

Faktory působící na urychlení kvašení a zrání piva v cylindrokónickém velkoobjemovém tanku

663.452.2

Prof. Dr. habil. O. MÜCKE - Dr.-Ing. G. ANNEMÜLLER, Sektion Nahrungsgüterwirtschaft und Lebensmitteltechnologie der Humboldt-Universität — Bereich Gärung, Berlin, DDR

Předneseno na Pivovarsko-sladařských dnech v Karlových Varech v listopadu 1975

Na vašem loňském odborném zasedání jsme již referovali o urychleném diskontinuálním postupu kvašení a zrání běžných plných pív (Vollbiere), vyvinutém v NDR za použití systému cylindrokónických nádob. Při všech podstatných rekonstrukčních opatřeních v pivovarech NDR se v oddílu kvašení a zrání nyní instaluje a používá soustava vyvinutá na Humboldtově universitě ve spolupráci s průmyslem.

Prototyp vyvinutého cylindrokónického velkoobjemového tanku má čistý obsah 250 m³, poměr výška : průměr asi 4,5 : 1, výška plnění asi 19 m a přípustný přetlak až do $p_v = 0,088$ MPa (0,9 kp.cm⁻²). Obsah tanku se chladí přečerpáváním přes separátní deskový výměník tepla.

Tank je z chromniklové oceli a dovoluje ve spojení s nízkotlakým vstříkovačím zařízením použití účinných čisticích a dezinfekčních prostředků. Proces kvašení a zrání trvá od zakvašení první várkou až do zralosti piva k filtraci 14 dní a zaručuje při dodržení vyvinuté technologie vyrábět piva dobré jakosti.

Základním předpokladem k zajištění postupu bylo dodržení jistých požadavků na jakost zkvašované mladiny, a to:

obsah α -aminokyselin	16,0 mg/100 ml
viskozita	0,0017 Pa.s (1,70 cP; vztaženo na $p = 10$ %)
obsah kalu	100 mg/l
obsah kyslíku minimálně	4 mg/l
počet zárodků	10 cizích zárodků/ml

Jelikož ztráty hořkých látek při kvašení a zrání ve velkoobjemovém tanku jsou ve srovnání s klasickým postupem o 40 % menší (vztaženo na zakvašovanou mla-

dinu), je nutno korigovat výchozí obsah hořkých látek pro piva z velkoobjemových tanků, aby se zachovala určitá, harmonická hořkost, odpovídající danému typu piva.

Podrobnější přehled výsledků výzkumu jsme podali již na loňském zasedání. Způsob zakvašování má dále podstatný vliv na trvání procesu a jakost hotových výrobků.

Způsob zakvašování velkoobjemových tanků, navržený v provozní dokumentaci, přihlíží k negativním výsledkům vlivem delšího stání studené, nezakvašené mladiny následkem opožděného zakvašení, jakož i ohrožení jakosti piva déle trvajícím větráním při zakvašování první várkou, stejně jako prodlouženým postupem na ujato. Podle očekávání měl způsob zakvašování a teplotní a tlakové režimy podstatný vliv na rozkvašení a také na obsah vyšších alkoholů v hotovém výrobku.

Byl učiněn pokus podchytit společné vlivy zdánlivého stupně prokvašení obsahu tanku na konci procesu plnění V_{s_0} a průměrného přetlaku ve fázi kvašení $P_{\bar{U}_1}$ na koncentraci vyšších alkoholů c_{HA} a esterů c_E ve zfiltrovaném pivu multiplicitní regresní analýzou, která poskytl tyto podstatné výsledky se statisticky zajištěnou jistotou přes 95 % u těchto vztahů:

Účinná technologická veličina	Cílová veličina ve zfiltrovaném pivu	Podmínka
$V_{s_0} = + 1$ %	$c_{HA} = + 0,95$ mg/l	$\bar{P}_{\bar{U}_1} = \text{konst.}$
$V_{s_0} = + 1$ %	$\frac{c_{HA}}{c_E} = + 0,09$ $\frac{\text{mg/l}}{\text{mg/l}}$	$\bar{P}_{\bar{U}_1} = \text{konst.}$
$\bar{P}_{\bar{U}_1} = + 0,0098$ MPa (+ 0,1 kp.cm ⁻²)	$c_{HA} = - 2,6$ mg/l	$V_{s_0} = \text{konst.}$

Vliv způsobu zakvašování a tlakového režimu ve fázi kvašení na obsah esterů se nepodařilo zjistit.

Z uvedených výsledků bylo možno odvodit pro způsob zakvašování, vyvinutý pro standardní proces kvašení a zrání ve velkoobjemových tancích, tyto závěry:

— Zakvašování prvními vákami vyžaduje odstupňovaný teplotní režim s přihlédnutím k době potřebné pro plnění. K zamezení intenzivního rozkvašení v procesu plnění je třeba regulovat teploty jednotlivých várek tak, aby maximální teplota obsahu tanku na konci větrání byla $t_0 = 9,0$ až $9,2^\circ\text{C}$ a stupeň prokvašení $V_{S_0} = 10,0$ až 12% [maximálně 14%].

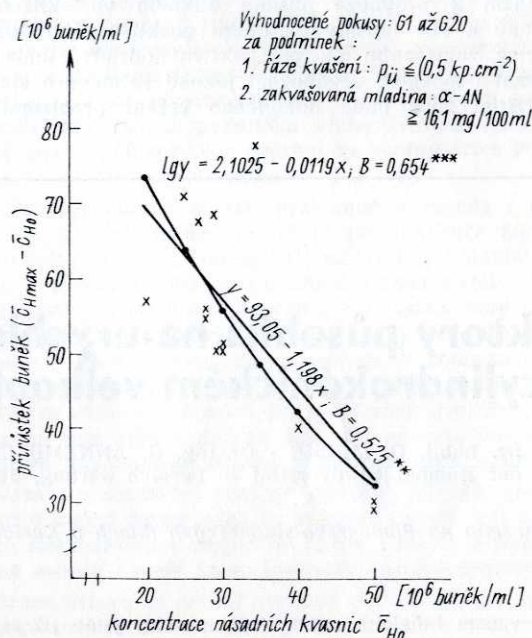
— K omezení tvorby vedlejších produktů je třeba tank ihned po zakvašení již při plnění hradit na přetlak $0,028$ až $0,034$ MPa [$0,29$ až $0,35$ kp.cm $^{-2}$]. Tento hrací tlak je třeba udržovat po celou dobu kvašení. Při zakvašování za vyšší teploty a za teplot nad $9,2^\circ\text{C}$ na konci větrání, je třeba hrací tlak zvýšit. S přihlédnutím k výsledkům, které jsou k dispozici, lze doporučit pro teploty $t_0 = 9,5$ až $10,5^\circ\text{C}$, hrací tlak $0,037$ až $0,055$ MPa [$0,38$ až $0,56$ kp.cm $^{-2}$]. Pokud jde o celkový obsah vyšších alkoholů, mělo by se na základě dosavadních zkušeností usilovat, aby hodnota $CHA = 70$ až maximálně 75 mg/l v hotovém pivu.

Na potřebnou dobu kvašení, popř. rychlost zakvašování má, jak známo, vedle složení mladiny a způsobu zakvašování vliv zejména také koncentrace kvasnic k zakvašení a vedení teplot a tlaků v procesu kvašení.

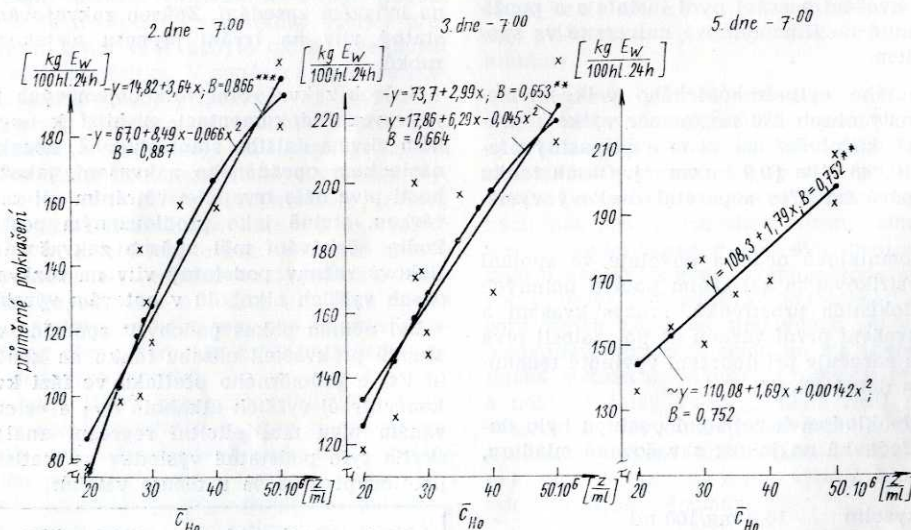
Výsledky našich pokusů ve velkém byly pro zjištění ovlivňujících veličin těchto faktorů na průběh kvašení ve velkoobjemovém tanku vyhodnocovány jednoduchými a multiplicitními regresními a korelačními analýzami. Tak byly v rámci programu pokusů k optimalizaci kvašení a zrání ve velkoobjemovém tanku vyzkoušeny koncentrace kvasnic k zakvašení mezi $20 \cdot 10^6$ buněk/ml až $50 \cdot 10^6$ buněk/ml. Vliv koncentrace kvasnic k zakvašení na průměrné prokvašení až do 5. dne byl za srovnatelného režimu teplot a tlaků a za srovnatelné jakosti mladiny a kvasnic průkazný jednoduchou regresí s jistotou přes 99% .

hlédnutím k intervalu spolehlivosti, že při zvýšení koncentrace kvasnic k zakvašení o $1 \cdot 10^6$ buněk/ml se průměrné prokvašení od zakvašení až do 5. dne kvašení zvýší o $1,79 \pm 0,92$ kg $E_w/100$ hl $\cdot 24$ h.

Použitím zvýšených dávek kvasnic k zakvašení se vedle zřetelného urychlení kvašení směrodatně snížil absolutní přírůstek kvasnic, jak je vidět z *diagr. 2*. Redukce stavebního metabolismu, která s tím souvisí, umožňuje technologovi účinně působit na snižování ztrát extraktu. Dosažitelné snížení ztrát extraktu sníženým přírůstkem kvasnic bylo vypočteno podle možné



Obr. 2. Vztah mezi koncentrací násadních kvasnic (x) a dosaženým přírůstkem (y)



Obr. 1. Vliv koncentrace násadních kvasnic na průměrné prokvašení od zakvašení do 2. dne, 3. dne a 5. dne

Některé výsledky těchto šetření jsou vykázaný v *diagr. 1*. Z něj je patrné, že zhruba $75,2\%$ variability průměrného kvašení od zakvašení až do 5. dne kvašení lze vysvětlit změnami koncentrace kvasnic k zakvašení c_{H_0} lineární regresí. Regresní koeficient vykazuje s při-

varianty a lze počítat pro první orientaci se snížením ztráty extraktu asi o $0,27\%$ při snížení přírůstku buněk o $10 \cdot 10^6$ buněk/ml.

Společný vliv koncentrace kvasnic k zakvašení c_{H_0} (10^6 buněk/ml), průměrné teploty obsahu tanku od oka-

mžiku doplnění až do 5. dne kvašení t_1 [°C], jakož i průměrného tlaku p_U [MPa, resp. kp.cm^{-2}] ve stejném časovém úseku byl přezkoušen multiplicitní lineární regresní analýzou. U normálních mladín s obsahem α -aminodusíku nad 16,1 mg/100 ml a normální jakostí kvasnic k zakvašení s podílem mrtvých buněk pod 10 %, platí multiplicitní regresní rovnice, uvedená v tab. 1. Test F umožňuje rozpoznat s jistotou nad 95 % směrodatné rozdíly mezi dílčí veličinou, vysvětlitelnou z regrese a zbytkovými veličinami, které regresi vysvětlitelný nejsou. Rovnice udává tudíž statisticky zajištěnou závislost mezi cílovou veličinou a vykázanými ovlivňujícími veličinami a může dobře sloužit technologickému vedení procesu.

Koeficient pro ovlivňující veličinu c_{H_0} cílové veličiny G_d potvrzuje, pokud jde o jeho číselnou hodnotu a směrodatnost, lineární regresní koeficienty, uvedené v diagr. 1, s přihlédnutím k intervalu spolehlivosti $b = 1,79 \pm 0,92, \text{kg Ew}/100 \text{ hl. 24 h}$.

Tabulka 1
Výsledky lineární regrese mezi dosaženým prokvašením a třemi mcznými technologicky ovlivňujícími veličinami

1. Ovlivňující veličiny

- c_{H_0} = koncentrace kvasnic k zakvašení [10^6 buněk/ml]
 t_1 = průměrná teplota obsahu tanku od okamžiku doplnění do 5. dne kvašení (7.00 hodin) [°C]
 p_{U1} = průměrný tlak v tanku (měřený v plynné fázi) až do 5. dne kvašení [MPa, resp. kp.cm^{-2}]

2. Cílová veličina

- G_d = průměrné prokvašení od zakvašení až do 5. dne kvašení (7.00 hodin) [$\text{kg Ew}/100 \text{ hl. 24 h}$]

3. Multiplicitní regresní rovnice

$$G_d = 23,31 + 1,35 \cdot c_{H_0} + 11,91 \cdot t_1 - 72,74 \cdot p_{U1}$$

multiplicitní míra určitosti: $B = 86,47 \%$

F-test: průkaznost $> P = 95 \%$

4. Přezkoušení koeficientů regresní rovnice ($f = 9$)

Ovlivňující veličina	Porovnání mezi vypočtenou hodnotou testu t a kritickou hodnotou t	Stupeň průkaznosti
c_{H_0}	$4,17 > t(P = 0,99) = 3,25$..
t_1	$3,38 > t(P = 0,99) = 3,25$..
p_{U1}	$4,92 > t(P = 0,999) = 4,78$...

Koeficienty pro t_1 a p_U ve fázi kvašení, vykázané v tab. 1 multiplicitních regresních rovnic, potvrzují opačné působení obou ovlivňujících veličin na kvašení. Jako orientační hodnoty lze odtud vyjmout, že snížení kvasného výkonu přiměřeným zvýšením tlaku ve fázi kvašení asi o $p_U = +0,015 \text{ MPa}$ ($+0,16 \text{ kp.cm}^{-2}$) lze vyrovnat zvýšením průměrné teploty kvašení asi o $t_1 = +1^\circ\text{C}$ za předpokladu, že všechny ostatní ovlivňující faktory lze považovat za konstantní.

Při průměrném zvýšení teploty od okamžiku doplnění tanku do 5. dne kvašení o $t_1 = +1^\circ\text{C}$ je možno zvýšit průměrné prokvašení od zakvašení do 5. dne s jistotou více než 99 % o $G_d = 12 \text{ kg Ew}/100 \text{ hl. 24 h}$, popř. zkvašený skutečný extrakt ve stejném časovém úseku s jistotou přes 95 % o ca $\Delta Ew = 5,4 \text{ g/l}$.

Pro rozsah platnosti těchto směrných hodnot se předpokládá konstantnost ostatních ovlivňujících faktorů, dodržení výchozích podmínek (obsah α -aminodusíku, počet mrtvých buněk) a srovnatelné technické podmínky postupu.

Pro vyvinutý postup kvašení a zrání byla proto ve standardní technologii navržena, na rozdíl od klasické

technologie, která pracuje s koncentrací kvasnic pro zakvašení $c_{H_0} = 10$ až $15 \cdot 10^6$ buněk/ml, koncentrace nejméně $c_{H_0} = 30 \cdot 10^6$ buněk/ml. Ve shodě s provozními předpoklady je při použití výchozího standardního postupu možná další individuální optimalizace koncentrace kvasnic k zakvašení, aby se co možná nejlépe využilo předností koncentrace kvasnic k zakvašení $c_{H_0} > 30 \cdot 10^6$ buněk/ml. O pozitivních zkušenostech s trvalými dávkami kvasnic 2 l/hl mladiny referovali KRAUSS a SOMMER [1].

Vliv zvýšeného výkonu přečerpávání ve fázi kvašení na průměrné prokvašení se neprokázal.

Dalším významným bodem našeho pokusného programu byla opatření k ovlivnění a vyhodnocení technologicky nutné doby zrání, aby se při celkovém trvání procesu 14 dní zaručila výroba vyzrálého piva. K tomu bylo třeba otestovat a optimalizovat analytické metody a vedení kvašení i zrání, které by při malém časovém nároku byly použitelné ve všech pivovarech, využívajících tohoto postupu. Podstatný význam měla při tom přirozeně kontrola stupně vyzrání piva ve fázi zrání.

Podle HASHIMOTA a KUROIVY [2], jakož i podle ZANGRANDO [3], nemá žádná určitá aromatická látka exkluzivní vliv na nevyzrálé aroma piva. Zrání se zde vysvětluje jako pochod závislý na dosažení určité rovnováhy mezi různými aromatickými komponentami. Jelikož se konečného bodu těchto změn dosahuje současně, je podle HASHIMOTA a KUROIVY [2] možné, řídit a kontrolovat proces podle jednotlivých kritérií, jako např. zkvašování extraktu, obsahu acetaldehydu a diacetylu.

MASSCHELEIN [4] poukazuje na to, že sice při analytickém posuzování piva zralého k sudování a piva zralého k výstavu mají na rychlost zrání největší vliv sirné sloučeniny a diketony, kdežto v urychlovaných kontinuálních i diskontinuálních systémech kvašení závisí potřebná doba zrání hlavně na dekarboxylaci ketohydroxykyselin, které působí na enzymovou redukci diacetylu a 2,3-pentandionu.

Z uvedeného lze usuzovat, že kontrolu stupně vyzrání piva běžným určováním vicinálních diketonů a hlavně jejich prekurzorů, je možno považovat za postačující pro praktické vedení pokusu.

K tomu byla analytická metoda ESSERA a KREMKO-WA [5] dále modifikována, aby se umožnilo co nejpřesněji určovat v pivě obsahujícím kvasnice jen přítomné prekurzory vicinálních diketonů. Tato modifikovaná analytická metoda byla porovnána s jinými metodami, jako např. s metodou sledování zkvašování extraktu a určování acetaldehydu, a osvědčila se za daných experimentálních podmínek jako nejspolehlivější a relativně nejjednodušší metoda k nastavení stupně zralosti v hotovém produktu. Výsledky byly vyjádřeny koncentrací vicinálních diketonů a jejich prekurzorů — c_{VDL} — v mg/l.

Tabulka 2

Výsledky regresní a korelační analýzy mezi koncentrací vicinálních diketonů a jejich prekurzorů — c_{VDL} mg/l na konci fáze zrání a jejich koncentrací v příslušných lahvových pivech

1. Ovlivňující veličina x	c_{VDL} na konci fáze zrání [mg/l]
2. Cílová veličina y	c_{VDL} v lahvovém pivu [mg/l]
3. Počet pokusů	$n = 19$
4. Regresní rovnice s nejvyšší mírou určitosti	$y = -0,00074 + 0,8579 x$
5. Míra určitosti	$B = 58,4 \%$
6. Interval spolehlivosti regresního koeficientu	$b \pm s_b \cdot t(P = 0,999; f) = 0,8579 \pm \pm 0,3707 \text{ [mg/l]}$
7. Přezkoušení korelačního koeficientu t-testem	$t_r = 4,83 > t(P = 0,999; 17) = 3,96$
8. Stupeň průkaznosti	...

K určení požadovaného stupně zralosti, popř. předpovědi předpokládaného obsahu vicinálních diketonů a jejich prekurzorů v lahveovém pivu lze k první orientaci použít lineární regresní rovnice z tab. 2. Přezkoušení této regresní rovnice je v každém provozu nutné za specifických výrobních podmínek. Zvýšení míry přesnosti jinými soustavami rovnic se nedosáhlo.

S přihlédnutím k intervalu spolehlivosti regresních koeficientů bylo možno vypočítat lineární regresní rovnici jako směrné hodnoty koncentrace c_{VDL} , uvedené v tab. 3. Z toho vyplývá jako směrodatná hodnota, že o ukončení fáze zrání se nemá usilovat před $c_{VDL} < 0,25$ mg/l. Tato směrná hodnota přibližuje do jisté míry také k možnému hornímu rozmezí kolísání pro hodnoty c_{VDL} v lahveovém pivu, přičemž lze podle údajů v literatuře předpokládat, že hodnota $c_{VDL} < 0,25$ mg/l v lahveovém pivu odpovídá čistému obsahu diacetylu $c_D < 0,20$ mg/l a tím leží pod prahovou hodnotou chuti.

Tabulka 3

Koncentrace vicinálních diketonů a jejich prekurzorů v pivě po ukončení fáze zrání a jejich předpokládaný obsah v příslušném lahveovém pivu

c_{VDL} na konci fáze zrání [mg/l]	c_{VDL} v lahveovém pivu [mg/l]	Rozsah spolehlivosti v lahveovém pivu	
		c_{VDLmax} [mg/l]	c_{VDLmin} [mg/l]
0,30	0,26	0,37	0,15
0,25	0,21	0,31	0,12
0,20	0,17	0,24	0,10

K zmezení potřebné doby zrání maximálně na 4 až 5 dnů byl přezkoušen význam různých technologických ovlivňujících kritérií větším počtem jednoduchých a multiplicitních regresních a korelačních analýz. Byly vypočteny dosažené průměrné rychlosti štěpení c_{VDL} mezi mezními hodnotami c_{VDLmax} a $c_{VDL} < 0,30$ mg/l, ve vztahu k maximální koncentraci kvasnic v obsahu tanku, jakož i k době trvání mezi mezními hodnotami. Bylo zde přihlédnuto k tomu, že maximální zajištění průměrné koncentrace kvasnic v obsahu tanku leží časově před c_{VDLmax} a c_{Hmax} ve fázi dozrávání i přes silnější vrstvení se vznášejí a tím zůstává konstantní. Při tom se zjistilo, že vliv maximální koncentrace kvasnic c_{Hmax} na průměrnou specifickou rychlost štěpení jednou buňkou byl průkazně negativní s jistotou $P > 99$ %.

Za použití zjištěných koeficientů ovlivňující veličiny c_{Hmax} při konstantnosti ostatních ovlivňujících faktorů multiplicitní regresní rovnice pro různé c_{Hmax} byly vypočteny k první orientaci průměrné specifické rychlosti štěpení $\Delta c_{VDL} \cdot (c_{Hmax} \cdot h)^{-1}$, jakož i průměrné rychlosti štěpení $\Delta c_{VDL} \cdot h^{-1}$ a potřebná doba zrání pro rozštěpení $\Delta c_{VDL} = 0,8$ mg/l pro příslušné hodnoty c_{Hmax} (viz tab. 4).

Maximum průměrné rychlosti štěpení $\Delta c_{VDL} \cdot h^{-1}$ a tím nejkratší potřebná doba zrání zde leží v rozsahu $c_{Hmax} = 90$ až $110 \cdot 10^6$ buněk/ml.

Dále se prokázal vysoce průkazný negativní vliv maximálního přírůstku kvasnic $(c_{Hmax} - c_{H0})$ ve fázi kvašení na průměrnou specifickou rychlost štěpení jednou buňkou. Jelikož tato ovlivňující veličina podle zkušenosti velmi silně koreluje s ovlivňující veličinou c_{Hmax} , lze je obě považovat za jednotky a vysvětlují příčinu stále menších přírůstků $\Delta c_{VDL} \cdot h^{-1}$ vykázaných v tab. 4, při vzrůstajícím c_{Hmax} .

Za použití regresní rovnice byl přepočten vliv přírůstku buněk na průměrnou specifickou rychlost štěpení

Tabulka 4

Vliv maximální koncentrace kvasnic ve velkoobjemovém tanku na rychlost štěpení vicinálních diketonů a jejich prekurzorů

c_{Hmax} [10^6 buněk/ml]	$\frac{\Delta c_{VDL}}{c_{Hmax} \cdot h}$ [10^{-13} mg buňka · h]	$\frac{\Delta c_{VDL}}{h}$ [10^{-2} mg h · l]	Potřebná doba zrání pro $c_{VDL} = 0,8$ mg/l [h]
50	0,9236	0,4618	173,2
60	0,8651	0,5191	154,1
70	0,8066	0,5646	141,7
80	0,7481	0,5984	133,7
90	0,6895	0,6206	128,9
100	0,6310	0,6310	126,8
110	0,5725	0,6297	127,0

Tabulka 5

Vliv maximálního přírůstku kvasnic ve velkoobjemovém tanku na rychlost štěpení vicinálních diketonů a jejich prekurzorů

$(c_{Hmax} - c_{H0})$ [10^6 buněk/ml]	$\frac{\Delta c_{VDL}}{c_{Hmax} \cdot h}$ [10^{-13} mg buňka · h]	$\frac{\Delta c_{VDL}^{(1)}}{h}$ [10^{-2} mg h · l]	Potřebná doba zrání pro $c_{VDL} = 0,8$ mg/l [h]
70	0,5893	0,5304	150,8
60	0,6780	0,6102	131,1
50	0,7666	0,6899	116,0
40	0,8552	0,7697	103,9
30	0,9439	0,8495	94,2

při $c_{Hmax} = 90 \cdot 10^6$ buněk/ml. Výsledky jsou uvedeny v tab. 5.

Výsledky obou regresních rovnic s ovlivňujícími veličinami c_{Hmax} , popř. $(c_{Hmax} - c_{H0})$ velmi dobře souhlasí s přihlédnutím k číselným hodnotám ovlivňujících veličin, jestliže se např. porovnávají výsledky s navrhovanými normálními hodnotami ve standardním programu kvašení a zrání $c_{H0} = 30 \cdot 10^6$ buněk/ml; $(c_{Hmax} - c_{H0}) = 60 \cdot 10^6$ buněk/ml a tím $c_{Hmax} = 90 \cdot 10^6$ buněk/ml.

Pozitivní vliv obsahu zkvasitelných cukrů v zakvašované mladině na zvýšení průměrné rychlosti štěpení c_{VDL} byl zjištěn jako průkazný jednoduchou a multiplicitní regresní a korelační analýzou. Standardně oprávněné hodnoty V_{send} nad 75 % v zakvašovaných mladínách jsou přitom předpokladem snadné zkvasitelnosti a urychleného dozrávání s požadovanými dobami zrání kratšími než 5 dní, jak je patrné z příkladů výpočtů s jednoduchou logaritmickou regresní rovnicí v tab. 6. Tyto výsledky znovu potvrdily velký vliv složení mladiny na dobu zrání.

Tabulka 6

Vliv zdánlivého stupně prokvašení zakvašované mladiny ve velkoobjemovém tanku na rychlost štěpení vicinálních diketonů a jejich prekurzorů

V_{send} [%]	$\frac{\Delta c_{VDL}}{c_{Hmax} \cdot h}$ [10^{-13} mg buňka · h]	$\frac{c_{VDL}^{(1)}}{h}$ [10^{-2} mg h · l]	Potřebná doba zrání pro $c_{VDL} = 0,8$ mg/l [h]
70	0,6118	0,5506	145,3
75	0,7568	0,6811	117,5
80	0,9361	0,8424	85,5

1) vztaženo na $c_{Hmax} = 90 \cdot 10^6$ buněk/ml

Na štěpení vicinálních diketonů a jejich prekurzorů nemá naproti tomu průkazný vliv přečerpávání, ani teplota v mezích $t = 10$ až 13°C .

Pro urychlený postup kvašení a zrání ve velkoobjemovém tanku lze ze získaných výsledků odvodit tyto závěry:

— K zajištění urychleného štěpení vicinálních diketonů a jejich prekurzorů je třeba usilovat, aby maximální průměrná koncentrace ve fázi zrání odpovídala nejméně $C_{Hmax} = 90 \cdot 10^6$ buněk/ml.

— K omezení požadované doby zrání maximálně na 4 až 5 dní je třeba nastavit přírůstek buněk na hodnoty $(C_{Hmax} - C_{H0}) \leq 60 \cdot 10^6$ buněk/ml za dodržení $C_{Hmax} \approx 90 \cdot 10^6$ buněk/ml. Na možnost působit na přírůstek kvasnic např. koncentrací kvasnic k zakvašení, bylo již poukázáno.

Pozitivní vliv vysoké koncentrace kvasnic $C_{Hmax} = 90 \cdot 10^6$ buněk/ml na zkrácení potřebné doby zrání poukazuje na velký význam koncentrace kvasnic pro zakvašení s hodnotami od $C_{H0} > 30 \cdot 10^6$ buněk/ml až do $C_{H0} = 60 \cdot 10^6$ buněk/ml. Zvyšování dávky kvasnic až na hodnoty $C_{H0} = 60 \cdot 10^6$ buněk/ml je, jak doporučili různí autoři [1, 6], nejen účinné a z hlediska kvality přijatelné technologické opatření ke zkrácení fáze kvašení, nýbrž, jak zde bylo zjištěno, podstatným předpokladem pro urychlené zrání. I když zvýšení C_{H0} intenzivním kvašením může vést ke zvýšení C_{VDLmax} , forsíruje urychlování kvašení přímo krok omezující rychlost zrání, tj. oxidativní dekarboxylaci acetohydroxykyselin a jejich přeměnu ve vicinální diketony.

Plynulá přeměna prekurzorů vicinálních diketonů v příslušné diketony probíhá nezávisle na kvasnicích a závisí hlavně na pH, teplotě a oxidoredukčním stavu zrajícího piva [7, 8]. Na tyto vlastnosti piva opět pozitivně působí dosažený stupeň prokvašení. Zvýšení přírůstku kvasnic nejen současně zesiluje tvorbu vedlejších produktů, zpomaluje rozkvašování a tím prodlužuje fázi kvašení i zrání.

Výsledky našich pokusů v provozním měřítku ukazují, že postup navržený pro urychlené kvašení a zrání ve velkoobjemovém tanku při zachování požadavků na jakost mladiny a kvasnic, platný také pro klasický postup, je předpokladem umožňujícím vyrobit za dobu 14 dnů pivo dobré jakosti. Potvrzují to dosavadní výsledky v provezech využívajících tohoto postupu.

Literatura

- [1] KRAUB, G. - SOMMER, G.: Mschr. Brauerei 20, 1967, 47—77
- [2] HASHIMOTO, N. - KUROIWA, Y.: Brewers Digest Nr. 8, 1972, 64
- [3] ZANGRANDO, T. - GIRINI, G.: Flüchtige Verbindungen in der Gärungskohlensäure. European Brewery Convent. Proc. Congr. 1969, s. 445—470
- [4] MASSCHELEIN, C. A.: Fermentatio 67, 1971, 159—167, ref. in Brauwissenschaft 25, 1972, 257
- [5] ESSER, K. D. - KREMKOW, C.: Mschr. Brauerei 23, 1970, 11—14
- [6] WACKERBAUER, K. Mschr. Brauerei 22, 1969, 211—216
- [7] WAINWRIGHT, T.: J. Inst. Brew. London 79, 1973, 451—470
- [8] MÄNDL, B. - GELGER, E. - PIENDL, A.: Brauwissenschaft 27, 1974, 57—66

Mücke, O. - Annemüller, G.: Faktory působící na urychlení kvašení a zrání piva v cylindrickém velkoobjemovém tanku. Kvas. prům. 22, 1976, č. 3, s. 51—56.

Z faktorů působících na dobu kvašení, popř. na rychlost zkvašování a zrání piva, byly vedle základních předpokladů, tj. jakosti zakvašované mladiny a způsobu zakvašování, sledovány zejména podmínky omezující vznik vedlejších produktů kvašení, vliv koncentrace kvasnic k zakvašení a přezkoušen význam technologických kritérií k omezení doby zrání na 4 až 5 dní. Výsledky pro-

vozních pokusů byly vyhodnocovány jednoduchými a multiplicitními regresními a korelačními analýzami.

Potvrdilo se, že postup navržený pro urychlené kvašení a zrání ve velkoobjemovém tanku při zachování požadavků na jakost mladiny i kvasnic, platných také pro klasický postup, je předpokladem umožňujícím vyrobit za dobu 14 dnů pivo dobré jakosti.

Мюке, О. — Аннемюллер, Г.: Факторы, влияющие на ускорение сбраживания сусла и сокращение длительности выдержки пива в конусоцилиндрических чанах большой емкости. Квас. прум. 22, 1976, № 3, стр. 51—56.

Авторы изучали главные факторы, определяющие скорость сбраживания сусла и длительность выдержки пива, т. е. качество сусла, метод задачи дрожжей, эффективность мер, принимаемых для предупреждения образования вторичных продуктов ферментации, концентрацию задаваемых дрожжей а также влияние технологических параметров. Показана реальная возможность сократить длительность выдержки до 4—5 дней. Результаты опытного производства подверглись обработке посредством одинарного и множественного регрессивного и корреляционного анализов.

Было установлено, что при условии применения качественных дрожжей а также надлежащего качества сусла можно в чанах большой емкости ускорить процесс сбраживания и сократить длительность выдержки. В результате можно сварить качественное пиво в течении 14 дней. Приведенные условия по существу ничем не отличаются от требований традиционных методов пивоварения.

Mücke, O. - Annemüller, G.: Factors Contributing to Fast Fermentation and Maturing of Beer in Tapering Cylindric Tuns. Kvas. prům. 22, 1976, No. 3, pp. 51—56.

The authors analyze some factors contributing to fast fermentation and shorter maturing period of beer, as e. g. initial quality of wort, pitching method, efficiency of measures reducing formation of fermentation secondary products, concentration of seeding yeast and technologic parameters of the processes. Experiments which have been carried out on industrial scale confirm that the maturing period can be reduced to 4—5 days. The results of experiments have been evaluated by applying both simple and multiplicative regression and correlation analyses.

It has been established that the proposed method of fast fermentation and reduced maturing time in high capacity tuns enables to brew quality beer in 14 days. Good quality of wort and yeast is vital, but this holds true also for traditional methods.

Mücke, O. - Annemüller, G.: Einflußfaktoren auf eine beschleunigte Gärung und Reifung im zylindronischen Großtank. Kvas. prům. 22, 1976, No. 3, S. 51—56.

Aus den Faktoren, welche die Gärdauer bzw. die Beschleunigung der Gärung und Reifung des Bieres beeinflussen, wurden neben den Hauptvoraussetzungen, d. i. der Qualität der zu vergärenden Würze und der Art des Anstellens, weiter auch die Bedingungen verfolgt, die die Bildung der Gärungsnebenprodukte beschränken, sowie auch der Einfluß der Konzentration der Anstellhefe. Es wurde die Bedeutung der technologischen Kriterien zur Beschränkung der Reifungsdauer auf 4 bis 5 Tage überprüft. Die Ergebnisse der Betriebs-

versuche wurden durch einfache sowie auch multiplizite Regressions- und Korrelationsanalysen ausgewertet.

Es wurde bestätigt, daß das für die beschleunigte Gärung und Reifung im Großtank vorgeschlagene Ver-

fahren bei Einhaltung der Anforderungen an die Qualität der Würze und der Hefe, die auch für das klassische Verfahren gültig sind, die Möglichkeit der Produktion von Bieren guter Qualität bei der Gesamtproduktionsdauer von 14 Tagen bietet.