

Kontinuální kvašení

MIROSLAV KAHLER, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha

663.5

Na úseku hlavního kvašení byly vypracovány dvě metody, semikontinuální a kontinuální. Při semikontinuálním způsobu, aplikovaném v provozním rozsahu, se zkrátila doba hlavního kvašení o 30 %. Z ekonomického hlediska bylo hlavním přínosem snížení investičních nákladů až o 50 % a o polovinu lepší využití prostoru spilky. U kontinuální metody byly výsledky ještě příznivější, neboť podstatného zkrácení se dosáhlo nejen při hlavním kvašení, nýbrž také při dokvašování. Celková doba výroby piva touto metodou byla pouze 10 dní. Pokusy s průtokovým kvašením byly konány zatím v laboratorním měřítku. Piva vyrobená oběma způsoby byla po chuťové stránce vyhovující.

I. Semikontinuální metoda

Popis zařízení a technologický postup

Nový způsob kvašení byl realizován v pivovare Braník [1]. Kvasná linka má 6 hliníkových tanků, každý obsahu 140 hl. V tzv. rozkvasném tanku, kde je umístěno míchadlo, udržuje se kvašení neustále ve stadiu kroužků. Ve zbývajících tancích se dokončuje hlavní kvašení (obr. 1). Přívod mladiny ústí do společného potrubí, kterého se zároveň používá i pro přepouštění kroužků i pro sudování mladých piv. Každý tank má zařízení k udržení mírného přetlaku, přívod tlakového vzduchu, přípoj ke spojovacímu potrubí a výpusť na kvasnice. K lince je zapojen ještě deskový chladič a křemelinový filtr, pro zkvašování mladiny, filtrované při zákrasné teplotě (obr. 2).

Po zakvašení mladiny v rozkvasném tanku přepustí se polovina obsahu, tj. 1. generace, za 48 až 60 hodin do prvního kvasného tanku. Po vyrovnaní hladin se oba tanky doplní čerstvou mladinou na plný obsah. Za 24 hodin se propojí rozkvasný tank s druhým kvasným tankem a po přepuštění poloviny kroužků se oba tanky opět doplní čerstvou mladinou. Takto se postupuje až k poslednímu členu linky. Mezi touto dobou prokvasí mladina v prvním kvasném tanku, mladé pivo se sesuduje, usazené

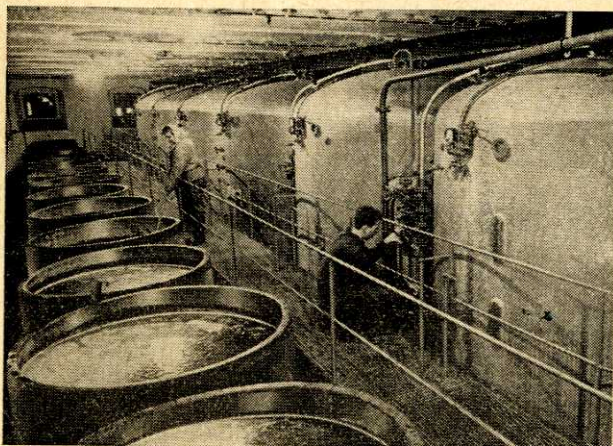
kvasnice se vypustí a bez dalšího otevírání a mytí se tank znovu naplní kroužky a mladinou. Jednotlivé cykly trvaly v průměru 6 týdnů a za tuto dobu se přepustilo 30 až 35 generací při jediném zakvašení. Při pokusech se ukázalo, že i při dlouhodobém semikontinuálním kvašení se nešířila infekce a tento příznivý nálezn lze vysvětlit vysokou aktivitou kvasnic v tomto systému. Tanky se čistí až po ukončení jednotlivých cyklů — jednou za 6 týdnů.

Výhradně se zkvašovala 10% mladina, odebíraná přímo od sprchových chladičů bez další úpravy. K zakvašování se používalo krupičkovitých kvasnic, středně prokvašujících, technicky čistých. Kvasná linka byla uvedena do provozu v minulém roce a během 10 měsíců bylo zkvašeno přibližně 30 000 hl mladiny.

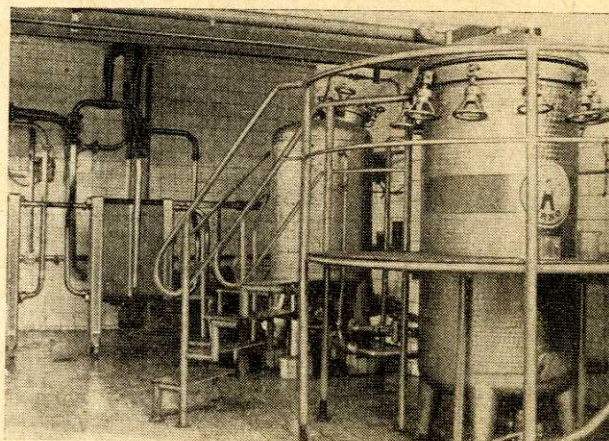
Výsledky

Hlavními faktory, které mají vliv na růst buněk, jsou stupňovitost mladiny, koncentrace kvasnic, obsah kyslíku v médiu a teplota. Ostatní důležité růstové látky jsou v mladině v dostatečném množství. Přibližné kvantitativní požadavky mohou být odvozeny z množství růstových látek, obsažených v kvasnicích. V provozních podmínkách lze považovat stupňovitost mladiny, která se měnila v průměru o $\pm 0,16$ %, a obsah kyslíku za konstantní. Z vlastních pokusů i z prací jiných autorů vyplývá, že množství kyslíku v mladinách, chlazených na sprchových chladičích, je dostatečné k zajištění růstu kvasnic. Pomnožení buněk je závislé na násadních dávkách a při koncentracích vyšších než 280 mg suš./100 ml a při teplotách okolo 10 °C a pro 10% mladinu je již zcela nepatrné. Z růstové křivky kvasnic ze stacionární kultivace je patrné, že pomnožení buněk v rozkvasném tanku odpovídá začátku logaritmické fáze, tj. úseku mezi 48. až 72. hodinou (obr. 3). Při teplotě 10 °C byl denní přírůstek sušiny kvasnic v průměru 96 mg/100 ml a úbytek zdánlivého extraktu 1,19 % (tabulka 1).

Pro další průběh kvašení v kvasných tancích bude rozhodující fyziologický stav buněk v přepouště-



Obr. 1



Obr. 2

Tabulka 1

Dny	Zdánlivý extrakt kroužků %	Zdánlivý extrakt kroužků po dopl- nění mlad. %	Suš. kvas. v přepouš. kroužcích mg/100 ml	Suš. kvas. v kroužcích po doplnění mladinou mg/100 ml
Pondělí	—	7,81	—	148,3
Úterý	6,87	8,30	220,2	93,0
Středa	6,93	8,49	188,2	109,6
Čtvrtek	7,40	8,72	205,7	98,1
Pátek	7,64	8,93	221,9	120,7
Sobota	7,69	—	213,1	—

ných kroužcích. Periodické dávkování čerstvé mladiny v pravidelných intervalech by mělo příznivě působit na jejich aktivitu, neboť častěji se odstraňuje nepříznivý vliv měnicího se prostředí (ubývání živin, hromadění metabolitů). Jestliže se fyziologický stav kvasnic hodnotí podle metabolických kvocientů, pak bude pro pivovarské kvasnice rozhodující schopnost kvasit maltózu za anaerobních podmínek. K porovnání se použilo hodnot získaných při normálním kvašení. Z průběhu změn (obr. 3) je vidět, že schopnost kvasit maltózu za anaerobních podmínek není stálou vlastností buněk a vykazuje značné výkyvy. Tyto výkyvy jsou zvláště patrné na začátku a ke konci kvašení. Je zajímavé, že sebrané kvasnice mají daleko vyšší schopnost zkvašovat maltózu za anaerobních podmínek než buňky, přecházející s mladým pivem do ležáckých nádob. Tato skutečnost má vliv na průběh a intenzitu dokvašování.

Z hodnot $Q_{CO_2}^N$ na maltóze se dá usuzovat, že buňky po zakvašení nemají pravděpodobně potřebné permeázy nebo že jim chybí i jiné enzymy, nutné ke kvašení maltózy. V logaritmické fázi se rychle zvyšuje aktivita buněk k maltóze a lze proto předpokládat, že se v lag fázi indukuje syntéza těchto enzymů. Porovnání výsledků hodnot $Q_{CO_2}^N$ z obou kultivací ukázalo, že při semikontinuálním kvašení

mizí lag fáze a že fyziologický stav kvasnic v rozkvasném tanku odpovídá stavu z konce logaritmické fáze růstové křivky (tabulka 2).

Zkvašování extraktu v kvasných tancích bylo velmi rychlé a v průměru byla mladina prokvašena za 72 až 80 hodin. S přihlédnutím k dobrému vyčerpání bylo možno pivo sudovat za 80 až 90 hodin po přepuštění kroužků. Zdánlivého prokvašení 72,0 až 74,0 % bylo dosaženo již za 72 hodiny. Při takto vysokém prokvašení bylo nutno kroužkovat mladá piva v ležáckém sklepe. V některých případech byly vyšší koncentrace kvasnic v kvasných tancích po doplnění čerstvou mladinou způsobeny nedokonalým odstraněním usazených kvasnic, které se po sesudování piva pouze vypustily bez vypláchnutí.

Průběh změn metabolických kvocientů v kvasných tancích byl obdobný jako u stacionárního kvašení a končil značným poklesem schopnosti kvasit maltózu za anaerobních podmínek (tabulka 3). Podle chromatografických záznamů pohybu jednotlivých cukrů, se kroužkování mladých piv projevilo především zvýšením obsahu maltózy a fruktózy. Dalo by se očekávat, že přidáním kroužků, které obsahují zkvasitelný extrakt a kvasnice s dobrou aktivitou, bude možno urychlit dokvašování. Z chromatogramů však vyplývá, že kroužkovaná piva by naopak vyžadovala delší doby ležení, aby obsah maltózy byl stejný jako před kroužkováním.

Pomnožení kontaminujících mikroorganismů, které přicházejí s várečnými kvasnicemi v obecně přijatelné hranici, bylo silně potlačeno, hlavně zvýšenou činností kvasnic. Růstová rychlost cizích mikroorganismů dosáhla pouze určité mezní hodnoty, která se po dlouhou dobu neměnila. Po 6 týdnech provozu, tj. po ukončení cyklu, byl stupeň biologické čistoty v mezích přípustných pro normální kvašení.

Tabulka 2

Stacionární kvašení			Semikontinuální kvašení		
Hodiny	$Q_{CO_2}^N$ na maltóze μl CO ₂ /hod/ mg suš.	$Q_{CO_2}^N$ na glukóze μl CO ₂ /hod/ mg suš.	týdny	$Q_{CO_2}^N$ na maltóze μl CO ₂ /hod/ mg suš.	$Q_{CO_2}^N$ na glukóze μl CO ₂ /hod/ mg suš.
Násadní kvasnice	167,2	132,4	Násadní kvasnice	160,5	213,3
16	98,4	179,2	I	256,8	252,6
40	171,7	253,7	II	270,0	258,0
64	202,1	275,4	III	294,6	219,1
88	269,8	188,2	IV	369,2	304,7
112	291,8	147,1	V	332,1	327,1
160	175,2	123,0	VI	320,9	346,8
180	133,7	117,1	—	—	—
Sebrané kvasnice	260,6	246,8	—	—	—

Tabulka 3

Dny	Zdánlivý extrakt po doplnění mladinou %	Sušina kvasnic mg/100 ml	$Q_{CO_2}^N$ na maltóze μl CO ₂ /hod/ mg suš.	$Q_{CO_2}^N$ na glukóze μl CO ₂ /hod/ mg suš.
Pondělí	8,28	112,2	273,4	246,4
Úterý	7,11	253,8	252,8	192,5
Středa	3,74	174,1	191,3	147,9
Čtvrtek	2,91	82,6	157,4	106,3
Pátek	2,73	45,5	139,2	97,2

Tabulka 4

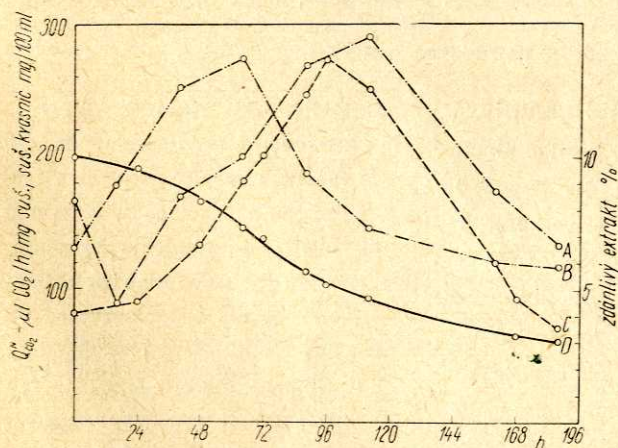
		Stacionární kvašení	Semikontinuální kvašení
Extrakt zdánlivý	%	2,89	2,57
Extrakt skutečný	%	4,24	3,97
Alkohol	%	2,95	3,05
Stupňov. původ mladiny	%	9,99	9,96
Prokvašení zdánlivé	%	71,1	74,1
Prokvašení skutečné	%	57,6	60,1
Prokvašení dosažitelné	%	76,2	76,4
Barva ml 0,1 N jódu		0,55—0,60	0,55—0,60
pH		4,36	4,35
Kysličník uhličitý	%	0,33	0,47

Chemické složení pokusných i srovnávacích pív bylo prakticky stejné, pouze pěnivost, obsah kyslíčnicku uhličitého a intenzita hořkosti byly u pív ze semikontinuálního kvašení lepší. Vzhledem k tomu, že obě piva byla vyrobena vždy ze stejné mladiny, jedna polovina byla zkvašena normálně, druhá semikontinuálně, a obdobně i dokvašování bylo prováděno za stejných podmínek, lze event. odchylky v jakosti pív přičíst pouze odlišnému technologickému postupu ve spilce. Vesměs byla srovnávací piva méně prokvašena a také rozdíl mezi zdánlivým a dosažitelným prokvašením byl dosti vysoký, až 5 % (tabulka 4). Při degustačních zkouškách byla obě piva hodnocena stejně.

Z příznivých ekonomických efektů semikontinuálního kvašení je možno připomenout alespoň některé:

- zlepšení sanitačního stavu;
- podstatné omezení namáhavé práce při mytí a zakvašování;
- výhodnější poměr strojních a stavebních investic;
- zjednodušení manipulace a vytváření předpokladů pro automatizaci;
- lepší využití provozního prostoru;
- dosažení větší rytmičnosti a pravidelnosti výroby;
- snadné jímání kysličníku uhličitého.

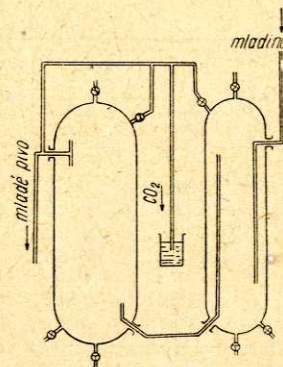
Podle výsledků získaných při provozních pokusech lze semikontinuálním způsobem vyrobit piva, která se neliší od stejného typu běžně vystavovaných pív. Základním rysem semikontinuální metody



Obr. 3. Stacionární kvašení

A — hodnoty $Q_{CO_2}^N$ na maltóze, B — hodnoty $Q_{CO_2}^N$ na glukóze;
C — sušina kvasnic; D — úbytek extraktu

Obr. 4. Schéma propojení válců při kontinuálním kvašení



je udržení po dlouhou dobu vhodných podmínek pro kvašení a růst buněk při zachování dobrého fyziologického stavu.

Kontinuální kvašení

Materiál a metody

K pokusům s kontinuálním kvašením bylo použito skleněného zařízení s možností měnit obsahy jednotlivých nádob. Nejvýhodnější byl dvoustupňový systém s nesterilně velkými nádobami. S ohledem na požadovaný stupeň vyčištění a prokvašení mladého piva nebylo možno bez zařazení dalšího stupně použít válce stejné velikosti. Podle pokusů se nejlépe osvědčil poměr nádob 1 : 2. V prvním válci obsahu 26 l se udržovala vysoká růstová rychlost, zatímco ve druhém válci (obsahu 49 l) byla růstová rychlost značně nízká. Schematické znázornění propojení válců je vyznačeno na obr. 4. V první části pokusu probíhalo kvašení v nemíchaném prostředí, avšak ukázalo se, že zvýšená sedimentace nepříznivě působí na udržení rovnovážného stavu. Bylo proto nutno zařadit míchadlo do prvního stupně, kdežto v druhém stupni se vyžaduje aglutinace a sedimentace kvasnic, aby mladé pivo bylo již dostatečně vyčištěné a mohlo se přímo sudovat.

K pokusům se výhradně používalo provozní 10% mladiny, nesterilované a kvasnic téhož typu jako pro semikontinuální kvašení, technicky čistých. Od zkvašování sterilované mladiny bylo upuštěno, protože sterilace měla nepříznivý vliv na chuťové vlastnosti hotového piva a nebylo možno tato piva porovnávat se vzorky ze stacionárního kvašení. Také nelze z ekonomických důvodů počítat při aplikaci kontinuální metody v provozu se sterilací mladiny. V průměru jednotlivé pokusy trvaly 14 až 16 dnů a po této době bylo nutno pokus přerušit, a to převážně z důvodů velkého množství usazených kvasnic v druhé nádobě, které se v průběhu kvašení neodebíraly. Při některých pokusech to byla naopak zvýšená infekce.

Výsledky

Na uvedeném zařízení byl přezkoušen vliv různých průtokových rychlostí a teplot na fyziologický stav kvasnic a jakost piva. Maximálně zkoušená teplota 13 °C neměla vliv na zhoršení jakosti piva, naopak bylo možno zvýšit průtok o dvojnásobek, v porovnání s průtokem při teplotě 8,5 °C. Změnou průtoku, který je nižší, než jaký by odpovídal maximálnímu růstu kvasnic, lze dosáhnout, že buňky, přecházející z prvního válce do druhého, mají schopnost zvyšovat ještě svoji aktivitu k maltóze za anaerobních podmínek (tabulka 5). Toto zjištění je jedním z hlavních rozdílů mezi kontinuálním a sta-

Tabulka 5

Hodiny	Sušina kvasnic mg/100 ml		Hodiny	$Q_{CO_2}^N$ na maltóze $\mu^1 CO_2/hod/mg$ suš.	
	1. válec	2. válec		1. válec	2. válec
Násadní kvasnice	165,8	—	Násadní kvasnice	155,3	—
24	239,6	—	20	253,7	—
72	240,1	—	68	280,0	—
120	221,4	91,9	116	251,2	304,5
216	207,3	60,5	164	264,3	289,3
278	186,2	57,0	236	270,0	297,0
350	150,7	55,4	350	247,7	273,4

Tabulka 6

		Stacionární kvašení	Semikontinuální kvašení
Extrakt zdánlivý	%	2,41	2,57
Extrakt skutečný	%	3,68	3,81
Alkohol	%	2,78	2,70
Stupňov. původ mladiny	%	9,15	9,15
Prokvašení zdánlivé	%	73,6	71,6
Prokvašení skutečné	%	59,7	58,3
Prokvašení dosažitelné	%	76,3	76,1
Barva ml 0,1 N jódu		0,55—0,60	0,50—0,55
pH		4,62	4,50

cionárním kvašením. Při stacionárním kvašení bývá nejčastěji maximální schopnost zkvašovat maltózu za anaerobních podmínek ve stejném časovém úseku s maximálním přírůstkem kvasnic za časovou jednotku.

Mladé pivo z kontinuální linky se jímalo přímo do ležáckého soudku a po naplnění a zakvašení se nechalo dokvašovat v ležáckém sklepe. Zdánlivé prokvašení mladých piv se pohybovalo v rozmezí 62 až 64 %. Během 7 dnů prokvasila tato piva za současného rychlého stoupání hradičského tlaku.

Při rozboru piv z kontinuálního kvašení s různou dobou ležení se ukázalo, že sedmidenní dokvašování postačuje k získání vyrovnané chuti s dobře vázaným kyslíčnickem uhlíčitým. Průtokové dokvašování mělo některé nedostatky, které se projeví v nižším stupni prokvašení a v nedostatečném nasycení kyslíčnickem uhlíčitým. Nedostatky by bylo možno odstranit zařazením dalších členů do linky a úpravou průtoku při vyšším protitlaku. Průtokovým dokvašováním se nezkrátila podstatně doba ležení.

НЕПРЕРЫВНОЕ БРОЖЕНИЕ

При внедрении полунепрерывного метода брожения продолжительность основной ферментации сокращается на 30 %, капиталовложения на оборудование на 50 %, а коэффициент использования площади бродительни повышается на 50 %. Сокращается продолжительность фазы дображивания на 66 %, так что производственный цикл составляет лишь 10 дней.

KONTINUIERLICHE GÄRUNG

Bei Anwendung der semikontinuierlichen Gärung kann die Dauer der Hauptgärung um 30 % verkürzt und die Investitionskosten um 50 % gesenkt werden, und zwar in Zusammenhang mit der um die Hälfte besseren Ausnutzung des Gärtraumes. Die kontinuierliche (Durchfluß-)Gärung ermöglicht weiter auch die Verkürzung der Lagerzeit um %, sodaß der Prozeß der Biererzeugung nur 10 Tage dauert.

CONTINUOUS FERMENTATION

By introducing semi-continuous methods the time required for main fermentation can be reduced by 30 % and initial capital investments by 50 %, improving at the same time the utilization factor of the room occupied by fermenting installations also by 50 %. The continuous method shortens the after-fermentation stage by approximately 65 %. The cycle required for brewing beer takes no more than 10 days.

Chemické rozboru při kontinuálním kvašení ukázaly u některých složek extraktu určité odchylky od srovnávacích vzorků. Úbytek celkového dusíku byl největší při hlavním kvašení, avšak jeho obsah v mladém i hotovém pivě byl vyšší než u piv ze stacionární kultivace. Při třídění bílkovin bylo zjištěno, že v mladém pivě z kontinuálního kvašení je o 18 % více polypeptidů než u vzorků srovnávacích. Částečně lze tímto vysvětlit lepší pěnivost piv z kontinuálního kvašení, protože tyto sloučeniny se podílejí jednak na vzniku objemu pěny, jednak jsou schopny vytvářet stabilizující obal okolo částic disperzní fáze. Byly také získány příznivější výsledky obsahu isohumulonu u kontinuální metody. Plynovou chromatografií bylo zjištěno, že piva z kontinuálního kvašení obsahovala kromě vyšších alkoholů více esterů, hlavně isoamylacetátu. U srovnávacích piv bylo podstatně méně esterů a převažovaly zejména isobutylalkohol a isoamylalkohol. Zdánlivé prokvašení hotových piv z kontinuálního kvašení bylo poněkud nižší (tabulka 6). Při degustačních zkouškách byla pokusná piva hodnocena jako více aromatická, s jemnější hořkostí a chutí.

Výsledky z laboratorních pokusů se nyní ověřují na poloprodučním zařízení, které je umístěno v Pokusném a vývojovém středisku VÚPS v Braníku.

Literatura

- [1] Hlaváček F., Klazar G., Kahler M.: Kvasný průmysl 4, 175 (1958).
- [2] De Becze G., Rosenblatt M.: Amer. Brew., 76, č. 2, 11 (1943).
- [3] Coutts M. W.: Australien Pat. 216618 (1958).
- [4] Denščíkov M.: Schemy i apparaty nepreryvnogo broženija, GOCINTI, Moskva (1961).
- [5] Enari T. M., Makinen V.: Brauwiss., 14, 253 (1961).
- [6] Geiger K. H., Compton J.: Canadian Patent, 545867 (1957).
- [7] Harris G., Merritt N. R.: J. Inst. Brew. 68, 33 (1962).
- [8] Hough J. S.: Brew. Dig. 34, č. 12, 39 (1959).
- [9] Hough J. S.: Proc. Eur. Brew. Conv., Wien 1961.
- [10] Hough J. S., Rudin A. D.: J. Inst. Brew. 64, 204, 404 (1958).
- [11] Hough J. S., Ricketts R. W.: J. Inst. Brew. 66, 301 (1960).
- [12] Martens P.: Zeitschrift für das gen. Brauwesen, 32, 372 (1909).
- [13] Schalk H. A.: British Pat. 13915, 1906 (Pure Products, New York, Nr. 12, 1908).
- [14] Schulze-Berndt H. G.: Brauerei 56, č. 36/37, 308 (1959).
- [15] Van Rijn R. L.: British Pat. 18045, 1906.
- [16] Wellhoener H. J.: Brauwelt 94, 624 (1954).
- [17] Williams R. P. a spol.: Brew. Digest 36, č. 4, 56 (1961).

Došlo do redakce 3. 4. 1963.