

## Intenzifikace výroby piva jednofázovým způsobem

663.443.663.44

Ing. HELENA ŠEDOVÁ, Ing. MICHAELA POLEDNÍKOVÁ, Ing. BLANKA PARDONOVÁ, Ing. MIROSLAV KAHLER, CSc.,  
Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha

Zavádění nových zkrácených technologických postupů výroby piva je způsobeno ekonomickým tlakem, jenž zasahuje především do oblasti investičních nákladů a časového fondu při přestavbě a modernizaci pivovarské výrobní základny. V současné době používaná technologie a technické zařízení vyžadují při výstavbě nejen značně vysoké investiční náklady, nýbrž i doba výstavby se neúměrně prodlužuje, a tím se celá akce podstatně zdražuje. U klasické výroby jsou největší investiční nároky na ležácký sklep, který je také časově nejdéle zatíženým výrobním úsekem. Technologie jednofázového způsobu splňuje podmínky pro to, aby se stala inovací, která přináší efektivnost jak na úseku ekonomickém, tak i výrobním.

Jednofázová výroba piva se z hlediska průběhu růstové křivky kvasinek neliší od normálního kvašení, avšak se zřetelem na dosud používanou klasickou technologii je mezi oběma způsoby zásadní rozdíl:

1. odpadá nutnost přečerpávat mladé pivo do ležáckého sklepa,
2. zrání piva a sycení  $\text{CO}_2$  je spojeno v jednu fázi s hlavním kvašením.

3. vylučuje se možnost nežádoucího provzdušnění mladého piva, které nastává při sudování, a tím se zabráňuje tvorbě některých negativně působících prekurzorů aromatických látek, např. 2-acetolaktátu.

Tyto uvedené technologické rozdíly mají rozhodující vliv na celkovou koncepci pivovaru. Kromě zkrácení výrobní doby o 60 až 65 % odpadají nároky na ležácký sklep a při využití velkoobjemových tanků s kónickým dnem lze podstatně snížit stavební investice, protože se ve většině případů budují ve volném prostranství.

Výzkum jednofázové výroby piva byl zahájen v roce 1969 úvodní oponenturou a v roce 1970 byly předány podklady k výrobě prototypového tanku. Ověřovací provozní zkoušky se konaly v roce 1975 až 1976 v pivovaru Kutná Hora. Na výzkumném úkolu spolupracovalo strojní oddělení VÚPS a útvar ekonomického výzkumu koncernu Pivovary a sladovny, Praha.

### 1. Cyindro-kónické tanky

Výška a průměr velkoobjemových tanků jsou závislé na vrcholovém úhlu kónického dna. Optimální hodnota úhlu je  $75^\circ$ . Vrcholové úhly nad  $85^\circ$  nezajišťují doko-

nalé odstranění usazených kvasnic, zatímco úhly ostřejší než 70° požadavek dokonalého odstranění kvasnic z tanku splňují, avšak pro požadovaný objem (nad 1000 hl) bývají značně vysoké. U příliš vysokých tanků s malým průměrem je pohyb substrátu vlivem unikajícího  $\text{CO}_2$  velmi mohutný a prakticky odpovídá intenzivnímu míchání. Pohybem se sice zlepšuje styk kvasinek se substrátem, a tím se zkracuje doba kvašení, avšak příliš intenzivní proudění není žádoucí, protože rychle kvašená piva v míchaném prostředí mají prázdnotu chutí a senzorycky odlišný charakter. Při správné geometrii tanků připadá asi 72 % z celkové výšky na výšku válcovité části. K zajištění rovnoměrného přenosu chladu a dostatečného pohybu při kvašení neměl by průměr tanků přesáhnout 7,5 m.

Se zřetelem na technologii jsou chladicí duplikátory umístěny pouze na válcovitém lubu, a to na spodní, střední a horní části. Plocha a umístění chladicích sekcí musí zaručovat se zřetelem na teplotní anomálii piva rovnoměrné a rychlé ochlazení na nízkou teplotu. Intenzita chlazení závisí nejen na použitém chladicím médiu, nýbrž i na konstrukci duplikátorů. Při dobré funkci chladicího zařízení mělo by se zchladit pivo z 15 °C na 1 °C nejdéle za 36 hodin.

Izolace tanků musí být dokonalá, aby nenastaly výkyvy teploty uvnitř tanku vlivem okolní teploty. Pro izolované stěny venkovních tanků se uvádí jako dostatečná hodnota koeficientu prostupu tepla  $1,047 \text{ kJ/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ . Při našich pokusech jsme použili jako izolační materiál polyuretanovou pěnu, která byla pokryta pláštěm z hliníkového plechu. Pro deseticentimetrovou vrstvu byla hodnota prostupu tepla v našem případě podstatně příznivější (průměr  $0,084 \text{ kJ/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ ). Za těchto podmínek by se zvýšila teoreticky teplota v tanku při dvacetistupňovém teplotním rozdílu okolí o  $0,015^\circ\text{C}$  za 24 hodin.

Regulační prvky teploty udržují pouze maximální a minimální nastavenou hodnotu podle zvoleného časového intervalu. Proti přetlaku a podtlaku se používají přetlakové podtlakové pojistné ventily. Jejich počet a průměr je určen velikostí kvasného tanku.

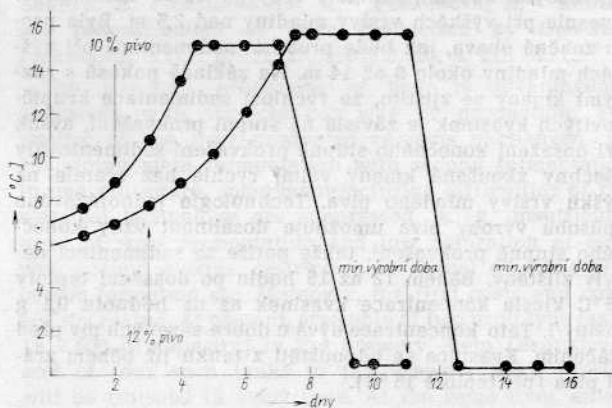
Pro velkokapacitní tanky je nutno budovat samostatnou sanitační stanici, aby se mohly tanky podle potřeby v libovolné době sanítovat. Vzhledem k tomu, že se k sanitaci používá výhradně mechanického mytí, musí být tanky uvnitř hladké a z materiálu, který odolává korozi a vysoké teplotě. Nejvhodnější je nerezavějící ocel. Ve většině případů se používá k sanitaci horký roztok NaOH (2 až 2,5 %, teplota 75 až 80 °C), někdy se kombinuje alkalické a kyselé mytí tanků. Otáčecí mycí hlavice se umísťuje pod horní víko tanku a je nasměrována tak, aby proud mycích roztoků zasáhl prstenec vyloučené pokrývky, která se usazuje na stěnách ve výšce hladiny piva.

## 2. Technologické podmínky

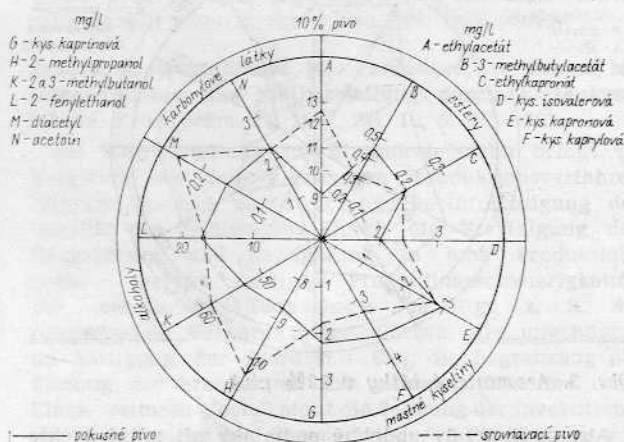
Tvorba některých aromatických látek při kvašení ve velkoobjemových tancích je spojena s postupem doplňování tanků jednotlivými várkami. V případě, že se tank doplní během 15 hodin, lze každou čerpanou várku zakvasit plnou dávkou kvasnic (0,5 l hustých kvasnic/hl). Jestliže se nemůže splnit tento požadavek, snižší se u první várky dávka kvasnic o 40 % a teprve u poslední várky se upraví množství zákvasu tak, aby po doplnění odpovídalo běžné koncentraci. Při dlouhodobém plnění tanků je podporována tvorba prekurzorů vicinálních diketonů vlivem přesyacení spodních vrstev mladiny kyslíkem, ke kterému dochází při každém čerpání nové várky. Postupný přísun kyslíku do rozkvašené mladiny způsobuje prodloužení první fáze růstové křivky a zvýšenou

biosyntézu valinu a isoleucinu, jež je vždy spojena s tvorbou prekurzorů vicinálních diketonů. Exogenní valin a isoleucin využívají kvasinky až v pozdějším úseku kvašení. Z uvedených důvodů by nemělo doplňování tanků trvat déle než 24 hodiny.

Z běžné praxe je známo, že při rychlém rozkvašení mladiny (např. vlivem vyšší teploty) se vytvoří vždy více vedlejších metabolitů než při pozvolném rozkvašování. I když z hlediska zkrácení výrobní doby by bylo zakvašování při vyšší teplotě výhodnější, zvolili jsme nízkou zákvasnou teplotu, aby se potlačil vznik nežádoucích aromatických látek. Podle našich výsledků je optimální zákvasná teplota pro 10% mladinu 7 °C, pro 12% mladinu 6 °C. Obě teploty byly ještě určeny se zřetelem na uvolněné teplo při kvašení. Dodržením zákvasných teplot se zajistí zvýšení teploty na požadovanou hodnotu pro zrání piva bez regulačního zásahu. Pouze při surogaci sacharosou nad 15 % by mohla vystoupit teplota při kvašení nad 15 °C, protože takto upravené mladiny obsahují větší množství zkvasitelného extraktu. V těchto případech se musí zapojit při kvašení regulační teploty. Průběh teplot při jednofázovém kvašení je vyznačen na obr. 1.



Obr. 1. Průběh teplot při jednofázové výrobě piva



Obr. 2. Aromatické látky v 10% pivě

Doba zrání mladého piva je závislá na teplotě a na koncentraci kvasinek. Podle laboratorních pokusů se urychluje zrání se stoupající teplotou až do 22 °C bez negativních účinků na senzorycké vlastnosti piva. Za ukazatele rychlosti zrání piva jsme zvolili pokles koncentrace diacetylu. Piva, která obsahovala méně diace-

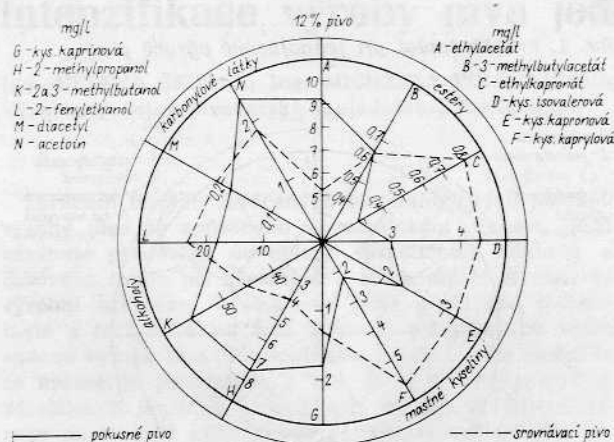
tylu než 0,2 mg/l, jsme považovali za chuťově zralá. Průběh redukce diacetylu při 22 °C je velmi rychlý, avšak současně nastává autolýza kvasinek, jestliže zůstanou ve styku s pivem delší dobu. Rozhodujícím faktorem stupně autolýzy buněk je jejich koncentrace v pivě.

Při 15 °C je úbytek diacetylu pomalejší, jeho obsah klesl pod 0,2 mg/l až za 35 hodin. Negativní vliv autolýzy při této teplotě byl zjištěn po 48 hodinách (počítáno od doby dosažení teploty 15 °C).

Redukce diacetylu při 10 °C byla ještě pomalejší. Koncentrace 0,2 mg/l bylo dosaženo téměř po třech dnech a zjištěná autolýza po 120 hodinách.

Pro provozní zkoušky se zvolila teplota zrání 15 °C. Sledoval se účinek doby trvání této teploty při neomezené koncentraci kvasinek na obsah aromatických látek. Během 3 až 5 dnů se dosáhlo obdobného složení aromatických látek jako u srovnávacích vzorků (obr. 2 a 3), koncentrace některých sloučenin byla v pokusných pivech příznivější.

Otázka sedimentace kvasinek a vyčištění piva je z hlediska filtrovatelnosti velmi důležitá a byla prvním argumentem pracovníků z praxe proti jednofázovému způsobu výroby piva. Vycházeli-li se z provozních zkušeností s kvasnými kádlemi, vznikaly vždy potíže se sedimentací kvasnic při výškách vrstvy mladiny nad 2,5 m. Byla proto značná obava, jak bude probíhat sedimentace při výškách mladiny okolo 9 až 14 m. Na základě pokusů s různými kmeny se zjistilo, že rychlost sedimentace krupičkovitých kvasinek je závislá na stupni prokvašení, avšak při dosažení konečného stupně prokvašení sedimentovaly všechny zkoušené kmeny velmi rychle bez zřetele na výšku vrstvy mladého piva. Technologie jednofázového způsobu výroby piva umožňuje dosáhnout vždy konečného stupně prokvašení, takže potíže se sedimentací nebyly zjištěny. Během 12 až 15 hodin po dosažení teploty 15 °C klesla koncentrace kvasinek až na hodnotu 0,1 g sušiny/l. Tato koncentrace bývá u dobře sazených piv před stáčením. Kvasnice se odpouštějí z tanku již během zrání piva (při teplotě 15 °C).



Obr. 3. Aromatické látky v 12% pivě

Aby se dodržely obdobné podmínky při zrání a chlazení mladého piva jako při normálním dokvašování, měl by být prostor nad hladinou co nejmenší. Se zřetelem na tvorbu kroužků bývá volný prostor až 20 % z celkového objemu. V porovnání s volným prostorem v ležáckém tanku je uvedená hodnota značně větší, a proto jsme tento nepříznivý vliv omezili kvašením při konstantním přetlaku 0,1 MPa. Tento zásah umožňuje plnit tank až na 92 % celkového objemu bez nebezpečí přepětí. Pojistné přetlakové ventily udržují přetlak 0,1 MPa bez hradičích přístrojů.

Rozložení koncentrace CO<sub>2</sub> v celém průřezu výšky vrstvy piva bylo stejné. Vliv hydrostatického tlaku na koncentraci CO<sub>2</sub> se uplatňuje pouze při kvašení bez protitlaku, takže v různých výškách je také různý obsah CO<sub>2</sub> v pivě. K tomuto koncentračnímu rozvrstvení při kvašení pod tlakem nedochází, protože koncentrační rovnováha se ustálí již v průběhu hlavního kvašení a je závislá pouze na teplotě a daném přetlaku. Podle získaných výsledků byl obsah CO<sub>2</sub> před stáčením cca o 30 % vyšší než v ležáckých tancích při normálním dokvašování.

Při provozních zkouškách se pohybovala doba hlavního kvašení u 10% mladiny mezi 4 až 5 dny, u 12% mladiny mezi 7 až 8 dny. Za uvedenou dobu se zvýšila teplota v tanku na 15 °C a při této teplotě pivo dozrávalo (průměrně 3 dny). Po vyčištění piva při uvedené teplotě se odpustil hlavní podíl usazených kvasnic, zbývající část s vyloučenými kalíciemi látkami až před stáčením. Usazené kvasnice se nemohou odpouštět nebo přečerpávat přímo do otevřené nádoby, protože silné pění vlivem uvolňujícího se CO<sub>2</sub>, a proto se nemůže dobře určit rozhraní mezi kvasnicemi a pivem v průzorové části výtokového potrubí. Docházelo by v tomto případě k velkým výtratám piva. Z tohoto důvodu se musí kvasnice odpouštět do sběrného tanku, ve kterém je nastaven přetlak 0,15 až 0,18 MPa. Při tomto zapojení jsou ztráty minimální a rozhraní mezi pivem a kvasnicemi je ostře zřetelné. Po uplynutí doby zrání se začne intenzívně chladit až na teplotu okolo 0 °C, přibližně mezi 8. až 11. dnem po zakvašení. Nejkratší doby ležení při 0 °C jsou u 10% piva dva dny, u 12% piva tři dny. Při chlazení klesne přetlak v tanku max. o 0,02 MPa. V tabulce 1 je uveden přehled chemického rozboru a senzorické analýzy hotových piv.

Tabulka 1

Hotová piva		10% pivo		12% pivo	
		pokusné	srovnávací	pokusné	srovnávací
Zdánlivý extrakt	%	2,51	2,82	3,23	3,32
Skutečný extrakt	%	3,95	4,22	5,12	5,17
Alkohol	%	3,18	3,03	3,69	3,58
Původní konc. mladiny	%	10,18	10,15	12,26	12,11
Zdánlivé prokvašení	%	75,3	72,2	73,7	72,6
Skutečné prokvašení	%	61,2	58,4	58,2	57,3
Dosažitelné prokvašení	%	76,5	77,4	77,9	77,8
Barva podle Branda	%	0,50—0,55	0,45—0,50	0,55—0,60	0,50—0,55
CO <sub>2</sub>	%	0,38	0,32	0,40	0,38
Celková intenzita vůně		3,0	3,0	3,0	3,0
Ríz		3,0	3,0	2,7	2,8
Plnost		2,9	2,7	2,8	2,9
Intenzita hořkosti		3,1	2,7	2,8	3,1
Charakter hořkosti		2,6	2,7	2,4	3,1
Obliba		3,5	4,0	3,6	3,8

Kvalita piva při jednofázové výrobě je závislá na dodržení těchto podmínek:

1. nízká zákvasná teplota,
2. normální zákvasná dávka se upravuje u jednotlivých várek podle doby trvání plnění tanku,
3. doba plnění tanku by měla být co nejkratší, nikdy by neměla přesáhnout 24 h,
4. udržovat obsah kyslíku ve studené mladině okolo 6 mg/l; nikdy neprovzdušňovat dodatečně v tanku zakvašenou mladinu.
5. nezvyšovat teplotu při zrání nad 15 °C,
6. odpustit hlavní podíl usazených kvasnic po vyčištění piva v teplé fázi nejpozději za 24 h,
7. zralá piva zchladit co nejrychleji na teplotu okolo 0 °C (nejdéle během 36 h),
8. velikost tanků by měla odpovídat dennímu výsta-



vu a kapacitě varny, aby se tanky doplnily během 15 hodin. Pivo z tanku by se mělo stočit v průběhu jedné pracovní směny, maximálně v prodloužené směně.

### 3. Ekonomická úvaha

Ekonomická úvaha o jednofázové výrobě piva byla provedena na základě provozních zkoušek a vypracování podkladů pro pivovar s roční kapacitou 600 000 hl. Hlavní faktory, které rozhodují o investiční náročnosti, jsou zkrácení výrobního procesu a instalace tanků ve volném prostoru. Investiční přínos u jednofázového způsobu je tak progresivní, že převažuje i nepříznivý vliv změny konstrukčního materiálu při ekonomické úvaze. Pro jednofázovou výrobu se počítaly ceny tanků z nerezavějící oceli, pro klasický způsob ceny za ocelový materiál s vnitřním epoxidovým nátěrem. Srovnávací jednotkou byl pivovar pro klasickou výrobu uvedené kapacity. Z porovnání obou technologií vyplynuly tyto závěry:

1. pro klasickou výrobu se vyžaduje objem výrobního zařízení spilky a sklepa 133 200 hl, u jednofázové výroby pouze 44 850 hl;

2. úspora zastavěné plochy pro instalaci zařízení dosahuje téměř 85 %. U klasické technologie je zastavěná plocha 10 800 m<sup>2</sup>, zatímco u nové technologie pouze 1 600 m<sup>2</sup>. Při hodnocení investičních nákladů připadá na stavební náklady snížení asi 80 %;

3. se zřetelem na změnu konstrukčního materiálu, nerezavějící ocel, očekává se zvýšení strojních investic asi o 7 až 8 %;

4. celková úspora investičních nákladů na úseku spilka — sklep je zhruba 33 %.

V oblasti vlastních nákladů se dosahují úspory za snížení dávky chmele, počtu pracovníků, za odpisy základních prostředků, za snížení spotřeby chladu a vody, za nižší nároky na údržbu a za snížení výtrat. Naopak se počítá se zvýšením spotřeby elektrické energie. Při vyčíslení těchto ukazatelů se pohybuje celková úspora vlastních nákladů okolo 4 %.

### Literatura

- [1] BELLMER H. G., KNOEPFEL K. H.: Brauwelt 120, 1980, 1089
- [2] GAENG F. E.: Brauwelt 111, 1971, 1631, 1953
- [3] GAENG F. E.: Brauwelt 115, 1975, 1105
- [4] HARRIS J. O.: J. Inst. Brew. 86, 1980, 230
- [5] KAHLER M., KURZ J., LEJSEK T., VOBORSKÝ J.: Závěrečná zpráva úkolu OÚ 10/2 „Kvašení a dokvašování v jedné nádobě“, VÚPS — Praha
- [6] MASSCHELEIN CH.: Brauwelt 115, 1975, 608
- [7] PÖHLMANN R.: Brauwissenschaft 28, 1975, 89
- [8] WACKERBAUER K.: Mschr. Brauerei 28, 1975, 38
- [9] WITTI G., MAIER TH.: Brauwelt 118, 1978, 1700

**Sedová, H. - Poledníková, M. - Pardonová, B. - Kahler, M.: Intenzifikace výroby piva jednofázovým způsobem.** Kvas. prům., 27, 1981, č. 10, s. 218—221.

Jednofázová výroba piva přináší řadu výhod v porovnání s klasickým způsobem při zachování stejné kvality hotového piva. Spojením hlavního kvašení a dokvašování v jednu výrobní fázi se odstraňují některé výrobní potíže klasické technologie, např. nedostatečné prokvašení mladiny a nasycení pív kyslíčkem uhlíčitým, omezení tvorby prekurzorů vicinálních diketonů apod. Dalším významným přínosem je snížení investičních nároků a vlastních nákladů. V současné době se dokončuje montáž dvou prototypových tanků, každý o objemu 2 500 hl, v pivovaru Bratislava, dále montáž čtyř tanků v pivovaru Saku v Talinu a zároveň se připravuje rozšíření pivovaru Velký Šariš, ve kterém má být instalováno 25 tanků stejného objemu jako u prototypových tanků. Po odzkoušení funkce uvedených prototypů bude zahájena sériová výroba velkoobjemových tanků s konickým dnem v Závodech Vítězného února v Hradci Králové.

**Шедова, Е., Поledникова, М., Пардонова, В., Каглер, М.: Интенсификация производства пива однофазным методом.** Квас. прум., 27, 1981, № 10, стр. 218—221.

Однофазное производство пива несет с собой ряд преимуществ по сравнению с классическим способом с сохранением того же качества готового пива. Соединением главного брожения и дображивания в одну производственную фазу устраняются некоторые производственные затруднения классической технологии, напр. недостаточное сбраживание охмеленного сусла и насыщение пив углекислым газом, ограниченное образование прекурсоров vicинальных diketонov итп. Следующим значительным преимуществом является понижение требований к капвложениям и производственным расходам. Теперь оканчивается монтаж двух прототипов танков емкостью по 2 500 гл на пивоваренном заводе Стайн в Братиславе, монтаж четырех танков на пивоваренном заводе Саку в Талине и одновременно готовится увеличение пивоваренного завода Велки Шариш, в котором будет установлено 25 танков того же объема как прототипы. После испытания работы приведенных танков в эксплуатации будет пущено в ход серийное производство высокоемкостных танков с коническим дном на Заводе им. Победоносного февраля в г. Градец Кралове.

**Sedová, H. - Poledníková, M. - Pardonová, B. - Kahler, M.: Intensification of Beer Production by One-Step Processing.** Kvas. prům. 27, 1981, č. 10, s. 218—221.

The one-step processing of beer is advantageous compared with the classical way of production. The quality of the beer produced remains unchanged. By combining main fermentation with second fermentation in one procedure, some manufacturing difficulties of the classical technology are suppressed, e. g. insufficient level of wort fermentation and low saturation of beer with carbon dioxide, restriction of vicinal diketone precursor formation etc. Moreover, the first costs and costs are decreased. At present, assembly of two prototype tanks (a 2 500 hl capacity) in the brewery Stein (Bratislava) and of four such tanks in the brewery Saku (Talin) will be finished in short time. At the same time, enlargement of the brewery Velký Šariš is planned, where 25 tanks of the same capacity as the prototypes are to be erected. After testing function of the prototypes, series production of high-capacity tanks with conical bottoms will start in the works ZVÚ H. Králové.

**Sedová, H. - Poledníková, M. - Pardonová, B. - Kahler, M.: Intensifikation der Bierherstellung durch Eintankverfahren.** Kvas. prům. 27, 1981, No. 10, S. 218—221.

Die Bierherstellung im Eintankverfahren bringt im Vergleich mit dem klassischen Produktionsverfahren mehrere Vorteile, und zwar ohne Beeinträchtigung der Qualität des Fertigbieres. Durch die Vereinigung der Hauptgärung und Nachgärung in eine Produktionsphase werden einige Produktionsschwierigkeiten der klassischen Technologie beseitigt, z. B. die ungenügende Vergärung der Würzen, die ungenügende Sättigung der Biere mit CO<sub>2</sub>, die Begrenzung der Bildung der Precursoren der vicinalen Diketone u. a. Einen weiteren Vorteil stellt die Senkung der Investitions- und Selbstkosten dar. Gegenwärtig wird die Montage von 2 Prototyp-Tanks in der Brauerei Bratislava beendet (Inhalt à 2 500 hl). In der Brauerei Saku bei Talin (UdSSR) werden 4 Tanks der gleichen Größe installiert. Nach der Erprobung der erwähnten Prototype wird das Maschinenbau-Unternehmen ZVÚ in H. Králové die Serienproduktion der Großraumbanks mit konischem Bodem einführen, und zwar vor allem für die Erweiterung der Brauerei V. Šariš in der Slowakei, wo die Installation von 25 Tanks à 2 500 hl vorgesehen ist.