

Vetrание a vetracie systémy v droždianách

V. STUCHLIK

Výskumný ústav potravinárskeho priemyslu, Bratislava

663.033.83

I

V uplynulom období výroba pekárskoho droždia prešla rýchlym technologickým vývojom pri zavádzaní prístupnejších a lacnejších surovín, pri zväčšovaní výťažnosti a rovnako pri zachovávaní kvalitatívnych znakov finálnych produktov. Revolučným zásahom do droždiarenskej technológie bolo technické využitie vedeckých poznatkov o biologickom zásobovaní energiou potrebnou pre bunkový život. Vychádzalo sa z poznatkov Pasteurových, ktorý zistil, že za neprítomnosti vzduchu kvasinky pučaním produkujú málo kvasničnej hmoty, pričom vzniká väčšie množstvo alkoholu. Naopak v styku so vzduchom sa výťažok kvasničnej hmoty zväčšuje a vznik alkoholu sa potlačuje. Energiu potrebnú pre bunkový život, ktorý sa vyznačuje látkovou premenou, vývojom a rozmnožovaním, získa kvasničná bunka dvoma procesmi: kvasením a dýchaním. Z hľadiska chemicko-fyziologického obidva procesy nie sú v zásade rozdielne reakcie. Možno ich však v určitom rozsahu riadene ovplyvňovať. Kvasenie sa môže potlačiť zväčšeným dýchaním, ktoré dodáva viac energie pre biologickú syntézu kvasničnej substancie. Popritom existuje úzky vzťah medzi procesmi, ktoré energiu dodávajú, a procesmi, ktoré energiu spotrebujú pri syntetických reakciách. Pri procesoch dodávajúcich energiu, ktoré sú oxydačného charakteru, neprebiehajú však jednoduché chemické reakcie za prijímania kyslíka, ale kvasinky pracujú pomocou komplikovaného systému akceptorov a prenášačov kyslíka. Intenzívne prevzdušňovanie droždiarenských sladín usmerňuje dýchací systém kvasničných buniek na totálne štiepenie cukru na kyslíčnik uhličitý a vodu, aby sa získalo čo najviac energie potrebnej na zväčšovanie produkcie kvasničnej biomasy vegetatívnym rozmnožovaním. Zistilo sa však, že ani najintenzívnejšie prevetrávanie sladín v droždiarnách nemôže pri značnom rozmnožovaní kvasiniek úplne zabrániť vzniku alkoholu

[1]. Určitý podiel cukru (5—10 %) sa i pri t. zv. „bezliehovom“ droždiarenskom kvasení premieňa na alkohol, ktorý sa však za určitých výrobných podmienok môže ďalej zužitkovať ako uhlikatý a energetický zdroj pre výstavbu bunkovej substancie, najmä po vyčerpaní cukrov. Pri tomto využívaní alkoholu sa kvasinky rozmnožujú pomalšie než v cukornom prostredí, pretože v týchto pomeroch sa predlžuje generačná doba [2]. Značným prevzdušňovaním sladín vyprchá zároveň časť vzniknutého alkoholu, a stráca sa tak pre ďalšie využitie. Pri trubicovom vetracom systéme možno v najdokonalejšom vyhotovení počítať so stratou až 2,5 ml alkoholu na 1 m³ vzduchu [3]. Preto veľa záleží na tom, aby sa čo najlepším využitím vzdušného kyslíka podstatne znížilo potrebné množstvo vzduchu. Tento efekt sa dosiahne iba veľmi jemným rozptýlením vzduchu pri optimálnom využití výšky kvaľalinového stĺpca v kvasnej kadi.

Z výsledkov kultivačných pokusov v respirometri podľa Sperbera, ktorý umožňuje pracovať za pomerne veľmi podobným prevádzkovým (kontinuítné pridávanie cukorného alebo melasového roztoku v obvykle používanej koncentrácii), Menzinský zistil, že sa na vznik 1 kg kvasničnej sušiny spotrebuje 800 litrov kyslíka [4]. Táto spotreba je však ovplyvňovaná množstvom a kvalitatívnymi znakmi násadného droždia, pričom na celkovej spotrebe kyslíka participujú v určitom rozsahu živné prostredie a odumierajúce a mŕtve kvasničné bunky.

Pretože 1 kg pekárskych kvasníc so sušinou 28 % za 1 hod. predýcha 20 litrov kyslíka, vypočítal Stich na základe Meyerhoffových údajov, že sa na výrobu 1 kg novej kvasničnej hmoty spotrebuje 86 litrov kyslíka, t. j. na 1 kg kvasničnej sušiny treba asi 307 litrov. Pritom sa však poisťuje ešte 50 % rezervou [5]. Keďže sa v praxi pracuje s mnohonásobkom uvedeného množstva kyslíka, je veľmi aktuálnou otázka, s akým množstvom vzduchu vy-

stačíme pri výrobe droždia, resp. aká veľká je v skutočnosti biochemická potreba vzduchu v porovnaní s veľkým nadbytkom, s ktorým sa stretávame v praxi. Je to tým potrebnéšie vedieť, lebo v celkovej výrobnéj cene droždia náklady na silu pre vetrание nasledujú ihneď za cenou hlavnej suroviny — melasy, používanej v droždiarenskej výrobe.

Problém prevzdušňovania nemožno však posudzovať bez zreteľa na všeobecné požiadavky výroby, na kritické množstvo živín, pri ktorom sa dosahujú najväčšie výťažky kvasničnej substancie, a to ani bez ohľadu na to, či sa pracuje „s liehom“ alebo „bez liehu“. Zákon minima platí aj pri výrobe droždia, a preto nestačí iba presné dózovanie živín prispôbené každému štádiu rozmnožovania. V rozličných stupňoch vývoja spotrebujú kvasinky rôzne množstvo kyslíka, pretože mladé kvasničné bunky zužitkujú viac kyslíka na syntézu bezdusíkatých obsahových látok bunkových než na výstavbu bielkoviny [6]. Veľa závisí aj od kvality hlavnej glycidovej suroviny — melasy, ktorá nie je vždy rovnaká a spravidla nepoznáme dokonale ani jej zloženie, najmä s prihliadnutím na tie látky, ktoré popripáde i v minimálnom množstve rozhodujú o kvalitatívnych znakoch droždiarenskej melasy. Mnoho nevyriešených otázok je prirodzene i v konštrukcii vetracích zariadení používaných v droždiarenskom priemysle, lebo kvasnice sa musia bezpodmienečne zásobovať takým množstvom kyslíka, aké v každom okamihu potrebujú pre bunkové dýchacie procesy. Z uvedených dôvodov, ako aj preto, aby sme mohli aspoň približne vyjadriť matematické vzťahy medzi rozmnožovaním kvasníc a vetraním, musíme celý problém riešiť komplexne s prihliadnutím na surovinu, prevádzkový kvasničný kmeň, technologický postup a technologické zariadenie.

Hlavným účelom vetrания v droždiarňach je:

1. Privádzať kyslík potrebný pre dýchanie rastúcich kvasničných buniek,
2. miešať fermentovanú sladinu a odstraňovať škodlivé splodiny látkovej premeny, najmä kyslík uhlíčitý.

Pri submerznom droždiarenskom kvasení rozhodujúcou požiadavkou je zvoliť správnu intenzitu prevzdušňovania. Prílišné vetranie je príčinou nadmerného dýchania a veľkej produkcie CO_2 ; zmenšeným prevzdušňovaním sa naopak ochromuje optimálny priebeh kvasenia a v mladinke sa hromadia aj iné produkty, najmä etylalkohol. Podľa praktických skúseností extrémne dávkovanie vzduchu na 1 kg novej kvasničnej substancie prispieva podstatne znižovať výťažnosť droždia [2, 7].

Kvasničné bunky predýchajú predovšetkým kyslík rozpustený vo fermentovanej sladine. Priame predýchanie vo forme vzduchových bublín má pri kontinuálnom procese dýchania iba podradnú úlohu. V podmienkach droždiarenského kvasenia prakticky však nikdy nedochádza k „suchému“ styku medzi vzduchovou bublinkou a kvasinkou, pretože kvasinky sú ustavične ovlhčované sladinkou [8]. Predpokladáme preto difúzne prenášanie kyslíka zo vzduchu do fermentovanej sladiny a jej prostred-

níctvom do kvasničných buniek, pričom bunkové enzýmy dýchacieho systému sprostredkujú so zoxydovateľnými látkami chemické reakcie. Prenášanie kyslíka sa riadi intenzitou prevetrávania, jemnosťou dispergovaného vzduchu a dobou styku s fermentovanou sladinou a je ovplyvňované jej zložením a fyzikálnymi vlastnosťami: hustotou, viskozitou, povrchovým napätím a i. Aj organický dusík je nielen živinou, ale má aj funkciu prenášača kyslíka, popripáde zložky redoxových systémov [9].

Delbrück a spolupracovníci už pred polstoročím pozorovali, že sa mechanickým pohybom a prúdením urýchľuje rozmnožovanie kvasníc a skvasovanie cukru. Tento úkaz možno vysvetliť tým, že sa stálym pohybom fermentovanej sladiny upravujú konštantné podmienky pre metabolické procesy, pretože kvasinky sú nepretržite v styku s čerstvými živinami, ako aj tým, že sa i cirkuláciou vzduchu predlžuje jeho styk so sladinou a s kvasinkami. Asi pred 30 rokmi vzbudili v odborných kruhoch pozornosť práce Veleminského a Butschowitza, pracovníkov pražského Hygienického ústavu, ktorí sa zapodievali biológiou kvasníc v prúde prostredí [10]. Autori tvrdili, že intenzívne rozmnožovanie kvasníc pri prevzdušňovaní sladín treba pripisovať predovšetkým pohybu a nie účinkom kyslíka. Keďže by tento názor mal ďalekosiahly praktický význam, bol nielen komentovaný, ale aj laboratórne a prakticky preverovaný. Napríklad Institut für Gärungsgewerbe, Berlin, aplikoval práce Veleminského a Butschowitza v podmienkach prispôbených v praxi. Dokázalo sa, že nielen pohyb, ale súčasne a predovšetkým i prítomnosť vzdušného kyslíka sú rozhodujúcimi faktormi ovplyvňujúcimi výťažky droždia. Aj v trenčianskej droždiarni sa r. 1932 vykonalo asi 70 pokusov, z ktorých 7 bolo v štvrtprevádzkovom meradle (po 120 kg melasy) a 7 bolo prevádzkových (po 3000 kg melasy). Výsledky boli zaujímavé a len veľká spotreba energie na poháňanie miešadiel v kvasných kadiach obdĺžnikovej základne bola príčinou, že sa upustilo od praktickej aplikácie. V štvrtprevádzkovom meradle (9hodinový prítok za použitia 12,5 % násadného droždia, prevzdušňovanie keramickými sviečkami v maximálnom množstve vzduchu $19,2 \text{ m}^3$ za 1 hodinu, miešanie s 200 otáčkami za 1 minútu) dosiahli sa výťažky počítané na 50 % melasu, ktoré sa pohybovali od 78,6 % droždia a 6,73 % liehu do 101,8 % droždia a 0,73 % liehu. Najväčšie výťažky (101,8 % droždia + 0,73 % liehu a 100 % droždia + 3,2 % liehu) sa získali s prísadou kyseliny mliečnej (resp. mliečnanu vápenatého), ktorá značne ovplyvnila rozptýlenie vzduchu (v týchto prípadoch v množstve $1,25 \text{ m}^3$ na 1 kg novovytvorených kvasníc) vhaňaného keramickými sviečkami. Pri prepočítaní na kyslík jeho spotreba bola 830 litrov na 1 kg kvasničnej sušiny. Výsledky praktických pokusov dokázali, že sa v opísaných experimentálnych podmienkach spotreba kyslíka na 1 kg kvasničnej sušiny priblížila hodnote, ktorú zistil Menzinsky pomocou Sperberovho respirometra.

Výsledky zistené pri preverovaní prác Veleminského a Butschowitza dokázali, že potreba kyslíka

na dosahovanie najvyšších výťažkov droždia je podstatne menšia ako sa predpokladalo a prakticky uplatňovalo. Pri správne odhadnutej spotrebe kyslíka a pri výkonnom systéme vetrania možno okrem najväčších výťažkov droždia vyrobiť i pozoruhodné množstvo liehu. Nadbytkom vzduchu sa však výfúka značný podiel alkoholu, ktorý vzniká aj v naprosto aerobných pomeroch; to znižuje výťažnosť liehu, bez toho, že by sa podstatne zvyšoval výťažok droždia. Abnormálnym prevzdušňovaním dochádza i k degenerácii kvasníc; prejavuje sa to menšou množnosťou a vo všeobecnosti zmenšením kvalitatívnych znakov, najmä pri násadnom droždi, ktoré treba potom častejšie obnovovať. Priaznivejšie pomery sú pri kvasení v pohybe pri súčasne obmedzenom prístupu vzduchu, čo možno s výhodou využiť pri výrobe odolného násadného droždia, kde treba nielen zachovať, ale popriprade i doplniť všetky kvalitatívne znaky požadované pre množivú násadu pre expedičné kvasenie.

Koncentrácia kyslíčnika uhličitého vo fermentovanej sladine, ktorá neškodí rastu a množeniu kvasníc a ktorá je skôr prospešná, je o niečo väčšia než obsah CO_2 v atmosfére (0,05 %). Normander pokusmi dokázal, že ani obohatenie fúkaného vzduchu na obsah 20 % CO_2 neškodilo vzrastu kvasníc [4]. Pri veľkom vetraní sladín sa naopak pozorovalo, že v niektorých prípadoch narušuje kvasný proces, čo sa prejaví náhlým ubúdaním peny. Prísadou 1 až 3 % CO_2 do vzduchu vŕhaného do sladiny sa spravidla podarí znovu oživiť droždiarske kvasenie [11].

II

Keďže hospodárnosť droždiarskej výroby je veľmi ovplyvňovaná spotrebou energie na poháňanie vzdušných kompresorov, sleduje sa pozorne každé zdokonalenie a pokrok v konštrukcii vetracích zariadení, ktoré pomáhajú lepšie zužitkovať vzdušný kyslík a znižovať spotrebu vzduchu pri kvasení. Pri voľbe typu vzdušného kompresora treba brať do úvahy všetky faktory vyplývajúce z používanej technológie, z výrobného zariadenia a z kapacity vetracieho zariadenia, aby stroj vyhovoval nielen výkonom, ale aby bol v prevádzke aj hospodárny. V droždiarňach prichádzajú do úvahy zhruba dva typy strojov, a to piestové kompresory s turbokompresory. Tam, kde je každá kvasná kaďa zapojená na vlastný zdroj vzduchu a kde ide o množstvo dodávaného vzduchu v rozmedzí od 1000 do 3000 m^3 za 1 hodinu, výhodnejší je piestový vzdušný kompresor, najmä viacvalcový. Pri takom stroji je možné v prípade potreby výkon veľmi hospodárnym spôsobom v určitom rozsahu regulovať napr. vyradením jednej strany valcov alebo zmenšením počtu otáčok. Pomery sa zmenia v prospech turbokompresora v závodoch, kde je na spoločný zdroj vzduchu zapojený väčší počet kvasných kádí pri zachovaní plného prevádzkového tlaku. Hranica hospodárnosti je pri najmenšom výkone asi 5000 m^3 za 1 hodinu. Osobitnou výhodou tohto zariadenia je čistota vzduchu bez znečistenia olejom, čo má veľký význam najmä pri vetracích systémoch, ktoré pracujú s keramickým pórovitým materiálom. Spome-

nutý výkon vzdušného kompresora je ovplyvňovaný aj teplotou a vlhkosťou nasávaného vzduchu, keďže sa váha 1 m^3 suchého i vlhkého vzduchu napr. v rozmedzí teplôt 15 až 25 °C znižuje asi o $\frac{1}{20}$.

Vynálezov a návrhov na tomto tak dôležitom úseku vývoja prevzdušňovacích zariadení bolo už veľa. V droždiarskom priemysle sa však doteraz prakticky uplatnili iba 3 druhy vetracích systémov:

1. Zariadenie z dierkovaných trubíc v rôzne dokonale vyhotovení,
2. keramické vetranie,
3. pohyblivý vetrací systém konštrukcie „Vogelbusch“.

Na začiatku vývoja technológie sa na rozptyľovanie vzduchu v sladine používal veľký počet dierkovaných trubíc, ktoré zakrývali dno kvasnej kade. Pokrytie dna trubícovým systémom bolo však prakticky dokonale neuskutočniteľné, a preto sa sladina medzi rúrami a pod nimi nachádzala v mŕtvom priestore, z ktorého len parciálny vztlak vzduchu umožňoval tento podiel živného roztoku strhávať do prostredia dokonale prevzdušňovaného. Ďalšou nevýhodou pevného trubícového vetracieho systému je, že vzduchové bublinky uvoľňované z dierok sú vplyvom povrchového napätia väčšie než prierez otvorov. Pri pôvodnom už značne zdokonalenom vyhotovení takéhoto prevzdušňovacieho zariadenia pripadalo na 1 m^2 dna kvasnej kade asi 10 000 dierok priemeru 1—2 mm (0,8—3 mm^2) a celé zariadenie pre kvasnú kaď strednej veľkosti (asi 60 m^3) malo pri spotrebe 100 m^3 vzduchu na 1 m^3 droždiarskej sladiny asi 100 000 otvorov. Veľké zdokonalenie priniesla zlepšená konštrukcia firmy *Strauch* a *Schmidt*, Neisee Neuland, ktorá uviedla na trh vetrací systém, kde priemer dierok bol postupne znižovaný z 0,5 mm až na 0,3 mm (0,2 mm^2 , resp. 0,1 mm^2). Pri tomto zariadení, na ktorom sú vetracie trubice preklápaceľné a popriprade aj umiestnené v dvoch etážach, pripadalo na 1 m^2 dna kvasnej kade asi 25 000 dierok a celý systém jednej kvasnej kade mal až 250 000 otvorov pre vzduch [12]. Táto úprava pri výške sladínového stĺpca 6 m umožnila pri nezmenených výťažkoch znížiť spotrebu vzduchu na 1 m^3 sladiny asi o $\frac{1}{3}$, t. j. na 70 m^3 . Ďalšie zmenšenie množstva vzduchu pod túto hranicu sa však prejavilo zmenšenou produkciou droždia a zväčšenou produkciou liehu. Napríklad 3 % zníženie výťažnosti droždia sa vyrovnávalo iba 1 % zvýšením výťažnosti liehu. Dierkovať vetracie trubice bolo veľmi obťažným problémom, ktorý bol vyriešený jednak použitím materiálu vhodnej tvrdosti (spravidla medi), jednak veľkým množstvom otáčok (10 000 až 12 000) pri vŕtaní, čím sa obmedzilo lámanie vrtákov. Drobné dierky sa však trvalým trením prechádzajúceho vzduchu časom zväčšovali a pôvodne dosahovaný efekt jemne rozptýleného vzduchu sa postupne strácal. Zároveň sa sladina u kvasných kádí obdĺžnikového tvaru pri plnom prevzdušňovaní dostávala do neprijemného a ťažko zvládnuteľného vlnovitého pohybu v smere dlhšej osi.

Používať tvrdý materiál na zhotovovanie vetracích trubíc s veľkým počtom drobných otvorov je veľmi

nákladné. Národnému podniku Závody víťazného února v Hradci Králové sa však podarilo tento problém vyriešiť i pri nehrdzavejúcej oceli, pravda pri dierkovaní priemeru asi 0,5 až 0,6 mm.

Opísaný trubicový vetrací systém je doteraz najpoužívanejším v droždiarenskom priemysle. Jeho veľkou výhodou je, že sa dá ľahko čistiť, že sa v priebehu kvasného procesu priaznivo uplatňuje značný pohyb fermentovanej sladiny. Nepriaznivým zjavom sú však veľké straty alkoholu vyfúkaním a veľká spotreba sily na poháňanie vzdušných kompresorov, pretože sa napr. pri optimálnej spotrebe 70 m³ vzduchu na 1 m³ sladiny spotrebuje pri plnení 75 m³ sladiny za 1 hodinu 5 000 až 5 500 m³ vzduchu. Pritom však, aby sa dokonalejšie využil vzdušný kyslík, nie je možné zvyšovať kvapalinový stĺpec sladiny v kvasnej kadi nad maximálnu hranicu danou konštrukciou kompresorov.

Priekopníkom pri zavádzaní keramického zariadenia na prevzdušňovanie droždiarenských sladín bol Stich z Mannheimu, ktorý vychádzal z experimentálne zistených poznatkov, že len póry s priemerom menším než 0,05 mm majú pri pomalom vŕhnutí vzduchu špeciálny účinok na droždiarenské kvasenie [13]. Autor tejto práce mal príležitosť spomenutý vetrací systém osobne sledovať v Stichovom pokusnom zariadení v Mannheime r. 1930 a spolupracovať pri jeho zavedení v trenčianskej droždiarni (r. 1931 až 1932).

Rozmery a množstvo vzduchových bubliniek vystupujúcich z pórov keramického materiálu závisia od veľkosti súvisiacich kanálikov mikropórovitého filtra, ktoré nie sú v každej hmote úplne rovnaké. Mikropórovité hmoty sa skladajú z presne identifikovaných zŕn, ktoré sú navzájom spojené v dotykových miestach [14]. Kvalitu pórovitého keramického materiálu možno posudzovať podľa nasiakavosti, objemovej váhy a zdanlivej pórovitosti. Vyjadruje sa ako pomer medzi objemom otvorených dutín a pórov v materiáli a celkovým objemom dutín, do ktorých mohla vniknúť voda. Pri najväčšej zdanlivej pórovitosti je najviac otvorených pórov. Pri veľkosti pórov 10 μ (1/100 mm) pripadalo by na 1 m² plochy keramického materiálu asi 2½ miliardy pórov.

Keramický vetrací systém s úspechom používala r. 1930 firma Braasch v Neumünstere. Vetracie telesá sviečkovitej formy zhotovila firma Porolith-Werke, Meissen/E z tvrdého porcelánového materiálu. V CSR používa systém s jemným keramickým vetraním droždiareň v Trenčíne od r. 1932, kde sa postupne vyskúšal rozličný keramický materiál: drenážne trúby v špeciálnom vyhotovení, „KA“ materiál vyrábaný býv. firmou Didier a „Kerafilt“, ktorý sa najlepšie osvedčil a ktorý v dokonalej akosti a tvrdosti vyrába Národný podnik Keramika, Brasy pri Plzni. Pri „Kerafilit“ sa priepustnosť, resp. pórovitosť keramického črepu vyjadruje číslom, napr. kerafilt 80, 120, 140. „Kerafilt 140“ má pórovitosť najvýhodnejšiu pre využitie v droždiarňach. Najväčšou výhodou keramického materiálu je, že sa môže formovať podľa želania (väčšinou sa používa trubicový tvar sviečok) a že pri dodržiavaní opti-

málnych podmienok pre výkon zariadenia a pri jeho vhodnej konštrukcii je rýchlosť vzduchových bubliniek odtrhávajúcich sa z pórov asi 500 až 1000krát menšia ako pri dierkovanom vetracom systéme trubicovom (10 mm za 1 vt, 5 až 10 m za 1 vt). Pre malú rýchlosť vzduchu a tým aj zmenšený pohyb sladiny sa kvasničné bunkové zväzky násilne nerozpadávajú a lepšie vyzrievajú. Jemne dispergovaný vzduch najmä účinkom látok znižujúcich povrchové napätie, ktoré obsahuje droždiarenská sladina, vytvára hustú jemnú penu, ktorá pri dostatočnej rezerve kvasného priestoru umožňuje ju udržiavať na určitej výške menším množstvom odpeňovacích prostriedkov. V pene prebiehajú biochemické reakcie oveľa intenzívnejšie, čo sa prejavuje tým, že teplota v okolí peny je priemerne o 5 °C vyššia ako v samotnej sladine. Zmenšený pohyb fermentovanej tekutiny však vyžaduje, aby sa melasová sladinka a roztok solí privádzali na dno kvasnej kade osobitným rozdeľovacím rúrovodom, pričom tieto roztoky netreba vopred chladiť.

Pri práci na vysoké výťažky droždia je potrebné, aby sa zvolil nielen vhodný počet vetracích telies vytriedených podľa priepustnosti, ale najmä aby jedným telesom (napr. sviečkou) neprešlo viac vzduchu než 1 m³ za 1 hodinu. Empiricky zistený najvýhodnejší pomer medzi plochou dna fermentačného tanku a aktívnou plochou prevzdušňovacieho zariadenia bol 1 : 1,3 až 1,4. Pri veľmi jemnom vetraní je vo všeobecnosti veľké nebezpečenstvo, že sa predózuje vzduch, čo sa prejaví poklesom výťažnosti droždia a pri nedostatočnej aktívnej ploche prevzdušňovacieho zariadenia aj zvýšeným tlakom a rýchlosťou vzduchu; toto opäť znamená zvýšené nároky na spotrebu energie pre vzdušný kompresor. Popritom sa drobné bublinky zväčšenou rýchlosťou už pri svojom vzniku spájajú vo väčšie, čím sa stráca efekt veľmi jemného vetrania. Vo vlhkom stave keramické sviečky kladú priestupu vzduchu oveľa väčší odpor ako telesá celkom suché. Preto je účelné po skončení práce, poprípade pred začatím kvasenia vysušiť ich preparovaním alebo lepšie horúcim vzduchom, čo je technicky ľahko uskutočniteľné. Prax ukázala, že čistota a údržba keramického zariadenia nie je taká obťažná, ako sa predpokladalo alebo tradovalo, a že keramické sviečky možno po vyčistení používať niekoľko rokov. Pri voľbe vhodnej pórovitosti materiálu možno pri výške kvapalinového stĺpca 4 m pracovať s pretlakom 0,5 až 0,8 atp.

Pri praktickom využití keramického vetracieho systému sa však často pozorovalo, že sa znižujú výťažky droždia a súčasne zväčšuje výťažnosť alkoholu. Príčinou tohto javu môže byť, že zariadenie pracuje s menším množstvom vzduchu a so zmenšeným pohybom sladiny, čo je príčinou pomalejšieho odstraňovania škodlivých produktov látkovej premeny, najmä CO₂. Okrem toho pod sviečkami, ktoré sú, aby sa dokonalejšie rozptýlil vzduch, montované na dne kvasnej kade v uhle 45°, vzniká mŕtvý priestor, v ktorom je premiešavanie sladiny nepatrné. V tomto priestore sa ihneď na začiatku kvasenia časť kvasničných buniek usadzuje na dne kvasnej kade a len po začatí kvasnej činnosti sa bunky

vznášajú do priestoru dokonale zásobeného vzduchom, a to účinkom bubliniek CO_2 nalepených na bunkách. Tie sa oneskorujú vo vývoji a raste, a preto sa pučanie dcérskych buniek často neskorí až o 1 hodinu. Pretože vyššie teploty vzrast kvasničných buniek značne urychlujú, odporúča sa pri keramickom vetraní začínať kvasenie pri vyšších teplotách, a to 30 až 32 °C. V sladiniach prevzdušňovaných keramickým spôsobom rastú kvasničné bunky oveľa rovnomernejšie než pri vetracom systéme trubicovom.

Ak porovnáme čo do výkonnosti a spotreby vzduchu vetracie zariadenie trubicové v najdokonalejšom vyhotovení s vetraním keramickým, zistíme, že spotreba vzduchu na 1 kg novovzniknutých kvasníc je len asi 1/5, najmä ak sa riadene pracuje v koncentrovanejších melasových sladiniach (zriedenie 14 až 16násobné) za súčasnej výroby liehu. Výhody práce „s liehom“ pri keramickom vetraní v porovnaní s prácou „bez liehu“ pri trubicovom vetracom systéme objasňuje ďalej uvedený príklad, ktorý sa opiera o praktické skúsenosti. Za predpokladu, že sa ročne vyrobí 4000 tun droždia, v prvom prípade sa pracuje so 16násobným zriedením melasy a s priemerným výťažkom 53 % droždia (včítane násadného) a 12 % liehu; v druhom prípade sa pracuje so zriedením minimálne 25násobným, s priemerným výťažkom 75 % droždia pri spotrebe 70 m³ sladiny za 1 hodinu.

Spôsob práce	„s liehom“	„bez liehu“
Celková spotreba melasy	7547 t	5333 t
Výroba surového liehu	9056 hl	—
Na výrobu droždia pripadá melasy	4528 t	5333 t
Na výrobu liehu pripadá melasy (pri výťažnosti melasového liehovaru 30 %	3019 t	—
Spotreba vzduchu v m ³ na 1 kg droždia o sušine 28 %	6 m ³	24—25 m ³

Z uvedeného pomeru môžeme približne vyčíslíť aj straty alkoholu vyfúkaného so vzduchom. V praktickej prevádzke tieto straty závisia od obsahu alkoholu vo fermentovanej sladine, od množstva vzduchu, od veľkosti povrchu tekutiny a od teploty. Ak počítame iba s minimálnou priemernou stratou 1 ml alkoholu na 1 m³ vzduchu vychádza, že pri keramickom vetraní by sme na 1 kg vyrobeného droždia stratili 6 ml alkoholu, pri trubicovom vetraní 25 ml alkoholu. Pri ročnej výrobe 4000 t droždia vykazovali by sme v prvom prípade stratu 240 hl alkoholu, v druhom prípade 1000 hl alkoholu.

Skutočná prakticky zistená spotreba vzduchu v trenčianskej droždiarni je asi 6 m³ na 1 kg kvasníc so sušinou 28 až 30 % a na 1 kg novovytvorenej kvasničnej sušiny sa spotrebuje asi 20 m³ vzduchu, t. j. asi 4000 l kyslíka, čo je päťnásobné množstvo, než uvádza Menzinsky na základe pokusov v respirometri podľa Sperbera. Pri keramickom prevzdušňovaní sladín sa pozorovalo emulzné rozptýlenie vzduchu účinkom látok, ktoré znižujú povrchové napätie: aminokyselín, alkoholu, organických kyselín, pribudlín a pod. Za prítomnosti týchto látok

sa vzduchové bublinky rýchlejšie odtrhávajú od pórov keramickej masy, sú preto veľmi drobné, na základe čoho možno vysvetliť výbornú účinnosť keramického vetrania pri droždiarenskom kvasení. Tento efekt možno vyvolať umele i vo vode, a to prísadou 0,01 % kyseliny mliečnej alebo 0,02 % kyseliny octovej. Podobný zjav pozorovať i pri zariadení „Vogelbusch“. Vôbec sa nepozoroval, alebo len v nepatrnom rozsahu, pri pevnom vetracom systéme trubicovom v najdokonalejšom vyhotovení. Pri droždiarenskom kvasení stačí vyvolať emulzné rozptýlenie vzduchu pri zariadení keramickom a pri Vogelbuschovom reakciou melasovej sladiny optimálnej pre vzrast a množenie kvasníc (pH = 5,5—5,7). Vogelbusch tvrdí, že vo všeobecnosti postačuje kyslá reakcia melasovej sladiny menšia než pH = 6,7. Ako ukázala prax, účinok veľmi jemného vetrania sa všeobecne výraznejším spôsobom prejaví pri melasách menej kvalitných. Pri vysoko kvalitných melasách rozdiely medzi vetracím systémom trubicovým a keramickým, popri prípade Vogelbuschovým, nemajú taký účinok na konečný efekt kvasenia.

Vhodným riešením pohyblivého vetracieho systému je zariadenie podľa Vogelbuscha (15—16). Skladá sa z dutého pohyblivého hriadeľa, ktorý má na dolnom konci v blízkosti dna kvasnej kade pripevnené dvojkrídlové duté teleso vyhotovené ako propeler prúdnicového tvaru. Vyrobené je z dobre vyleštenej nehrdzavujúcej ocele. Konštrukčné zariadenie umožňuje Iahko otáčať krídlovitým propelerom v sladine, bez toho, že by sa táto pozorovateľne spolu otáčala. Duté teleso propelera má dierky na vrchnej i spodnej strane, v prúdovom zhotovení a v štyroch veľkostiach zväčšujúcich sa podľa vzdialenosti od hriadeľa. Celkový počet otvorov pre vzduch je asi 10 000 s úhrnnou plochou asi 1000 mm². Vzduch vchádza do dutého otáčajúceho sa hriadeľa a z otvorov propelera unikajúce vzduchové bublinky šošovkovitého tvaru priemeru 2—5 mm sa v okamihu vzniku roztriešťa, keďže relatívna rýchlosť medzi krídlom propelera a obklopujúcou ho sladinou je veľká. V prípade potreby môže sa účinok zväčšiť ešte vhodným hradlovým zariadením vo vnútri kade. Tvoriace sa drobné vzduchové bublinky stúpajú pre veľmi jemné rozptýlenie v sladine malou rýchlosťou, pričom sa recirkuláciou pri vhodnej výške stĺpca sladiny v kvasnej kadi dosahuje dokonalé zásobovanie pučiacich kvasničných buniek kyslíkom a pritom odstraňovať škodlivý CO_2 . Prakticky vyskúšať zariadenie v droždiarenskej melasovej sladine priemerného zloženia a pritom zachovať zvolenú technológiu uľahčí voľbu správneho množstva vzduchu a optimálnych prevádzkových podmienok. Pri Vogelbuschovom zariadení je tlak vzduchu privádzaného do sladiny nižší než statický tlak stĺpca sladiny v kvasnej kadi, pretože zariadenie pracuje s nasávacím účinkom pre vzduch. Napríklad pri výške stĺpca 5 m je tlak vzduchu pri

trubicovým vetracom systéme 5500 mm vodného stĺpca, kým pri Vogelbuschovom iba 4600 mm. Nadmerné prevzdušňovanie však ľahko zničí vetrací efekt. Údaje o spotrebe vzduchu sa pri tomto zariadení rozchádzajú. Spravidla sa uvádza spotreba 5 m³ vzduchu na 1 kg novo vytvorených kvasníc. Závisí pritom mnoho od tvaru kvasnej kade, a najmä od výšky kvapalinového stĺpca. Spotreba vzduchu bude v skutočnosti pravdepodobne väčšia, lebo v jednej moderne zariadenej zahraničnej droždiarni, ktorá používa tento vetrací systém, spotrebuje sa pri expedičnom kvasení („bez liehu“) asi 9 m³ vzduchu na 1 kg kvasníc a asi 20 m³ vzduchu na 1 m³ sladiny.

Pri uvedenom zariadení sa aj znižuje spotreba odpeňovacích prostriedkov pri kvasení, pretože sa tvorí hustejšia pena, ktorú možno na konštantnej výške udržiavať menším množstvom zrážacích prostriedkov. Pri tomto zariadení sa spotrebuje sila prevzdušňujúceho kompresora a sila na poháňanie rotujúceho vetracieho telesa, ktoré si vyžaduje príkon asi 10 až 11 kW. Rovnomerné a vysoké výťažky droždia predpokladajú presné vypracovanie kvasnej schémy a spotreby vzduchu.

Zariadenie podľa Vogelbuscha v modernom vyhotovení a pri správnom prispôbení miestnym prevádzkovým pomerom je jedným z úspešných riešení prevzdušňovacieho systému a osvedčilo sa nielen v droždiarňach, ale aj pri výrobe kýmnych kvasníc a pri submerznej výrobe organických kyselín i antibiotík.

Záver

Pri výstavbe a množení kvasničnej substancie v droždiarskom priemysle sa stretávame so súhrnom biochemických procesov, ktoré sú zatiaľ za-

bezpečované podľa empiricky získaných skúseností a usmerňované prevzdušňovaním droždiarskej sladiny podľa výrobné-ekonomických požiadaviek priemyslu. Na úseku zhospodárnenia výroby droždia sa síce dosiahol značný pokrok, nemáme však ešte jasný prehľad o mechanizme celého procesu ako celku, najmä nevieme spoľahlivo vyjadriť matematické vzťahy medzi rozmnožovaním kvasníc s vetraním, ktoré tak nepriaznivým spôsobom zťažuje výrobné náklady. Aplikácia výsledkov výskumu optimálneho prevzdušňovania, ktoré sa uskutočňuje pri submerznej výrobe organických kyselín a antibiotík, pomôže aj droždiarskému priemyslu zlepšiť a zhospodáriť jeho prácu.

Literatúra

- [1] LEMOIGNE MAURICE, AUBERT JEAN PAUL, MILLET JACQUELINE, „La production d'alcool et le rendement de croissance de la levure de boulangerie cultivé en aérobiose“. Revue des fermentations et des industries alimentaires. Octobre (1953), P 17—24.
- [2] MAXON W. D., JOHNSON M. J., Aeration studies on propagation of bakers yeast. Ing. Eng. Chem. 45 (1953), 2554
- [3] STICH EUGEN, „Beiträge zur Technik der Hefeherzeugung“, (1940), I. Teil, Mannheim.
- [4] MENZINSKY GEORG, On factors influencing the metabolism and growth of *Saccharomyces cerevisiae* (top yeast) under aerobic conditions, Stockholm (1950), Ark. Kem., Bd 2, No 1.
- [5] STICH EUGEN, „Verfahren zur Belüftung hefehaltiger Maischen“, Nemecký patent (8. 4. 1943).
- [6] KRZYŻANIAK D. MGR. INŽ. v časopise Technik przemyslu spożywczego (1955), 3, 5.
- [7] Zpráva o návštěve u firmy Braasch, Neumünster (1932).
- [8] BERGANDER A., Der Belüftungsvorgang bei der Hefeherstellung. Die Lebensmittelindustrie (1951), 3, 1.
- [9] FINK H., „Beiträge zum Futterhefeproblem“, Wochenschr. Brauerei (1936), 385, 396.
- [10] VELEMINSKÝ F., BUTSCHOWITZ E., „Biologie der Hefe in strömenden Nährboden“, Zentralblatt f. Bakteriologie und Parasitenkunde, Abt. II. (1929), 78
- [11] BRAASCH H., BRAASCH A., Patent z r. 1932.
- [12] STRAUCH, SCHMIDT, Korešpondencia z r. 1930.
- [13] STUCHLÍK V., WAGNER F., Zpráva o návštěve pokusného pracovišťa E. Sticha v Mannheime (1930).
- [14] BARTA R., Mikropórzný materiál. Zpráva „Pražské technické kanceláře vývojového pověření pro zřizování plynáren a chemických továren“ z r. 1949.
- [15] VOGELBUSCH W., Firemný prospekt.
- [16] THOMMEL K. A., Erfahrungen mit dem Belüftungssystem nach Vogelbusch, Branntweinwirtschaft 1954, N. 7, 121—125.