

Separování kvasnic v droždárnách

VÁCLAV STUHLÍK

663.12./14.

V prvním období průmyslového rozmachu droždářství se kvasnice odlučovaly z vykvašené mladiny usazováním v mělkých železných pánvích, vysokých asi půl metru. Po dokonalém usazení kvasnic na dně usazovací nádrže se čirá mladina odtáhla a zbývající husté kvasnice se vylisovaly.

Vykvašená droždářská mladina je kapalnou heterogenní směsí representovanou suspensí a pěnou. V dispersním kapalném prostředí jsou pevnou dispergovanou fází kvasinky a plynnou fází tvoří bublinky vzduchu a kyslíčnicku uhličitého. Ponechá-li se takový systém v klidu, nastává pozvolné oddělování obou dispergovaných fází: těžší kvasinky klesají ke dnu, lehčí pěna stoupá k povrchu. Na kvasinky suspendované v droždářské mladině působí přitažlivost tíže zemské a vztlak. Pohyb kvasinek v nezvlněné kapalině je přímočarý (laminární), kvasinky se při usazování pohybují v čarách rovnoběžných s bočními stěnami usazovací nádrže. Působením tíže zemské je tento pohyb z počátku zrychlený, ale zvyšováním odporu třením a jakmile přitažlivá síla a odpor prostředí jsou v rovnováze, přechází v rovnoměrný pád. Rychlost takového rovnoměrného pádu, kterou nazýváme rychlostí usazovací, závisí na rozdílu specifických vah kvasinek (1,0821—1,1093) a fermentační tekutiny. Čím je tento rozdíl menší, tím je pomalejší usazování. Rychlost usazování u pravidelných částic, zejména kulovitého tvaru, je větší než u částic nepravidelného tvaru. Teoreticky se usazování řídí zákonem Stokesovým a rozhodujícím činitelem je forma a velikost částic, viskositá dispersní tekutiny a rozdíl spec. vah jednotlivých komponent kapalně heterogenní směsi, v našem případě droždářské mladinky. Rychlost usazování je nepřímo úměrná viskozitě tekutiny, kterou můžeme snižovat teplotou. Na př. voda 10 °C teplá má vis-

kositu 0,013 poise, 40 °C teplá už jen 0,0056 poise.*) Upotřebitelnost Stokesova zákona je však omezena hranicemi pro laminární a turbulentní pohyb a tato mez je pro všechny tekutiny charakterisována hodnotou t. zv. Reynoldsova kritického čísla (Re_{rk}).

V praktickém droždářství dokonalé usazení kvasnic z mladiny trvalo 10—12 hodin a na rychlost usazování často působila kvalita, úprava a technologické zpracování surovin používaných na přípravu základního substrátu a průběh fermentace. Hledaly se cesty, aby se proces usazování co nejvíce urychlil, neboť prodloužená práce na usazovacím zařízení narušovala pravidelný provoz, zvyšovala ztráty, kterými se snižovala výtěžnost a měla nepříznivý vliv na kvalitu vyrobených kvasnic. Trojsměnný provoz nebyl tehdy v droždárnách obligátní, což umožňovalo přeložit usazování do období nočního přerušení práce. Ochlazením celého objemu vykvašené mladiny se sice usazování urychlovalo, ale tento zákrok spotřeboval mnoho chladicí vody a byl spojen s velkou spotřebou energie. Usazovací proces se podporoval i tím, že se používaly provozní kvasnice, které se rychle shlukovaly a usazovaly, případně i biologickým zásahem. Kvasnice typu práškovitého, kterým dáváme za nynějšího stavu droždářské techniky přednost, se pro popsany způsob práce nehodily.

Ohromný význam pro technický rozvoj droždářského průmyslu mělo použití odstředivé síly při rozdělování kapalných heterogenních směsí, zejména suspensí. Odstředování je v podstatě usazování, při němž síla tíže je nahrazena silou odstředivou, kte-

*) Poise je jednotka absolutní viskozity pro sílu jedné dyny, která uděluje hmotě 1 g za 1 vt. urychlení 1 cm.

rou se rozdíl specifických vah jednotlivých komponent suspence zvětšuje a sedimentace se zrychluje až 10 000násobně. Centrifugální síla se při stejném poloměru otáčení zvětšuje s obvodovou rychlostí otáčení, při stejné rychlosti otáčení se zvětšuje se vzdáleností od osy otáčení a při stejné rychlosti a stejném poloměru otáčení roste s hmotou otáčejícího se tělesa (částice). Centrifugální síla uvnitř odstředivky se vztahuje na hmotu částice v každé poloze a vzdálenosti od osy otáčení a vyjadřuje se vzorcem

$$p = m \times \frac{u^2}{r}$$

kde: r = poloměr otáčení (křivosti),

m = hmotnost točícího tělesa,

u = obvodová rychlost otáčení,

$$\frac{u^2}{r} = c = \text{odstředivé zrychlení.}$$

Odstředivé zrychlení roste se vzdáleností od osy otáčení od 0 až do maximální hodnoty na obvodu bubny centrifugy.

Výkon odstředivek můžeme posoudit ukazatelem rozdělovacího účinku, vyjádřeným poměrem odstředivého zrychlení (c) k sedimentaci účinkem tíže zemské.

$$\text{Ukazatel odstředivky } z = \frac{c}{g}$$

Dosadíme-li do tohoto vzorce výraz pro odstředivé zrychlení ($c = \frac{u^2}{r}$) a obvodovou rychlost

$$\left(u = \frac{2\pi \cdot n \cdot r}{60}\right), \text{ potom odstředivé zrychlení}$$

$$c = \frac{4\pi^2 \cdot n^2 \cdot r^2}{3600 \cdot r} = \frac{\pi^2 \cdot n \cdot r}{900} \text{ a ukazatel odstředivky}$$

$$z = \frac{\pi^2 \cdot n^2 \cdot r}{900 \cdot g}, \text{ v kterém } n = \text{počet otáček za minutu.}$$

Protože $\pi^2 =$ přibližně g , může se tento výraz zjednodušit a vyjádřit $z = \frac{n^2 \cdot r}{900}$ (nebo $z = \frac{n}{30} \sqrt{r}$).

Ukazatel odstředivky z vyjadřuje, že centrifugální silou vynucený rozdělovací výkon odstředivky, který závisí též na množství protékající suspence, roste se čtvercem počtu otáček a lineárně s poloměrem bubny. Z toho vyplývá, že zvětšením počtu otáček můžeme snadněji dosáhnout zvětšení odstředivé síly, než zvětšením průměru bubny odstředivky. Rychloběžné odstředivky s menším průměrem bubny jsou proto výkonnější než odstředivky s velkým průměrem bubny ale s malým počtem otáček. Přitom volba průměru bubny je předem určena obvodovou rychlostí a pevností použitého materiálu.

Význam ukazatele odstředivky objasnil ve své publikaci H. Olbrich na tomto příkladu:

1. V nádrži naplněné do výšky 90 cm sedimentuje částice hmoty rychlostí 3 mm za 1 minutu a k usazení až na dno potřebuje $900:3 = 300$ minut, t. j. 5 hodin času.

2. Ukazatel rozdělovacího účinku odstředivky

s průměrem bubny 50 cm ($r = 0,25$ m), která pracuje s 6000 otáčkami za 1 min, bude:

$$z = \frac{n^2 \cdot r}{900} = \frac{6000^2 \cdot 0,25}{900} = 10\,000$$

Ukazatel tedy vyjadřuje, že oddělování v odstředivce bude 10 000krát rychlejší než při obyčejné sedimentaci, čili 30 000 mm za 1 min, t. j. $\frac{1}{2}$ m za vteřinu. Obvodová rychlost této odstředivky je ohromná a dosahuje 555 km za 1 hodinu.

Oddělování suspensí odstředivkami je však ve skutečnosti komplikovanější, neboť v bubnu odstředivky vzniká různé proudění, tření o stěny i v tekutině a víření.

Přístroje využívající odstředivé síly na rozdělování kapalných heterogenních směsí, zejména suspensí, prošly významným technickým vývojem, který se řídil především kvalitou oddělovaného materiálu a upotřebením oddělených součástí.

Ze tří hlavních skupin těchto přístrojů (síťové filtrační odlučovače, separační centrifugy a separátory) se v droždářském průmyslu uplatnily především separátory, i když v některých ojedinělých případech (na př. při velkovýrobě krmné droždí) se osvědčily výborně i horizontální plnoplášťové separační centrifugy s velkými výkony a s automatickým odstraňováním oddělené pevné fáze. Separátory se vyznačují vysokým počtem otáček a podle konstrukčního uspořádání a použití rozeznáváme:

1. Separátory purifikační (na čištění), u kterých se především rozkládají tekutinové směsi vedle odkalování. Slouží na př. k separování mléka a znečištěného mokrého mazacího oleje.

2. Separátory klarifikační (na čerení), které odlučují pevné součásti ze suspensí. Hodí se pro výpalky a droždářské mladinky, které rozkládají v čírou fermentační tekutinu prostou kvasničných buněk a v kvasničný koncentrát (kvasničné mléko).

Zavedením separátorů do droždářského průmyslu se zlepšil radikálně celý výrobní proces, neboť přímé, rychlé a dokonalé odlučování kvasnic z mladiny mělo velký vliv na z hospodárnění a zkvalitnění výroby. Mladina se separovala bez ochlazování vodou a chladilo se jen kvasničné mléko, tedy v průměru jen asi 5–10 % celého objemu mladiny. Výťažnost kvasnic z mladiny se zvýšila až o 1 % a ušetřilo se i místo k postavení velkých usazovacích nádrží. Při správném obsazení výroby odstředivkami se doba oddělování zkrátila na dvě hodiny, kvasnice se řádně propíraly studenou vodou a rychle ochlazovaly. Každé zkrácení doby separování, při současném dokonalém promývání studenou vodou, působí velmi na kvalitu vyrobeného droždí.

Zásahu o technický vývoj v konstrukci separátorů mají především švédská firma Aktiebolaget Separator a německá firma Westfalia. Podstatným pokrokem v konstrukci separátoru bylo vybudování kuželovitých talířů do bubny, mezi kterými se proud oddělované suspence rozděluje na tenké vrstvy. Bechtolsheim už v r. 1888 zjistil, že prodloužení cesty proudění a zkracování cesty usazování velmi zvyšuje rozdělovací výkon separátoru a odstraňuje nežádoucí vířivé proudění. Tímto opatřením se zvýšil při stejné velikosti bubny a při stejných otáčkách mnohonásobně výkon separátoru. Vložka se skládá z 25 až 60 kuželovitých talířů s rozestupem několika desetin milimetru, který se udržuje

žebry, jež současně omezují víření a nutí odstředovanou suspensi, aby se otáčela stejnou rychlostí jako buben. Úhel sklonu pláště bubnu separátoru i kuželovitých talířů odpovídá úhlu, pod kterým se kvasnice v bubnu separátoru ukládají před tím, než jsou rovnoměrně odváděny tryskami. Tento úhel je u kvasnic 30°, u škrobu 42°. Jmenovitý výkon separátoru se zpravidla vyjadřuje objemem suspence (mladiny) vstupující do separátoru za 1 hod a za předpokladu, že obsahuje 1—2 % lisovaného droždí druhu *Saccharomyces cerevisiae* se 75 % vlhkosti. Někdy se vyjadřuje i maximálním množstvím vody, které stačí otáčet se buben separátoru právě pohltit nebo váhou sedliny získané separováním (kg/1 hod).

Ještě v období první světové války se v droždárnách používaly separátory výkonu 2500 l za 1 hod. Nejmodernější konstrukce však dosahují jmenovitého výkonu 20 000—30 000 l mladiny za 1 hodinu při koncentraci 2½ až 5 % kvasnic. V letech třicátých byla zavedena uzavřená konstrukce separátoru s uzavřeným přítokem mladiny a jejím odváděním pod tlakem, což umožnilo odstředování bez pění.

Efektivní výkon separátorů je měnlivou hodnotou a závisí na mnohých vlivech:

1. na obsahu kvasnic v mladině,
2. na druhu, zvláště na viskozitě substrátu,
3. na teplotě a pH substrátu,
4. na druhu kvasnic a jejich stavu,
5. na stupni zpění protékající mladiny.

Zpěnění mladina může snížit výkon separátoru v extrémních případech až na 1/3. Efektivního výkonu separátoru se dosáhne jen tehdy, odpovídá-li vrtání (kalibrování) trysek obsahu kvasnic v separované mladině. Pro dosažení maximálního výkonu separátorů při žádané konsistenci kvasničního mléka je třeba kalibrování trysek věnovat zvýšenou pozornost.

Dobrá kvalita droždí vyžaduje, aby separování netrvalo déle než dvě hodiny a tento minimální požadavek se musí uplatňovat při budování separátorové stanice pro danou výrobní kapacitu. Potřebný počet separátorů zjistíme podle tohoto příkladu: Za dvě hodiny (120 min) se má odseparovat 100 000 litrů mladiny při efektivním výkonu separátoru 10 000 l za 1 hodinu (60 min). Potřebný počet separátorů bude:

$$\frac{60 \times 100\,000}{10\,000 \times 120} = \frac{60}{12} = 5$$

Musí se však též řešit poměr mezi počtem separátorů pro I. a II. separaci. Velmi přitom záleží na koncentraci kvasnic v odstředované mladině. Při koncentraci 0,5—1 % kvasničné sušiny je vztah mezi I. a II. separací vyjádřen poměrem 2:1. Při koncentraci 1—1,75 % kvasničné sušiny bude vztah mezi I. a II. separací vyjádřen poměrem 3:2, a pro koncentraci 1,75—2,05 % kvasničné sušiny bude tento poměr 1:1.

Podle technické dokonalosti separátorové stanice, podle koncentrace kvasnic v mladině a podle kvality obsluhy se při prvním separování odloučí asi 5—10 % kvasničního koncentráту s obsahem 14 až 20 % kvasničné sušiny. Při praktických pokusech se separátorem Westfalia HA8004 se dosáhlo na př. těchto výsledků: při obsahu 3 % kvasnic se sušinou 25 % (0,75 % kvasničné sušiny) byl zaznamenán

efektivní výkon 19 000 litrů mladiny za 1 hod. a získalo se každou hodinu 800 litrů kvasničního koncentráту, t. j. asi 4,2 %, se sušinou 17,8 %. Trysky měly vrtání 1,25 mm. Na propírání, chlazení a dopravu kvasničné emulze na druhou separaci je výhodné používat pracích injektorů. Kvasničný koncentrát se zředí asi 3—4násobně studenou vodou. Při používání pracího injektoru je praní kvasnic velmi dokonalé a při velmi chladné vodě se dosáhne rychlé ochlazení kvasnic, což přispívá k zvyšování kvality, zejména kvasivosti a trvanlivosti. Řídké kvasničné mléko odtékající od separátorů je známkou špatného využití rozdělovacího výkonu. Pro posouzení práce při separátorech je proto znalost koncentrace kvasničního mléka velmi důležitá. V droždárnách, které pracují s výrobou lihu, řídké kvasničné mléko zvyšuje i ztráty alkoholu. K rychlé kontrole hustoty kvasničního koncentráту se může s výhodou použít přesného sacharometru. Při měření kvasničního mléka je třeba brát zřetel na to, že na sacharometru odečteme vždy nižší Bg°, než by se očekávalo podle obsahu kvasničné sušiny. Podle Olbricha kilogramy lisovaných kvasnic se sušinou 25 % obsažené v 1 hl kvasničního koncentráту můžeme vypočítat z údaje sacharometru podle vzorce:

$$(^{\circ}\text{Bg} - 0,2) \cdot \text{hl} \cdot 4,88 = \text{kg lisovaných kvasnic se sušinou } 26\%$$

Při výrobě pekařského droždí odpovídá tedy 1 °Bg naměřený v kvasničním mléku okrouhle 1,25 kg kvasničné sušiny.

Vliv nesprávného separování na alkoholové ztráty objasní tento příklad: Separujeme 720 hl mladiny s 3 % kvasnic se sušinou 26 %. V jednom m³ je tedy 7,8 kg kvasničné sušiny a v 72 m³ je 561,6 kg kvasničné sušiny, t. j. 2160 kg kvasnic se sušinou 26 %. Při obsahu 0,6 % obj. alkoholu bude v mladině 432 l a. a. Při sušině 13 kg v 1 hl odtékajícího mléka od I. separace se odloučí ze 72 m³ mladiny 4320 l kvasničního koncentráту, t. j. 6 %. Při sušině 17 kg v 1 hl se odloučí přibližně jen 3300 l, t. j. 4,59 %. Obsahuje-li mladina 0,6 % obj. alkoholu, potom se při první separaci zadrží v kvasničním koncentráte též 0,6 % obj. alkoholu.

$$\frac{4320 \times 0,6}{100} = 25,92 \text{ l a. a.}$$

$$\frac{3300 \times 0,6}{100} = 19,80 \text{ l a. a.}$$

$$\text{získá se} \quad \underline{\underline{6,12 \text{ l a. a.}}}$$

Pracovní příkon separátoru za chodu je jiný než při rozběhu. Spotřeba síly na 1 m³ mladiny musí být co nejmenší. Při spouštění, kdy doba rozběhu trvá 5 i více minut, je spotřeba síly asi 7krát větší než po dosažení plných otáček. Na př. separátor De Laval s jmenovitým výkonem 10 000 l za 1 hod a při 4500 otáčkách spotřebuje na rozběh 15 kW, v normálním chodu jen 2,3 kW. Při konstantním vrtání trysek a při plných otáčkách je pracovní příkon lineární k protékajícímu množství mladiny.

Při rychlootáčkových strojích (jako jsou separátory) se zvětšují i nepatrné odchylky ve vyvážení bubnu na obvodu centrifugální silou 8000—10 000násobně. Ostré rezonanční kmity při vysokých otáčkách separátoru jsou znamením, že se dosáhlo kritických otáček, při kterých příčná kmitání obíhajícího bubnu způsobená nějakou úchylnou ve vyvážení souhlasí ve své frekvenci kmitání s otáčkami

bubnu. Jakmile se těžiště bubnu dostane do osy otáčení, nastává uklidnění v běhu, k čemuž napomáhá elastické uložení hřídele separátoru. Provozní jistoty separátoru se dosahuje robustní konstrukcí a používáním prvotřídního materiálu. Bezpečnost provozu se musí zajistit přísným dodržováním všech pokynů výrobce separátorů, přísnou a pravidelnou kontrolou a údržbou zařízení. V protokolní knize se musí zaznamenávat všechny zjištěné poruchy, provedené opravy i kontroly. I při pravidelně prováděné kontrole v závodě je potřebné, aby aspoň jedenkrát do roka byly separátory prohlédnuty a vyzkoušeny odborníkem. Každý separátor musí mít v pořádku brzdící zařízení, otáčky se nesmí zvyšovat nad předepsanou míru a zastavování separátoru musí být pozvolné s použitím brzdy. Účelné je do přívodního potrubí mladiny zamontovat měřič prů-

tokového množství. Osoby obsluhující separátory jsou povinny všechny zjištěné poruchy a nepravidłnosti ihned hlásit. U separátoru s transmisním pohonem může řemeny natahovat jen osoba k tomu určená.

Literatura

- [1] *Hubert Olbrich*: Die Schleudertechnik in der Hefe- und Spiritusindustrie. Institut für Gärungsgewerbe, Berlin, 1954.
- [2] *A. G. Kasatkin*: Základní pochody a přístroje chemické technologie I. Technicko-vědecké vydavatelství, Praha, 1952.
- [3] *Teysler - Kotyška*: Technický slovník naučný, 1933.
- [4] *Wilhelm Kiby*: Handbuch der Presshefefabrikation, Braunschweig, 1912.
- [5] *R. Vondráček*: Základy výpočtů v chemické výrobě, Chemická technologie, 1935.