

## Vývoj větracích systémů s turbínovými míchadly v ČSSR

FRANTIŠEK ŠTROS, Výzkumný ústav krmivářského průmyslu a služeb, Praha, ZDENĚK ČÁSLAVSKÝ, Mikrobiologický ústav ČSAV, Praha a JOSEF TOMÍŠEK, Spojené lihovary, n. p., závod Kolín

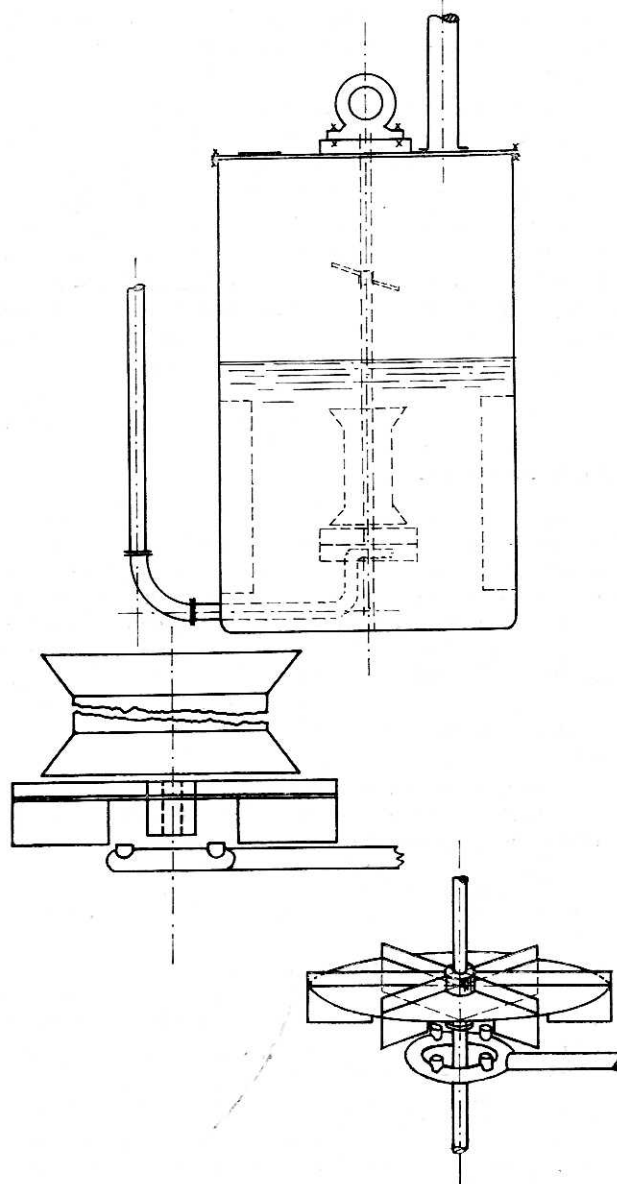
663.929  
663.14.03

Přes mimořádnou důležitost kyslíku pro růst mikroorganismů nebyla v minulosti v klasických aerobních fermentacích, jako je např. výroba pekařského droždí nebo krmných kvasnic, věnována problému zásobování kvasinek kyslíkem dostatečná pozornost. V některých drožďárnách bylo sice před druhou světovou válkou zavedeno keramické větrání [1] nebo děrované vrtulové míchadlo podle *Vogelbusche*, ale tyto systémy nepřinesly podstatné zintenzívnění výroby a jejich používání bylo zatíženo náročnější údržbou a zvýšeným nebezpečím kontaminace. Proto většina závodů nadále používala trubkového větracího systému [2], kterým se dosahuje malé rychlosti rozpouštění kyslíku při poměrně vysoké specifické spotřebě energie.

Určitý pokrok v technice provzdušňování přinesl rozvoj výroby krmných kvasnic za druhé světové války v Německu, kde bylo vyvinuto několik typů účinnějších větracích zařízení. Větrací systémy Claus-Waldhof [3] a Phrix se při výrobě krmných kvasnic ze sulfitových výluhů a melasových výpalků používají s dobrými výsledky dodnes. Intenzivní výzkum teoretických základů zásobování mikroorganismů kyslíkem byl však zahájen teprve po roce 1950 v souvislosti s rozvojem průmyslové fermentace antibiotik. Práce objasňující teoretické základy aerace, z nichž nejdůležitější publikoval *Finn* [4] v roce 1954, vzbudily velký zájem o problém průmyslového větrání a ukázaly cestu ke konstrukci účinnějších větracích systémů, slibujících podstatné zvýšení výroby při aerobních kvasných procesech.

V ČSSR byl zahájen výzkum účinnějších větracích systémů v roce 1960 v souvislosti s připravovanou výstavbou závodů pro výrobu krmných kvasnic. V drožďárně Severomoravských lihovarů a konzerváren n. p. v Olomouci — Pavlovičkách, porovnal Výzkumný ústav lihovarského a konzervářského průmyslu ve spolupráci s Mikrobiologickým ústavem ČSAV účinnost trubkového větrání, systém Phrix, klasického *Vogelbusche*ho větracího systému a turbínového aeračního zařízení. Typ turbínového míchadla a jeho parametry navrhl Ing. J. Hospodka z MBÚ ČSAV. Podle údajů publikací z oboru teorie větrání a především na základě výsledků práce *Karwata* [5] zvolil míchadlo tvaru kotouče s rovnými lopatkami na spodní straně disku, umístěné v 1/3 užitečné výšky fermentoru a opatřené cirkulačním válcem na strhávání pěny, který je používán u systému Claus-Waldhof (obr. 1). Fermentor byl opatřen čtyřmi záložkami a vzduch se přiváděl děrovaným vřetencem, umístěným pod míchadlem.

Vybrané větrací systémy se postupně zkoušely v kvasné kádi na 30 m<sup>3</sup> s užitečným plněním asi 20 m<sup>3</sup>. Rychlost přenosu kyslíku se vypočítávala z polarograficky stanovené aktuální koncentrace rozpouštěného kyslíku, z koncentrace kvasničné sušiny v médiu a z hodnot  $Q_{O_2}$  [6]. Ze zkoušených



Obr. 1

větracích systémů byly nejvyšší rychlosti přenosu kyslíku při nejnižší specifické spotřebě energie dosaženy u turbínového míchadla [7, 8], které se tak stalo základem pro konstrukci průmyslových větracích zařízení nových československých toruláren.

Pro nové závody na výrobu krmných kvasnic se konstruovaly dva typy fermentorů s turbínovými míchadly; předkvasná kád celkového objemu 50 m<sup>3</sup> a fermentor pro hlavní kvašení obsahu 200 m<sup>3</sup>. Technické potíže při konstrukci větších míchacích fermentorů si vyžádaly některé ústupky od parametrů navrhovaných původně na základě vý



sledků pokusů v Olomouci. Nejpodstatnější bylo snížení příkonu motoru míchadla ve velkém fermentoru vynucené obtížemi se zajištěním vhodné převodovky.

Pro ověření funkce a výkonu nových fermentorů byly prototypy větracích zařízení instalovány v toluárně Severočeských konzerváren a droždáren v Teplicích a v droždárně Východočeských konzerváren a lihovarů v Libáni. V Teplicích bylo míchadlo pro předkvasnou káď na 50 m<sup>3</sup> instalováno ve fermentoru na 80 m<sup>3</sup>, v Libáni byla instalována kompletní kvasná káď na 200 m<sup>3</sup>. Před vlastními ověřovacími zkouškami bylo nutno odstranit některé funkční závady úpravami, spočívajícími především ve zvětšení lopatek míchadel pro správné vytížení motorů, ve zvýšení a zúžení cirkulačních válců a v úpravě vzduchovodů.

Podobně jako při pokusech v Olomouci byla rychlost přenosu kyslíku zjišťována polarografickou metodou [7]; hodinová produkce kvasničné sušiny se navíc ověřovala kultivačními pokusy. Specifická spotřeba el. energie zjištěná u obou typů míchadel byla dobře srovnatelná s hodnotami získanými na pokusném zařízení v Olomouci. Zatím co hodinová produkce kvasničné sušiny u míchadla pro předkvasnou káď byla uspokojivá, dával hodinový přírůstek 120 kg sušiny zjištěný při větrání 1000 m<sup>3</sup> vzduchu za hodinu u velkého fermentoru malou naději na dosažení plánovaných kapacit. Výkon turbomíchadel instalovaných v nových závodech však umožňoval zvýšit přiváděné množství vzduchu až na trojnásobek hodnoty, která byla při pokusech v Libáni nejvýše k dispozici. Bylo tedy možno předpokládat, že se zvýšený přívod vzduchu projeví podstatně zvýšenou rychlostí rozpouštění kyslíku a hodinovou produkcí. Tyto předpoklady se potvrdily při zkušebním provozu závodu Trenčín, kde při 3000 m<sup>3</sup> vzduchu za h stoupl hodinový přírůstek kvasničné sušiny až na 190 kg.

Ve zkušebním provozu nových závodů na výrobu krmných kvasnic se projeví u fermentorů s turbínovým větracím zařízením některé závady, především strojního rázu. Byla to poruchovost převodovek, malá trvanlivost ložisek a špatná kvalita těsnění spodního náhonu. Z funkčních závad bylo nejzávažnější nadměrné pění, způsobované hromaděním řetízkujících nebo pseudomycel tvořících buněk ve vrchních vrstvách fermentační kapaliny. Posledně jmenovaná závada byla odstraněna zavedením odběru prokvašené zápary z vrchní části kádí [9]. Během času se podařilo odstranit i mechanické závady. Trvalou nevýhodou fermentoru na 200 m<sup>3</sup> zůstává malé využití kvasného prostoru, způsobované tím, že přetlak instalovaných turbomíchadel dovoluje plnění kádě maximálně do výše 4 až 4,5 m.

Připravovaná rekonstrukce a nutnost hospodárné likvidace odpadních vod v droždářských závodech obracela od roku 1964 pozornost droždářských technologů ke kultivacím kvasinek na hustých melasových záparách. Výroba droždí při ředění melasy 1 : 5 až 1 : 7, umožňující likvidaci odseparovaných zápar zahušťováním na odparkách, vyžaduje fermentor s velmi účinným větracím systémem, nemá-li být neúměrně vysoká vedlejší

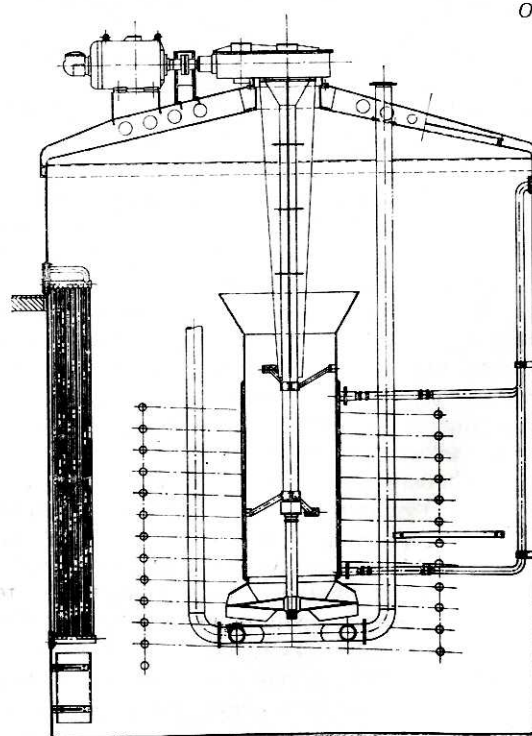
tvorba lihu. Proto byl v rámci připravované rekonstrukce větracích systémů kvasných kádí v droždárně Spojených lihovarů n. p. v Kolíně instalován na jedné kádí turbínový větrací systém, určený k provoznímu přezkoušení nové technologie.

Při volbě parametrů nového droždářského větracího zařízení se využily zkušenosti se současnými typy turbínových míchadel. U kádě s celkovým obsahem 100 m<sup>3</sup>, vysoké 6 m, bylo možno použít horního náhonu, který vyloučil poruchy, související se spodním náhonem, a usnadnil montáž do instalovaných kvasných kádí. Pro zajištění vysoké rychlosti rozpouštění kyslíku byl pro pohon míchadla navržen motor s výkonem 55 kW. Účinnost cirkulačního válce byla zlepšena volbou vyšších otáček a zvětšením plochy lopatek na vrchní straně disku.

Nový droždářský větrací systém (obr. 2) zkonstruovaný Ing. Kendíkem a vyrobený národním podnikem Chepos, Závody vítězného února, Hradec Králové, byl instalován v droždárně Kolín v červnu 1966. Po úpravách, které odstranily některé funkční a strojní závady a při kterých byla celková chladicí plocha zvětšena na 60 m<sup>2</sup>, pracuje míchadlo při 160 ot/min a příkon motoru je asi 50 kW. Optimální příkon vzduchu je 2000 m<sup>3</sup> za hodinu a užitečné plnění kvasné kádě je 55 m<sup>3</sup>. Polarografickou metodou byla u nového větracího zařízení naměřena rychlost rozpouštění kyslíku 101,5 molů O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> . h.

Do konce roku 1967 byl droždářský turbínový větrací systém v provozu více než 1 600 hodin a na pokusné kádí bylo provedeno 118 droždářských kultivací. Za celou tuto dobu nevznikly vážnější poruchy.

Velké série pokusů s kultivací kvasinek na hustých záparách prokázaly, že nový fermentor



Obr. 2



Tabulka 1

	Trubkový systém Kolín	Turbínové míchadlo Olomouc	Turbínové míchadlo Teplíce	Turbínové míchadlo Trenčín	Turbínové míchadlo Libáň	Turbínové míchadlo Kolín
Celkový objem m <sup>3</sup>	100	30	80	200	200	100
Užitečné plnění m <sup>3</sup>	70	20	48	80	126	55
Vzduch N m <sup>3</sup>	3 300	210	790	3 660	1 400	2 270
Elektrická energie na míchání kWh	—	10	25	50	47,5	50
Elektrická energie na vzduch kWh	67,5	5	17,5	75	25	50
Celková elektrická energie kWh	67,5	15	45,5	125	72,5	100
Otáčky míchadla ot/min	—	100	100	100	100	60
Rychlost přenosu kyslíku mol O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> h	29,0	43,0	53,2	74,2	27	101,5
Produkce kádě kg kvas. sušiny za h	65	27,5	82	190	109	174,5
Produkce kvas. sušiny v kg z 1 m <sup>3</sup> celkového kvas. prostoru za h	0,65	1,38	1,02	0,95	0,53	1,75
Spec. spotřeba elektr. energie kWh/kg kvas. sušiny	1,04	0,54	0,55	0,66	0,66	0,57
Spec. spotřeba vzduchu — N m <sup>3</sup> na kg kvas. sušiny	51,0	7,7	9,7	15,8	12,8	13,0
Stupeň využití vzdušného O <sub>2</sub> %	6,6	43,5	34,5	17,2	26,0	25,6

umožňuje při dobré výtěžnosti výrobu pekařského droždí při ředění melasy 1 : 7.

V tabulce 1 jsou porovnány parametry všech v ČSSR dosud vyrobených typů turbínových míchadel. Pro srovnání jsou v tabulce uvedeny také výsledky dosahované v kádích s trubkovým větracím systémem, kterými je zatím vybavena většina československých droždářen.

S výjimkou fermentoru na 200 m<sup>3</sup> v Trenčíně, byla u všech srovnávaných fermentorů stanovena rychlost přenosu kyslíku polarografickou metodou. Uváděný hodinový přírůstek kvasničné sušiny, kterého se použilo pro výpočet specifické spotřeby vzduchu a energie, činí 80 % hodinového přírůstu kvasničné sušiny, vypočítaného z maximální rychlosti rozpouštění kyslíku a z předpokládané spotřeby 0,8 kg O<sub>2</sub> na 1 kg kvasničné sušiny [10, 11]. Tento postup zjištění praktického výkonu fermentorů vyplývá ze zkušeností získaných při ověřovacích zkouškách turbínových větracích systémů, při kterých se ukázalo, že průměrné hodinové produkce kvasničné sušiny, dosažitelná při provozních kultivacích, je zpravidla o 15 až 20 % nižší než hodnota vypočítaná z polarograficky zjištěné maximální rychlosti rozpouštění kyslíku a ze spotřeby 0,8 kg O<sub>2</sub> na 1 kg kvasničné sušiny. Tento rozdíl souvisí jednak s obtížností udržovat optimální podmínky v provozu, jednak se způsobem měření rychlosti přenosu kyslíku polarografickou metodou. Pro dosažení odpovídajících hodnot rychlosti rozpouštění kyslíku je totiž třeba měřit aktuální koncentraci rozpuštěného kyslíku při hodnotách vyšších než 0, tedy ve fázi, kdy rozmnožování kvasinek není ještě limitováno kyslíkem. U běžných provozních fermentorů se tedy koncentrace rozpuštěného kyslíku měří při poměrně nízkém obsahu kvasničné sušiny v médiu. V této fázi fermentace se většinou ještě netvoří stabilní pěna a na rychlost rozpouštění kyslíku působí poměrně málo přídavek povrchově aktivních látek, látek, jejichž depresivní vliv na přestup kyslíku byl spolehlivě prokázán mnoha autory [12, 13, 14, 15].

Koncentrace kyslíku v médiu se rovněž nikdy neodčítá bezprostředně po přidávku odpěňovaďa.

U trenčínského fermentoru byla rychlost přenosu kyslíku vypočítána ze skutečné průměrné hodinové produkce fermentoru. Protože se srovnávané fermentory liší výškou sloupce provětrávané kapaliny, bylo naměřené množství vzduchu přepočítáno na normální podmínky, tj. na teplotu 0 °C a tlak 760 torů. Pro dodávku 1 m<sup>3</sup> komprimovaného vzduchu se jednotně předpokládá spotřeba energie 0,025 kWh.

Ze srovnání výsledků dosahovaných u různých typů kvasných kádí je zřejmé, že turbínové větrací systémy umožňují proti trubkovému zařízení vyšší produkci kvasničné sušiny z 1 m<sup>3</sup> celkového kvasného prostoru při podstatně nižší specifické spotřebě elektrické energie. Pokusný droždářský fermentor v Kolíně převyšuje předchozí typy kvasných kádí s turbínovými míchadly především v produkci kvasničné sušiny z jednotky celkového kvasného prostoru. Vysoká rychlost přenosu kyslíku a výsledky pokusných kultivací dávají reálnou naději, že po některých úpravách a doplňcích možná droždářská kvasná kád s turbínovým větracím systémem přechod na kultivace v hustých záparách, při kterých se zatím používaly fermentory firem Patentverwertung Vogelbusch [16] a Escher Wyss [17]. Další zlepšený vývojový typ droždářského fermentoru bude instalován a vyzkoušen v r. 1968.

#### Literatura

- [1] Stich, E.: Verfahren zur Feintheilung von Diaphragmen-Gärbottichen. Ném. patent č. 567 513 — 1932.
- [2] Strauch-Schmitt: Belüftungseinrichtung für Bottiche. Ném. patent. č. 552 241 — 1932.
- [3] Claus, W.: Vorrichtung zur Belüftung von schäumenden Gärflüssigkeiten. NSR patent č. 905 935 — 1954.
- [4] Finn, R. K.: Agitation-Aeration in the Laboratory and in Industry. = „Bacteriol. Rev.“, **18**, 1954: 254—274.
- [5] Karwat, H.: Verteilung von Gasen in Flüssigkeiten durch Führer. = „Chem. Ing. Technik“, **32**, 1959: 588—598.
- [6] Hospodka, J. - Čáslavský, Z.: Design and Application of Elektrodes for the Determination of Dissolved Oxygen. = „Folia Microbiologica“, **10**, 1965: 186—199.
- [7] Hospodka, J. - Čáslavský, Z. - Štros, F. - Beran, K.: Porovnání účinnosti větracích systémů pro výrobu krmných kvasnic a pekařského droždí. = Závěrečná zpráva VÚČPK, Praha 1962.

- [8] Hospodka, J. - Čáslavský, Z. - Beran, K. - Štros, F.: The Polarographic Determination of Oxygen Uptake and Transfer Rate in Aerobic Steady — State Cultivation on Laboratory and Production Scale. Continuous Cultivation of Microorganisms — Proceedings of the 2nd Symposium — Praha 1984.
- [9] Štros, F. - Zábojník, R. - Velký, P. - Rosa, M. - Klimeš, J.: Zařízení pro odběr prokvašené zářary při kontinuální kultivaci kvasinek. ČSSR patent č. 123 748 — 1987.
- [10] Fränz, B.: Der optimale Bedarf an molekularen Sauerstoff in den Züchtungsstufen der Presshefefabrikation. = „Die Nahrung“, 2, 1958: 1104—1152.
- [11] Harison, J. S.: Aspects of Commercial Yeast Production. = „Process Biochemistry“, 2, 1957: 41.
- [12] Kubiček, R.: Vliv odpeňovacího oleje na využití kyslíku silně větraných fermentačních procesů. = „Kvasný průmysl“, 1, 1955: 238.
- [13] Deindoerfer, F. H. - Gaden, E. L.: Effects of Liquid Physical Properties on Oxygen Transfer in Penicillin Fermentation. = „Appl. Microbiol.“ 3, 1955: 253.
- [14] Corman, J. - Tschia, H. M. aj.: Oxygen Absorption Rate in Laboratory and Pilot Plant Equipment. = „Appl. Microbiol.“ 5, 1957: 313.
- [15] Solomons, G. L.: Aeration and Agitation. = „Process Biochemistry“, 1, 1936: 307—312, 317.
- [16] Patentverwertung Vogelbusch G. m. b. H.: Verfahren und Belüftungsvorrichtung zur Erzeugung von Back-, Nähr-, oder Futterhefe. Rakousko, patent č. 314 881 — 1931.
- [17] Escher Wyss G. m. b. H.: Vorrichtung zur intensiven Belüftung von Flüssigkeiten. Rakousko, patent č. 255 1935 — 1982.

Došlo do redakce 4. 3. 1968.

## РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИИ АЭРАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТУРБИННЫХ МЕШАЛОК В ЧЕХОСЛОВАКИИ

В статье сравниваются аэрационные системы, применяемые в Чехословакии с заграничными типами. Опыт приобретенный при эксплуатации установок с интенсивной аэрацией был использован в ферментационных цехах новых дрожжевых заводов, где были установлены турбинные мешалки конструкции инж. Господки, работника одной из лабораторий Академии наук. Они страдали, однако, определенными недостатками и их заменяют постепенно аэрационными системами, спроектированными инж. Кендиком, конструктором завода ХЕПОС. Эти установки полностью отвечают всем требованиям современной техники.

## ENTWICKLUNG DER BELÜFTUNGSSYSTEME MIT TURBINENMISCHERN IN DER ČSSR

Es werden ausländische Belüftungssysteme sowie auch die hiesige Situation auf diesem Gebiet beschrieben. Die Erfahrungen, die bei der Forschung leistungsfähigerer Belüftungseinrichtungen gesammelt wurden, konnten bei der Konstruktion der Fermentoren für neue Betriebe ausgenutzt werden. Diese Fermentoren wurden ursprünglich mit Turbinenmischern ausgestattet, die von Ing. Hospodka (ČSAV) konstruiert waren. Weil sich bestimmte Mängel zeigten, konstruierte Ing. Kendík ein neues Belüftungssystem für Hefefabriken, den Firma CHEPOS realisierte. Das neue System hat sich bereits in der Praxis bewährt.

## DEVELOPMENT OF AERATING SYSTEMS WITH TURBINE AGITATORS

The article deals with the recent development of aerators for yeast plants both in Czechoslovakia and abroad. In several new plants fermenting installations were equipped with turbine agitators designed by Mr. Hospodka (a research worker at one of the laboratories of the Academy of Sciences), but their performance was not quite satisfactory and at present they are being gradually replaced by a new aerating and agitating system developed by Mr. Kendík, a designer of the CHEPOS Works. The system meets all the requirements of modern technology.