
- [28] IJIMA, S., et al.: J. Chem. Technol. Biotechnol. **40**, 1987, s. 203
- [29] MIZUTANI, S., et al.: J. Ferment. Technol. **65**, 1987, s. 325
- [30] GHILDYAL, N. P., et al.: Chem. Technol. Biotechnol. **38**, 1987, s. 221
- [31] AXELSSON, J. P., et al.: Bioprocess Eng. **3**, 1988, s. 1
- [32] BEZENER, M. C., et al.: Ind. Aliment. Agric. **102**, 1985, s. 1283
- [33] BIRCH, S. W., TURNER, A. P. F., ASHBY, R. E.: Process Biochem. **22**, 1987, s. 37
- [34] DINWOODIE, R. C., MEHNERT, D. W.: Biotechnol. Bioeng. **27**, 1985, s. 1060
- [35] KUBO, I., KARUBE, I.: Bunseki Kagaku **37**, 1988, s. 628
- [36] TURNER, A. P. F.: IEE Colloquium on „Advances in Sensors for Biotechnology“ (Digest No. 38), London, UK, IEE, 1988, s. 1
- [37] CLARKE, D. J., et al.: Biosensors **1**, 1985, s. 213
- [38] ENFORS S. O., NILSSON H.: 5th Ferment. Symp. Dellweg. H., Ed. Verlag. Berlin 1976, 23
- [39] SATOH I., et al.: Biotechnol. Bioeng. **18**, 1976, s. 269
- [40] VOLESKY B., EMOND C.: Biotechnol. Bioeng. **21**, 1979, s. 1251
- [41] SCHELLER, F. W.: Stud. Biophys. **119**, 1987, s. 221
- [42] GAISFORD W. C., RAWSON D. M.: Measurement and Control **22**, 1989, s. 183
- [43] CARR-BRION, K. G.: IEE Colloquium on „Advances in Sensors for Biotechnology“ (Digest No. 38), London, UK, IEE, 1988
- [44] CLARKE, D. J.: Philos. Trans. R. Soc. London, **316**, 1987, s. 169
- [45] BLAKE-COLEMAN, B. C.: IEE Colloquium on „Advances in Sensors for Biotechnology“ (Digest No. 38), 1988, London, UK, IEE, 1988
- [46] BROOKS, S. L., TURNER, A. P. F.: Meas. Control **20**, 1987, s. 37
- [47] ENFORS, S. O., CLELAND, N.: Methods Enzymol. **137**, 1988, s. 298
- [48] GRONOW, M., KINGDON, C. F. M., ANDERTON, D. J.: Spec. Publ. - R. Soc. Chem. **54**, 1985, s. 295
- [49] KARUBE, I., SUZUKI S.: Annual Reports on Ferment. Processes **6**, Tsao. G. T., Acad. Press, New York 1983, kap. 8
- [50] KARUBE, I.: Biotechnol. Appl. and Res. Publ. by Technomic. Publ. Co, Lancaster, Pa, USA, 1985, s. 135
- [51] KRONER, K. H., STACH, W., KUHLMANN, W.: Chem. Tech. (Heidelberg) **15**, 1986, s. 74, 76
- [52] OPIE, R.: Control and Instrum. (GB), **19**, 1987, s. 137, 139, 141
- [53] REEVE, A.: Control and Instrum. (UK), **20**, 1988, s. 78
- [54] SCHMIDT H. et al.: Biochim. Biophys. Acta **429**, 1976, s. 283
- [55] SCHMIDT, H. L., SASCHEWAG, I.: Biochem. Eng., Int. Congr., 1987, s. 132
- [56] TURNER, A. P. F.: World Biotech. Rep., Online Publ., Pinner, UK, **1**, 1985, s. 181
- [57] COMBERBACH, D. M., BULOCK, J. D.: Biotechnol. Bioeng. **25**, 1983, s. 2503
- [58] VARMA, R., SAWANT, U. D., KARANTH, N. G.: Enzyme Microb. Technol. **6**, 1984, s. 233
- [59] McLAUGHLIN, J. K., MEYER, CH. L., PAPOUTSAKIS, E. T.: Biotechnol. Bioeng. **27**, 1985, s. 1246
- [60] COMBERBACH, D. M., SCHARER, J. M., MURRAY MOO-YOUNG: Enzyme Microb. Technol. **7**, 1985, s. 543
- [61] MOELLER, J., et al.: Anal. Chim. Acta **190**, 1986, s. 195
- [62] LOW, D. K. R.: J. Chem. Technol. Biotechnol. **36**, 1986, s. 245
- [63] GUSTAFSSON, J. G., FREJ, A. K., HEDMAN, P.: Biotechnol. Bioeng. **28**, 1986, s. 16
- [64] KREUZIG, F.: J. Liq. Chromatogr. **6**, 1983, s. 1227
- [65] COPPELLA, S. J., DHURJATI, P.: Biotechnol. Bioeng. **29**, 1987, s. 679
- [66] HEINZLE, E.: World Biotech. Rep., Online Publ., Pinner, UK **1**, 1985, s. 719
- [67] HEINZLE, E., KRAMER, H., DUNN, I. J.: Biotechnol. Bioeng. **27**, 1985, s. 238
- [68] KNIGHT, J.: Control and Instrum. (GB) **13**, 1986, s. 41
- [69] LLOYD, D., BOHATKA, S., SZILAGYI, J.: Biosensors **1**, 1985, s. 179
- [70] LLOYD, D., WHITMORE, T. N.: Lett. Appl. Microbiol. **6**, 1988, s. 5
- [71] MANUAL, B. J.: Autom. Instrum. (Spain) **22**, 1988, s. 147
- [72] NISHI, I., TATEISHI, M.: Keiso **30**, 1987, s. 46
- [73] HEINZLE, E., et al.: Eur. Congr. Biotechnol., 3rd, Verlag Chemie, Weinheim, Fed. Rep. Ger. **3**, 1984, s. 575
- [74] BEREZ, I., et al.: Vacuum **37**, 1987, s. 85
- [75] COTTEE, F. H., BLACKWELL, I. G.: J. Anal. Appl. Pyrolysis **11**, 1987, s. 549
- [76] FINK, D. J., CHITTUR, K. K.: Enzyme Microb. Technol. **8**, 1986, s. 561
- [77] RECKTENWALD, A., KRONER, K. H., KULA, M. A.: Enzyme Microb. Technol. **7**, 1985, s. 146
- [78] HYSERT D. W., et al.: Biotechnol. Bioeng. **21**, 1979, s. 1301
- [79] HYSERT D. W., MORRISON N. M.: J. Am. Soc. Brew. **35**, 1977, s. 160
- [80] KRAUSE, H., GERHARDT, V.: J. Lumin. (Netherlands) **31**, 1984, s. 888
- [81] SCHEPER, T., et al.: Ann. N. Y. Acad. Sci. **506**, 1987, s. 431
- [82] SCHIMZ K. L., et al.: Advances in Biotechnology **1**, 1981, s. 457
- [83] SRINIVAS, S. P., MUTHARASAN, R.: Biotechnol. Bioeng. **30**, 1987, s. 769
- [84] GSCHWEND K., et al.: Biotechnol. Bioeng. **25**, 1983, s. 2789
- [85] ARATANI, T.: J. Soc. Instrum. Control Eng., JAPAN, **26**, 1987, s. 229
- [86] TWORK, J. V., YACYNYCH, A. M.: Biotechnol. Prog. **2**, 1986, s. 67
- [87] SCHULTZ, J. S., MEYERHOFF, M.: Enzyme Microb. Technol. **9**, 1987, s. 697
- [88] ARMIGER, W. B.: Pric. of Biotechnol.: Eng. Consid. **2**, 1985, s. 133
- [89] WILSON, J. R.: Trac. Trends Anal. Chem. [Pers Ed] **3**, 1984, s. 223
- [90] BULL, D. N.: Princ. of Biotechnol. Eng. Consid. **2**, 1985, s. 149
- [91] MIZIER, M. O.: Mesures (France) **52**, 1987, s. 55, 57, 59, 61, 63
- [92] CARDENAS, R., BOYAVAL, P., CORRE, C.: Mesures (France), **52**, 1987, s. 91, 93, 95
- [93] ERDMAN, M. D., DELWICHE, S. R.: Biotechnol. Bioeng. **27**, 1985, s. 569
- [94] GOEL, D. P., MITTAL, B. P., SHAMSHI, M. A.: Csio Commun. **9**, 1982, s. 127
- [95] YAMASHITA, S.: Instrumentation (Japan) **30**, 1987, s. 22
- [96] GUNDELACH, V. G.: Chem. Ing. Tech. **59**, 1987, s. 927
- [97] ISHIKAWA, Y.: Instrumentation (Japan) **29**, 1986, s. 84
- [98] NAGAMUNE, T., ENDO, I.: Instrumentation (Japan) **29**, 1986, s. 21
- [99] KRONER, K. H., PAPAMICHAEL, N.: Process Biochem. **23**, 1988, s. III-VI
- [100] KREUZIG, F.: Chromatogr. Sci. **36**, 1987, s. 245
- [101] SCHUEGERL, T.: Trac. Trends Anal. Chem. [Pers. Ed] **3**, 1984, s. 239
- [102] SCHUEGERL, K., LEUBBERT, A., SCHEPER, T.: Chem. Ing. Tech. **59**, 1987, s. 701
- [103] YAO, W.: Gongye Weishengwu **18**, 1988, s. 29
- [104] INCZEDY, J.: Magy. Kem. Foly. **92**, 1986, s. 247
- [105] SCHUEGERL, K., et al.: Trends Biotechnol. **4**, 1986, s. 11
- [106] PECS, M., et al.: J. Autom. Chem. (GB) **7**, 1985, s. 8
- [107] SCHMIDT, H. L., et al.: Gbf Monogr. Ser. **10**, 1987, s. 113
- [108] BOGDANSKY, F. M.: Pharm. Technol. **11**, 1987, s. 72
- [109] BECKERS, H. J.: J. Test Eval. **14**, 1986, s. 318
- [110] GRIOT, M.: Bioreact. Fluid Dyn., Pap. Int. Conf., Bhra Fluid Eng. Cent., Cranfield/Bedford 1986, s. 203
- [111] BOWSKI, L., PERLEY, CH. R., WEST, J. M.: Biotechnol. Bioeng. **25**, 1983, s. 1237
- [112] IEE Colloquium on Advances in Sensors for Biotechnology. Proceedings IEE 1988, 14, London, UK, 16. March 1988
- [113] 7th International Conference on Robot Vision and Sensory Controls: ROVISEC-7 — Advanced Sensor Technology. Proceedings — IFS (Publ.) 1988. VIII 359, Zürich, Switzerland, 2-4 Feb. 1988
- [114] MASSEN, R. C., BOTTCHE, P., LEISINGER, U.: Proceedings of the 7th International Conference on Robot Vision and Sensory Controls: Rovisec-7 — Advanced Sensor Technology, Bedford, UK, IFS (Publications) 1988, s. 115
- [115] MESCHKE, J., HEMPEL, D. C.: Automatisierungstechnik (West Germany) **36**, 1988, s. 12

Lektoroval Doc. Ing. Mojmír Rychtera, CSc.

Burianec, Z. - Burianová, J. - Heralová, B.: Analýza současného stavu řízení fermentačních procesů. Měřicí metody a čidla. Kvas. prům., 36, 1990, č. 2 a 3, s. 39-40, 72-76.

Je podán přehled čidel, používaných v současné době při sledování a řízení fermentačních procesů. Tento přehled byl doplněn počítačovou rešerší, z níž byly vybrány práce, týkající se této tematiky. Z rešerše je patrné, jakým směrem se ubírá výzkum v oblasti měření a vývoje čidel pro biotechnologické aplikace.

Бурианец, З. - Бурианова, Я. - Гералова, Б.: Анализ современного состояния управления процессами ферментации. Измерительные методы и чувствительные элементы. Квас. прум., 36, 1990, № 2 и 3, стр. 39—40, 72—76.

Приводится обзор чувствительных элементов, применяющихся сегодня при контроле и управлении процессами ферментации. Этот обзор дополнен обзором по ЭВМ, из которого избраны работы, касающиеся данной тематики. Из проведенной работы видно направление, в котором происходит современное развитие исследования в области измерения и чувствительных элементов для биотехнологического применения.

Burianec, Z. - Burianová, J. - Heralová, B.: Analysis of the Control of Fermentation Processes. Measuring Methods and Instruments. Kvas. prum., 36, 1990, No. 2 and 3, pp. 39—40, 72—76.

A review about probes using for measuring and con-

trol of fermentation processes at present is made. This review was completed with the computer aided literature search on this topic. From the article, it can be seen the present state of art in the development of the measuring techniques and the construction of instruments for biotechnological applications.

Burianec, Z. - Burianová, J. - Heralová, B.: Analyse des gegenwärtigen Stands der Steuerung der Fermentationsprozesse. Meßmethoden und Fäher. Kvas. prum., 36, 1990, Nr. 2 und 3, S. 39—40, 72—76.

Es wird eine Übersicht der Meßfühler angeführt, die gegenwärtig bei der Verfolgung und Steuerung der Fermentationsprozesse benutzt werden. Diese Übersicht wurde durch eine Computer-Recherche ergänzt, aus der die Arbeiten ausgewählt wurden, die diese Thematik behandeln. Aus der Recherche sind die Richtungen ersichtlich, auf die die Forschung im Bereich der Messung und der Entwicklung der Meßfühler für biotechnologische Applikationen orientiert ist.

Konstrukční materiály pro biotechnologický průmysl

579 663

II. Nekovové materiály

Ing. JAN PÁČA, CSc., Vysoká škola chemickotechnologická, katedra kvasné chemie a bioinženýrství, Praha

Klíčová slova: konstrukční materiály, plasty, koroze, biotechnologický průmysl

1. SKLO

Borosilikátové sklo je odolné vůči korozi při všech biochemických a biologických procesech včetně působení produktů těchto procesů i vůči chemikáliím používaným k mytí a sanitaci zařízení. Dalšími výhodami skla jsou: hladký povrch (důležité z hlediska čištění), průhlednost (umožňuje kontrolu probíhající operace), sterilovatelnost (v autoklávu a do jisté míry i *in situ*) a nízká cena. Používá se k výrobě nádob, potrubí a těles bioreaktorů laboratorní velikosti (do průměru 600 mm), průhledítek do větších bioreaktorů a ve formě skelných vláken k náplni hloubkových filtrů pro sterilaci vzduchu. Sklo je křehké a má malou pevnost v tahu. Další nevýhodou skla je nebezpečí roztržení skleněného válce při sterilaci párou *in situ* v místě i nepatrného mechanického poškození (např. škrábnutí nebo v místě výrobní vady, tzv. „bubliny“ ve skle). Proto se před sterilací laboratorních fermentorů přímou párou musí provádět preventivní ochrana obsluhujícího personálu nasazováním ochranných krytů na reaktory. Většinou se však laboratorní fermentory sterilují po naplnění živným médiem v autoklávu.

2. PLASTY

Používají se pro stavbu nebo k povrchové úpravě nádob a nádrží, jsou vhodným materiálem pro hadice, potrubí, těsnění, membrány elektrod a ventilů a slouží i jako ložiskové materiály. Obecně jsou plasty odolné proti korozi, přestože některé jsou málo odolné vůči organickým rozpouštědlům ve srovnání s kovovými materiály. Mají také menší odolnost vůči rázovému namáhání. U termoplastů může určitým problémem být měknutí materiálu při tepelné zátěži. Pro zlepšení mechanických vlastností plastů se tyto materiály kombinují (plní) skelnými nebo uhlíkovými vlákny. Z hlediska odolnosti vůči mikroorganismům jsou všechny plasty vyhovující. Dalšími požadovanými vlastnostmi plastů jsou: odolnost proti otěru; nesmí obsahovat látky difundující z plastu (např. plastifikátory) ani aditiva, která jsou toxická, působí změnu barvy nebo ovlivňují organoleptické vlastnosti zpracovávaného materiálu [1]. Většinu plastů nelze sterilovat teplem. Vzhledem k používaným teplotám a tlakům při sterilaci nelze použít ani všechny plasty vyztužené skelnými vlákny tam, kde je sterilace nezbytná. V tabulce 1 jsou uvedeny parametry několika nejčastěji používaných plastů.

Tabulka 1. Hodnoty nejčastěji používaných plastů

Materiál	Cena	Napětí v tahu (MPa)	Max. prac. teplota bez zatížení (°C)	Chem. odolnost
Polyethylen	nízká	20—37	120	dobrá
Polypropylen	nízká	33—38	150	dobrá
PVC (neměkčený)	nízká	25—32	110	dobrá
Teflon	vysoká	7—28	260	výborná
Nylon 6.6	nízká	62—83	150	absorbuje vlhkost
A B S	nízká	41	90	dobrá

Polyethylen — patří mezi termoplasty. Je levný, odolává slabým kyselinám, slabým i silným alkáliím, většinou minerálních a rostlinných olejů a většinu organických rozpouštědel při nízkých teplotách (asi do 60 °C). Nemí sterilovatelný teplem. Používá se jako potrubí na vodu a jiná média, zásobníky na kapalná média, jako jsou ocet, pivo, víno, oleje a ovocné šťávy i jako materiál membrán pro kyslíkové elektrody [2].

Polypropylen — má vlastnosti podobné polyethylen, ale je odolnější vůči teple. Snáší tepelnou sterilaci při přetlaku 0,15 MPa po dobu 20 min [3]. Při dlouhodobém tepelném působení lze jej však vystavovat teplem jen do 100 °C. Také jeho chemická odolnost je větší, proto v procesu čištění lze použít jak kyseliny, tak alkalické roztoky. Používá se ke stavbě zásobníků na kyseliny a louhy a potrubí pro regulaci pH. Z pevnostního hlediska má dobrou odolnost vůči dynamickým rázům a není toxický. Při stavbě zásobníků s objemem nad 15 m³ se z vnější strany pokrývá podpurným plastem obsahujícím skelná vlákna. Používá se též k výrobě membrán k mikrofiltraci [4], membrán pro kyslíkové elektrody [5] a membrán pro imobilizaci buněk nebo enzymů [6, 7].

Polyvinylchlorid (PVC) má vysokou odolnost vůči kyselinám a alkáliím. Vůči rozpouštědlům (např. ketonům, esterům a aromatickým uhlovodíkům) není tak odolný jako polyethylen. Měkčený PVC se používá k výrobě hadic. Jinak se z něho vyrábějí trubky. Dlouhodobě snáší teplotu pouze do 50 °C. Srovnáme-li investiční náklady na potrubí z nerezavějící oceli s potrubím z PVC v prosperujících státech, dospějeme k vyšší ceně při použití PVC z konstrukčních důvodů (např. častější mechanické podpory atd.) [8].