

Kvašení a zrání

Stav našich současných znalostí

Prof. Dr. L. NARZIŠ, Technická univerzita, Mnichov - Weihenstephan

Klíčová slova: pivo, mladina, kvašení, CKT

663.41

ZÁKLADNÍ PRINCIPY HLAVNÍHO KVAŠENÍ

Pivo je kvašený nápoj, v němž však zůstává značný zbytek původního extraktu. Z původního extraktu mladiny se 60 až 66 % přeměňuje v alkohol a oxid uhličitý. Přitom vznikají četné vedlejší produkty, které ovlivňují aroma a s ním i chuť piva jak pozitivně, tak i negativně. Intenzita a rozsah kvašení jsou závislé na složení mladiny, na kvasnicích, ale také na podmínkách hlavního kvašení a dokvašování, resp. zrání. To vše zní poměrně jednoduše, je však třeba přiznat, že při kvašení vznikají vždy znovu problémy, jejichž důsledky se přenášejí až do hotového výrobku a které mnohdy nedokážeme z dosavadních poznatků ani vysvětlit, ani dodatečně odstranit.

Hlavní kvašení se vede ve většině pivovarů podnes ještě "studeně", i když určité rozšíření zaznamenalo i kvašení a zrání při vyšších teplotách 12 až 18 °C, spojené většinou s použitím tlaku.

Klasické hlavní kvašení při maximálních teplotách 8 až 10 °C bylo původně rozloženo do 7 až 12 dnů, čemuž byly přizpůsobeny zákvasná teplota, dávka a kmen kvasnic, jakož i celé vedení kvasného procesu. Snaha po racionalizaci vedla k tomu, že se kvašení začlenilo do týdenního rytmu, k čemuž musela být vytvořena řada podmínek: definovaná dávka kvasnic, intenzivní provzdušnění, příp. i poněkud vyšší zákvasná a maximální teplota,

dále také rychlejší zchlazení ke konci kvašení. Kromě toho musela být věnována zvýšená pozornost složení mladiny, zejména s ohledem na obsah aminodusíku a stopových prvků zinku a manganu.

Složení mladiny je v návaznosti na přírodní podmínky silně závislé na ročníku ječmene. Díky dobrým odrůdám sladovnického ječmene se toto meziroční kolísání týká méně konečného stupně prokvašení a rozdělení na jednotlivé cukry, více však množství rozpustného dusíku a skladby dusíkatých látek. Ročníky ječmene s vyšším obsahem bílkovin vedou automaticky k vyšším obsahům dusíku v mladinách. Tím je ovlivňován i absolutní obsah aminodusíku, i když není vůbec jednoduché dosáhnout určitého, předem stanoveného podílu, např. 22 %. Ten se však jeví nezbytný k tomu, aby vyrovnal nepříznivé důsledky vyšších množství nevyužitelných dusíkatých látek.

Tab.1 ukazuje přizpůsobení užitkovatelného dusíku u sladů s vyšším obsahem bílkovin. Účinek na dobu kvašení stejně tak jako na obsah celkového diacetylu při dosažení konečného prokvašení je zcela jednoznačný.

V rámci "volného aminodusíku" hrají roli také jednotlivé aminokyseliny jako např. valin, leucin a isoleucin, které mohou ovlivnit tvorbu prekursorů vicinálních diketonů. Mohou být zastoupeny příliš nízkým podílem právě v mladinách bohatších na dusík nebo v mladinách z přelustěných sladů a vytvářet tak podmínky k zesílené tvorbě 2-acetolaktátu.

Tab.1. Vliv množství dusíkatých látek na tvorbu diacetylu při kvašení

Množství dusíku v 12% mladíně [mg/100 ml]	105	110	113	118	122
Formolový dusík [mg/100 ml]	35	34	38	35	41
[% ze Σ N]	33,3	30,9	33,6	29,7	33,6
Volný aminodusík [mg/100 ml]	24,3	22,0	26,4	23,0	28,0
[% ze Σ N]	23,1	20,0	23,4	19,5	22,9
Doba kvašení do dosažení konečného stupně prokvašení [dny]	6	7	6	8	6,5
Celkový diacetyl při konečném stupni prokvašení [mg/l]	0,38	0,55	0,28	0,58	0,35

Tab.2. Rozluštění sladu - rmutovací postupy a celkový diacetyl

Slad	C	A	B	B	B
Bílkovinné rozluštění [%]	46,6	42,2	32,7	32,7	32,7
Celkový rozpustný dusík v sušině [mg/100 g]	694	622	489	489	489
Volný aminodusík v sušině [mg/100g]	168	139	92	92	92
Vystírací teplota [°C]	62	62	62	50	35
Celkový rozp. dusík v 12% mladíně [mg/100ml]	100,4	87,8	73,7	78,5	82,1
Formolový dusík (12%) [mg/100ml]	35,8	31,2	23,2	23,6	26,0
Volný aminodusík (12%) [mg/100ml]	23,3	19,3	13,8	15,3	15,3
[% ze Σ N]	23,2	22,0	18,7	19,5	18,6
Valin [% ze Σ N]	19,0	19,4	13,4	14,0	17,0
Leucin [% ze Σ N]	27,4	23,1	15,1	17,1	19,3
Isoleucin [% ze Σ N]	11,4	10,7	6,1	6,9	9,8
Maximum 2-acetolaktátu [mg/l]	0,5	0,6	2,2	1,7	0,7

Tab.2 poskytuje přehled o podílech valinu, leucinu a isoleucinu u různě rozluštěných sladů. Je zřejmé, jak obtížné je vyrovnání nedostatku v bilanci volného aminodusíku, především však v obsahu uvedených aminokyselin.

Varní voda má prostřednictvím pH při rmutování silný vliv na strukturu a vztahy dusíkatých látek, které jsou opět důležitými činiteli ovlivňujícími rychlost kvašení a obsah celkového diacetylu. V obou těchto směrech se projevily jako příznivé hodnoty pH pod 4,5. Hodnoty pH rmutů, které mohou na konci technologického procesu zabezpečit zmíněné příznivé pH piva, jsou dosažitelné jen při zřetelně negativní zbytkové alkalitě a nebo při aplikaci biologického okyselování (tab.3).

Tab.3. Vliv varní vody na tvorbu diacetylu u 12% mladín

Zbytková alkalita [°n] ^{a)}	10	7	2	-5	S.G.
pH rmutu	5,93	5,80	5,70	5,55	5,50
Celkový rozpustný dusík [mg/100 ml]	93	98	102	106	110
Volný aminodusík [mg/100 ml]	19	20	22	23	25
pH piva	4,63	4,58	4,56	4,44	4,37
Doba kvašení do konečného stupně prokvašení [dny]	8-9	8	7	6	6
Konečný stupeň prokvašení [%]	78,7	79,4	81,3	83,3	83,7
Celkový diacetyl při konečném stupni prokvašení [mg/l]	0,55	0,43	0,35	0,22	0,20

Poznámka: 1°n odpovídá obsahu 10 mg CaO nebo 7,14 mg MgO v 1 l vody; 5,6°n = 1 mmol/l.
S.G. - biologické okyselování

Zinek hraje důležitou roli kofaktoru pro alkoholdehydrogenasu kvasnic. Nedostatek zinku má za následek pomalé kvašení, nedostatečné pomnožování kvasinek a neuspokojivé spektrum vedlejších produktů kvašení. Jsou rovněž známy podmínky a faktory, které zdánlivě dokáží hladinu tohoto stopového prvku, obsaženou ve rmutech a mladínách, odpovídající dostatečnému množství stabilizovat do té míry, aby do kvasného procesu vstupovala mladina s obsahem zcela nezbytných koncentrací zinku ve výši 0,15 až 0,20 mg/l. Přesto je vysrážení zinku při výrobě mladiny tak intenzivní, že často přetrvá příliš málo tohoto prvku. Nízké vystírací teploty - mezi 40 a 45 °C, nízké pH rmutu (asi 5,4) a odpovídající postup vyslazování nezajistí ve všech případech potřebný obsah zinku. To je jeden z našich velkých problémů.

Kvasnice působí na kvašení jednak přímo rychlostí kvašení a množstvím vedlejších produktů kvašení, jednak nepřímo rychlostí a rozsahem poklesu pH a také svým větším nebo menším sklonem k opětnému vylučování látek. Při urychlení konvenčního kvašení nelze už použít některých kmenů kvasinek, které se vyznačují výraznějším aromatickým odstínem a pozitivním vlivem na pěnívost. Bylo by jistě záslužným úkolem vyšlehtit ze zmíněných kmenů kvasinek vícenásobnou pozitivní selekcí vhodné kmeny. Jako zajímavá se však jevila i cesta experimentování s jinými, méně rozšířenými kmeny kvasinek, protože jejich spektrum vyšších alkoholů a esterů představuje účinný prostředek proti uniformitě piv a umožnilo dokonce i vytvoření zvláštních typů piva.

Tabulky 4 a 5 reprodukuje výsledky studia vlivu kmene kvasinek na vlastnosti piva. Pozoruhodný je velmi rozdílný obsah vyšších alkoholů a esterů, který nezůstal bez vlivu na aroma a zaokrouhlování chuti piv.

Dříve bylo dokonce i v menších pivovarech běžným jevem, že se v provozu vedly dva kmeny kvasinek s různými, navzájem se doplňujícími vlastnostmi. Tuto dobrou praxi dnes už zastihne v pivovarech jen velmi vzácně, zač jsou zodpovědné takové faktory, jako jsou současné větší kvasné nádoby, obtížnost definovaného směšování (řezání) partií a stále výraznější diferenciace typů piva. Prachové kvasnice nacházejí uplatnění u 10 až 50 % várek: v menších podílech, jako kroužky, pro rychlejší a bezporuchové dokvašení, ve větších podílech mnohde i ve formě směsi prachových a sedimentujících kvasinek, která se ovšem v průběhu asi 4 vedení zase rozdělí, a to i tehdy, když se suduje poměrně čiré mladé pivo. Prachové kvasnice jsou zásadně méně citlivé na odchylky od optimálního složení mladiny, dokonce i na nedostatek zinku.

Vliv techniky zakvašování na kvašení je značný, což platí v ještě zvýšené míře pro práci s velkými tanky, které pojmu více várek; jde tu především o dostatečné okysličení, což však zahrnuje nejen nasycení kyslíkem 8 až 10 mg/l, ale i jeho co nejmenější disperzní rozptýlení. Toho lze docílit pomocí Venturiho trubice nebo statickými míchadly. U floatce je nezbytné i účinné sekundární provzdušnění, a to dokonce i tehdy, když se kvasnice, jak je to žádoucí, přidávají hned při zchlazování mladiny. Při optimálním zásobení kvasnic kyslíkem prokvasí bujně i relativně čiré, kaluprosté mladiny, neboť syntéza nenasyčených mastných kyselin a sterolů, nezbytná v těchto případech, je podmíněna právě intenzivním provzdušněním mladiny a kvasnic.

Tab. 6 ukazuje, že silné provzdušnění může mít též účinek na některé vlastnosti piv jako obsah sterolů a mastných kyselin, způsobený např. kalným scezováním a strháváním horkých kalů.

Současné však nelze popírat, že mnohé problémy při kvašení v nejšířším smyslu mají původ v nedostatečném provzdušnění. Bohužel nás o tom nepoučí jednoduché měření kyslíku na cestě mladiny, neboť rozhodujícím parametrem je, jak bylo výše uvedeno, množství a rozptýlení vzduchu.

Dávkování kvasnic musí probíhat po celou dobu čerpání mladiny, aby se zabránilo tomu, že by se ve velkých ležatých nebo cylindrických tancích mladina dostatečně nepromíchala a že by se v kvasné nádobě vytvořily různé vrstvy. V těchto případech trvá příliš dlouho, než se násadní kvasnice "ujmou", tj. začnou

Tab.4. Vliv kmene kvasnic na některé vlastnosti 12% piva

Kmen kvasnic	34	35	69	84	120	128	132	199
Zdánlivé prokvašení [%]	81,1	74,2	77,5	79,3	81,0	80,4	73,6	80,4
Dosažitelné prokvašení [%]	81,5	81,5	81,5	81,5	81,5	81,5	81,5	81,5
pH	4,46	4,43	4,32	4,43	4,44	4,49	4,49	4,47
Barva [j.EBC]	7,2	7,5	7,2	7,5	7,5	7,2	7,2	7,5
Celkový rozpustný dusík [mg/100 ml]	74,2	78,1	77,1	74,7	73,4	75,3	80,3	76,2
Dusík srazitelný MgSO ₄ [mg/100 ml]	18,7	20,2	20,8	19,6	19,3	18,8	19,6	20,3
Volný aminodusík [mg/100 ml]	10,4	10,9	10,1	11,4	9,3	8,8	11,8	9,6
Hořkost [j.EBC]	21,0	20,5	20,0	20,0	20,1	18,8	19,1	20,1
Polyfenoly celkové [mg/l]	130	148	149	151	149	147	161	154
Pěnivost podle Rosse a Clarka	146	144	146	139	138	146	144	141

Tab.5. Vliv kmene kvasinek na obsah těkavých látek v pivu (mg/l)

Kmen kvasnic	34	35	69	84	120	128	132	199
Vyšší alifatické alkoholy	85,0	79,2	77,2	71,9	98,9	84,1	88,2	102,3
2-fenylethanol	16,1	18,6	14,0	14,4	24,0	24,8	14,2	28,0
Estery kys. octové	18,2	16,8	18,8	24,1	24,2	22,4	16,3	23,8
Estery mastných kyselin	0,31	0,42	0,40	0,32	0,31	0,33	0,30	0,32
Mastné kyseliny C ₆ až C ₁₀	5,8	8,5	6,0	6,8	6,7	5,1	6,4	5,4
Celkový diacetyl	0,06	0,05	0,09	0,08	0,04	0,03	0,09	0,04
Celkový pentandion	0,08	0,07	0,08	0,10	0,07	0,06	0,10	0,07
Acetoin	4,0	3,2	3,9	3,1	4,7	3,6	4,8	4,1

Tab.6a. Význam mastných kyselin a provzdušnění mladiny pro obsah diacetylu

Podmínky pokusu	Výličky z mláta bez provzdušnění	Běžná mladina s provzdušněním
Zdánlivý extrakt po 140 h [%]	2,43	2,51
Maximální počet buněk v 1 ml · 10 ⁶	52	54
Celkový diacetyl [mg/l]	0,30	0,24

Tab.6b. Obsah zinku v mladínách v závislosti na podmínkách rmutování

	Teplota vstříčky [°C]	Koncentrace zinku [mg/l]
Dobře rozluštěný slad	45	0,15
Zvýšení při koncentraci nálevu 1:2,5 a pH = 5,45	45	0,18 - 0,20
	50	0,18 - 0,20
	55	0,18
	60	0,16

Poznámka: Je možno oddělit pluchy a později je opět přidat. Tento postup je však spojen s jinými nevýhodami.

pracovat; rychlost kvašení je pak zejména v prvních 36 hodinách nedostatečná; "diacetylový vrchol" často nastává pozdě nebo proběhne ploše a nevýrazně a také jeho vyrovnání resp. odbourání je váhové.

To dokazují zcela jednoznačně údaje v tab.7: ať jde o normální kvasnice nebo o kroužky, je důležité dávkování po celou dobu čerpání mladiny.

Tab.7 Způsob zakvašování mladiny a obsah diacetylu

Délka dávkování kvasnic [min.]	20	60	110 ²⁾
Doba kvašení do konečného stupně prokvašení [dny]	>8	7	6
Celkový diacetyl [mg/l]	0,45	0,35	0,28
Zakvašování kroužky 1:2 (zdánlivé prokvašení 30%) [min.]	60/-	110	-/60
Doba kvašení do konečného stupně prokvašení [dny]	7	6	7,5
Celkový diacetyl [mg/l]	0,38	0,30	0,38
Zakvašování kroužky 1:2 odebranými při zd. prokvašení [%]	35	50	65
Doba kvašení do konečného stupně prokvašení [dny]	6	6	6
Celkový diacetyl [mg/l]	0,28	0,33	0,50

Poznámka: x) o 5 minut méně než doba chlazení

Velmi dobře se osvědčilo zakvašování za použití kroužků, při čemž by poměr kroužků k mladině měl být v průměru 1:2. Obsahují-li kroužky se stupněm prokvašení 30 % 40 · 10⁶ buněk, představuje to zákvasnou dávku asi 13 · 10⁶ buněk, kterou bychom museli považovat za sotva postačující nebo velmi nízkou, kdyby nebyla kompenzována tím, že se zakvašuje kvasnicemi již rozkvašenými. U nižších stupňů prokvašení a při ještě nižších počtech kvasničných buněk musí být pochopitelně použit vyšší podíl kroužků. Sledování pokusů ukázalo, že kroužky s vyšším stupněm prokvašení než 50 % způsobují příliš opožděný vrchol tvorby diacetylu, jehož vyrovnání (resp. degradace diacetylu) může být spojeno s obtížemi.

Z údajů v tabulce 8 však také vyplývá, že je obtížné získat z cylindrického kvasného tanku plněného více várkami kroužky vyrovnaných vlastností pro zakvašení zhruba dvojnásobného množství mladiny. Počty kvasničných buněk se značně liší podle toho, byly-li kroužky odebrány ze spodní, prostřední

nebo horní části tanku, přičemž ve směru "odspodu nahoru" počet buněk klesá; kroužky odebrané z různých míst by pak měly za následek různé projevy při kvašení i značně rozdílná piva.

Počet kvasničných buněk činí při obvyklém dávkování z nádoby na uchování kvasnic kolem $15 - 20 \cdot 10^6$ buněk. Příliš nízké počty buněk vedou k opožděnému rozkvašení; pokles extraktu probíhá neuspokojivě a také průběh tvorby a redukce diacetylu je nepříznivý. Vysoké počty buněk působí rozhodně méně potíží, i když se jimi poněkud potlačuje pomnožování kvasinek. Chceme-li dosáhnout kontrolovatelného kvašení, mělo by být množství násadních kvasnic stále přibližně stejné, což se docílí zjišťováním obsahu pevných látek (sušiny) nebo "hodnoty po odstředění". V úvahu přichází i měření zákalu. Mnohde dochází k "rozhoupaní" dávky kvasnic směrem nahoru, neboť vysoké dávky $30 - 40 \cdot 10^6$ vedou ke sníženému pomnožování a tím během několika vedení k přestárnutí buněčného materiálu a k nepostačujícímu využívání aminokyselin. Při stanovování odpovídajícího počtu buněk je důležitý i **stav kvasnic**, daný způsobem jejich ošetřování, délkou a teplotou skladování. Nejvhodnější teplota je 1 až 2°C , čehož nelze u cylindrokónických tanků na kvasnice většinou dosáhnout, protože chladicí plochy jsou příliš malé a kvasnice přilehlé ke stěnám tanku působí izolačně.

Tab.8. Průběh kvašení a vlastnosti piva při zakvašování kroužky z CKT

Šarže	Srovnávací	Kroužky z CKT		
		1	2	3
Dávka násadních kvasnic v $1 \text{ ml} \cdot 10^6$	18	25	15	8
Doba kvašení [dny]	6,5	5	7	10
Celkový diacetyl [mg/l]	0,45	0,38	0,52	0,70
Doba zrání (15% kroužků při 7°C) [dny]	8	7	10	15
Analýza piva				
Stupeň prokvašení [%]	81,2	81,2	79,8	77,6
pH	4,56	4,55	4,58	4,65
Barva [j.EBC]	7,5	7,5	7,8	8,3
Hořkost [j.EBC]	31,2	30,5	31,8	33,0
Celkový diacetyl [mg/l]	0,07	0,06	0,08	0,10
Acetoin [mg/l]	3,3	2,8	3,4	6,8
Pěnivost podle Rosse a Clarka	128	128	127	123
Chut' - průměr v systému				
DLG	4,2	4,2	4,0	3,3
hořkost	4,2	4,3	4,0	3,0

Z tohoto důvodu by skladování kvasnic nemělo překročit 2 až 3 dny. Při sběru kvasnic z cylindrokónických tanků jsou kvasnice pod tlakem sloupce tekutiny. Je žádoucí, aby byly kvasnice z tohoto tlaku co nejrychleji uvolněny, čehož se nejlépe dosáhne na vibračním sítu. Je rovněž možno použít relaxačních nádrží nebo nádob, které mohou současně plnit i úkol provzdušňování kvasnic. Kvasnice, které zůstávají v atmosféře oxidu uhličitého, ztrácejí rychle svou vitalitu; zprvu klesá pomnožovací schopnost, hodnoty diacetylu stoupají od jednoho kvasného cyklu ke druhému a nakonec už neodpovídají ani denní úbytky extraktu.

Tab.9. Způsob ošetření kvasnic a obsah diacetylu

Způsob ošetření násadních kvasnic	Sběr, vibrační síta	Sběr, vibrační síta, provzdušnění	Sběr 12 h při $p = 2 \text{ bary}$	Sběr 3 dny při $p = 2 \text{ bary}$	Skladování 8 dnů, 2°C promytí	Skladování 8 dnů, 2°C provzdušnění	Kvašení 14 dnů vibrační síta
Doba do dosažení konečného stupně prokvašení [dny]	6	6	7 - 9	7 - 10	7,5	7	7
Celkový diacetyl [mg/l]	0,24	0,20	0,3 - 0,8	0,4 - 0,9	0,35	0,32	0,28

Tab.10. Ošetření kvasnic, průběh kvašení a obsah těkavých látek

Ošetření násadních kvasnic	Sběr, uvolnění z tlaku	Uchování pod CO_2	Vibrační síta, provzdušnění
Délka kvašení [dny]	7	9	6
Max. počet buněk v $1 \text{ ml} \cdot 10^6$	52	37	65
Mladé pivo			
Stupeň prokvašení [%]	81	77	82
pH	4,55	4,62	4,52
Celkový diacetyl [mg/l]	0,45	1,02	0,38
Pivo k výstavu (15% kroužků; 6 týdnů ležení)			
Rozdíl zdánlivé - dosažitelné prokvašení [%]	1,5	4,5	1,0
pH	4,53	4,60	4,52
Volný aminodusík [mg/l]	135	170	132
Hořkost [j.EBC]	27	29	26
Pěnivost podle Rosse a Clarka	132	127	132
Celkový diacetyl [mg/l]	0,07	0,17	0,04
Acetoin [mg/l]	3,8	6,8	3,0

Výsledná piva se již nebudou vyznačovat normální charakteristikou.

Údaje v tab. 9 a 10 informují o stavu kvasnic, o průběhu kvašení a o obsahu diacetylu v pivu. Tab. 10 poskytuje informaci prodlouženou až do hodnocení kvality hotového piva. Údaje potvrzují to, co bylo řečeno dříve.

Fáze rozkvašování má pro pozdější průběh kvašení i dokvašování význam zcela mimořádný. Lze ji sledovat a kontrolovat velmi snadno zjišťováním úbytku extraktu za určitou dobu. Nejjistější je provádět první měření po 24 hodinách, při kvašení za vyšších teplot i po 12 hodinách. Je možno se poučit i z poklesu pH. Zajímavé a využitelné informace poskytuje průběh extraktu, pH a barvy vždy po 24 hodinách a za podmínky volby vhodné metodiky i stanovování počtu kvasničných buněk.

Vhodnost kvasnic, tj. jejich vitality, která je důsledkem počtu buněk při zakvašování, může být při použití odpovídajícího přístroje zjišťována s takovou rychlostí, že to umožňuje provádět ještě korektury.

Otázku po nejvhodnějším postupu kvašení ve velkoobjemových kvasných nádobách je možno zodpovědět v tom smyslu, že při dobrém promísení nově přičerpávaných šarží nevznikají potíže ani s prokvašením, ani s diacylem, ale jen za podmínky, že se každé přibývajícím várcem dostane plného provzdušnění. Nevýhoda však spočívá v tom, že při vícenásobném doplňování nádob novými várkami po dobu přesahující 12 až 24 hodin nastává drastický pokles esterů kyseliny octové. Poměr esterů k vyšším alifatickým alkoholům, který se za normálních podmínek pohybuje kolem $1 : 4$ až $4,5$, vzrůstá na $1 : 7$ až 8 . Z toho resultují poněkud méně vyvážená piva, jejichž chut' se hůře zaokrouhluje. Odpomoci tomu lze tím, že se zakvašuje postupně rostoucími dávkami kvasnic, tj. u prvních várek se dávka spíše sníží, u posledních však zvýší, čímž se dosáhne alespoň určitého vyrovnání. U flotačních tanků je nejlepší pracovat s rostoucí dávkou kvasnic a se zkracovanými časy, např. tak, že u 12 várek

s 1,5 hodinovým intervalem má "nejstarší" várka při $12 \cdot 10^6$ buněk 16 hodin odpočinku a poslední várka při $30 \cdot 10^6$ kvasničných buněk už jen 4 hodiny, protože se pak přečerpává - za sekundárního provzdušňování - jeden tank za druhým.

Geometrie kvasného tanku hraje velkou roli. Z výšek málem dobrodružných vedla racionální úvaha průmysl k znovuoživení požadavku na vztah průměru nádoby k výšce tekutiny 1:2 (včetně kónusu), neboť při méně příznivých dimenzích docházelo vždy k silné konvexi s odpovídajícím úbytkem obsahu a s nezvládnutelnými hodnotami diacetylu; problémy se projevovaly až do hotového piva.

Tab.11. Průběh kvašení a vlastnosti piva při rozdílné geometrii CKT

Poměr průměr : výška	1 : 4,5	1 : 2
Kvašení		
Doba do dosažení konečného stupně prokvašení [dny]	6	6
Maximální počet buněk $\cdot 10^6$	55	65
Úbytek volného aminodusíku [mg/l]	100	115
Celkový diacetyl po 6 dnech [mg/l]	0,64	0,42
Analýza piva připraveného k výstavu		
pH	4,55	4,52
Barva [j.EBC]	8,2	8,0
Celkový rozpustný dusík [mg/l]	772	757
Volný aminodusík [mg/l]	142	124
Hořkost [j.EBC]	31	29,5
Pěnovost podle Rosse a Clarka	130	133
Celkové alifatické alkoholy [mg/l]	80,7	77,8
2-fenylethanol [mg/l]	14,2	12,7
Estery kyseliny octové [mg/l]	15,6	17,8
Estery mastných kyselin [mg/l]	0,44	0,40
Mastné kyseliny C_6-C_{10} [mg/l]	6,5	5,8
Celkový diacetyl [mg/l]	0,08	0,06
Celkový pentandion [mg/l]	0,05	0,03
Acetoin [mg/l]	4,7	3,5
Chut' - Ø systém DLG	4,0	4,2
hořkost	4,0	4,2

Probírané vztahy ilustrují údaje v tab.11, i když kolísání v praxi bylo často větší.

Vedení kvašení je u klasického kvašení závislé vlastně jen na maximální teplotě a na časové konkretizaci opětného zchlazení. Normální jsou úbytky extraktu 2 až 2,5 % za 24 hodin, takže se při práci se zbytkovým extraktem (rozdíl mezi konečným stupněm prokvašení a prokvašením po hlavním kvašení = 10 až 12 %) 5. dne kvašení zchladuje o 1 až 1,5 °C a 6. dne o 2,5 °C, aby se 7. dne mohlo sudovat při asi 5 °C. Používají-li se při dokvašování kroužky, může zchlazení proběhnout v rozmezí 24 hodin před sudováním. V tak pozdním stadiu hlavního kvašení, tj. v tak těsné blízkosti konečného stupně prokvašení, není na závalu ani rychlé opětné zchlazení. Nasazení chladících ploch u cylindrokónických tanků se většinou provádí tak, aby konvexe

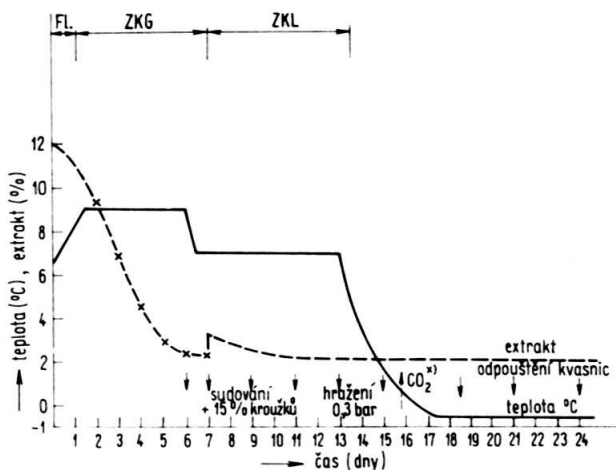
nebyla příliš silná; Při výše zmíněném pracovním postupu se často využívají všechny spodní chladicí zóny, včetně zón v kónusu.

Odtahování kvasnic se provádí před sudováním na dvakrát, a to co možná pomalu, aby se docílilo co nejlepšího oddělení při malých ztrátách piva.

Počet kvasničných buněk pro dokvašování činí při sudování se zbytkovým extraktem 10 až $15 \cdot 10^6$ buněk, při používání kroužků je počet buněk v mladém pivu 2 až $5 \cdot 10^6$ a v kroužkách 8 až $10 \cdot 10^6$ buněk.

KLASICKÉ DOKVAŠOVÁNÍ

Klasické dokvašování proběhne - ať s použitím kroužků nebo bez nich - během 4 až 6 týdnů, přičemž se teploty snižují ze 4 až 5 °C na 1 °C. Ideální průběh je takový, kdy obsah diacetylu při sudování včetně kroužků činí asi 0,2 až 0,25 mg/l, takže se bezprostředně po zahrazení může začít zchlazovat a pivo se po přibližně 10 dnech dostane pod hranici 0 °C, což umožňuje dokvašovat ještě 20 až 30 dnů při teplotě -1 °C. Takové vedení dokvašování vede k nejlepší pěnovosti a k nejlepšímu zaokrouhlení chuti piva. Většinou je však nutno držet týdenní šarži tak dlouho při teplotě 5 °C, až se dosáhne žádoucího odbourání diacetylu. Je pak zapotřebí mít k dispozici velkoryse dimenzované chladicí systémy k tomu, aby se oddělení ležáckých tanků zchladila dostatečně rychle a "studená fáze" trvala tak dlouho, jak je nutné (obr. 1, tab. 15, 16).



Obr.1 Schéma "konvenčního" kvašení a zrání
ZKG - kvašení v CKT, ZKL - zrání v CKT, AT, FT - floatace

Velmi výhodné a příznivé je takové řešení, že cylindrokónický ležácký tank, který většinou zůstává jeden týden při 5 až 7 °C se pak rychle, tj. během 5 až 7 dnů zchladí, aby dokvašování mohlo probíhat dva týdny při teplotě -1 °C. Při tom se odkalování kvasnic provádí 2 až 3krát.

Zrání s kroužky má tu výhodu, že mladý buněčný materiál disponuje vyšší redukční schopností vůči diacetylu než kvasnice,

Tab.12. Změny koncentrace diacetylu během konvenčního ležení a zrání

Pivovar	A		B		C		D	
Způsob "vedení"	5 týdnů 4 / -1 °C		5 týdnů 4 / +1 °C		T1 ^{x)}	T7	S	ZKL ^{xx)}
Objem kroužků [%]	12	12	0	0	12	12	12	12
Diacetyl při sudování [mg/l]	0,60	0,50	0,40	0,38	0,38	0,45	0,45	
Diacetyl při výstavu [mg/l]	0,06	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,06	

Poznámky:

x) Tank chlazený proudem vzduchu

xx) Ležácký CKT, doba zrání 3 1/2 týdne místo 5

kteřé prodělaly už celý dosavadní proces kvašení, a proto už silně inklinují k flokulaci; tento sklon je ještě posilován silnou konvexí v CKT. Na stav a vlastnosti kroužků je však třeba klást určité požadavky, které je možno definovat stupněm prokvašení 25 až 35 % a počtem 40 až 50 · 10⁶ pučících kvasničných buněk.

Tab. 12 znázorňuje vliv kroužků na dokvašování a zrání. Výhodné je cílevědomé vedení teplot, jak ukazuje příklad cylindrického dokvašovacieho tanku ve srovnání s tankem, v němž dokvašování pod vlivem pronikajícího studeného vzduchu "zůstalo viset".

"Kroužky" z CKT v rozkvasné fázi jsou pro uvedené použití méně vhodné, protože se pučení buněk ve spodní části tanku pravděpodobně dosud plně neprosadilo a počet buněk je zkreslen sedimentací kvasinek. V této fázi neprobíhají ještě procesy zrání a čiření s dostatečnou intenzitou, takže průběh dokvašování není uspokojivý a piva vykazují nevyvážený charakter.

Dokvašování je závislé na mnoha faktorech, především však na množství vitálních kvasničných buněk, které vstupují do procesu většinou ve formě kroužků. Jim plně rovnocenně mohou působit kvasinky suspendované v mladém pivu, pokud jsou na základě zmíněných příznivých podmínek v dobrém fyziologickém stavu.

KVAŠENÍ A ZRÁNÍ PŘI VYŠŠÍCH TEPLOTÁCH ZA POUŽITÍ TLAKU

Tyto kvasné postupy se výrazněji prosadily při nové výstavbě pivovarů a při rekonstrukcích spojených s rozšířením kapacit než postupy klasické. Rozhodující důvod je ten, že kvašení při teplotách 12 až 16 °C (zčásti až 18 °C) lze snáze optimalizovat, stejně tak jako následné zrání, které probíhá při teplotách stejných nebo ještě poněkud vyšších. Úspora času činí při použití rozdílných nádob na kvašení a zrání a s použitím chladiče ve srovnání s klasickým postupem v CKT pro hlavní kvašení a CKT pro dokvašování (4 až 5 týdnů) přibližně polovinu, i když je pochopitelně nutno vytvořit rezervy pro případné výpadky, pro odbytové špičky před svátky apod.

Kvašení při teplotách 12 až 16 °C závisí na těchto faktorech jako kvašení při nízkých teplotách: rozkvasná fáze má obdobný význam; stejná je i potřeba intenzivního provzdušnění i stejnoměrného rozdělení kvasnic do celého toku čerpané mladiny, resp. při každé přidávané šarži mladiny.

Dávka kvasnic s 12 až 15 · 10⁶ buněk uvolněných z tlaku a provzdušněných se přidává z obvyklých chlazených tanků na kvasnice. Velmi často se však používají kroužky, které mají stupeň prokvašení 25 až 40 % a počet buněk 35 až 60 · 10⁶; odebírají se podle pokročilosti kvašení po určitou dobu z tanku s kroužky. Také zde se velmi dobře osvědčila míchadla nejrůznějšího typu.

Kvasnice pro "tlakové kvašení" se vybírají ze známých kmenů, přičemž se některé z nich ukázaly být vhodnější než jiné. Protože má počet kvasničných buněk na konci hlavního kvašení a na vstupu do fáze zrání velký význam (asi 10 až 12 · 10⁶ buněk), bývají často používány směsi prachových a sedimentujících kvasinek. Počet vedení kvasnic kolísá od závodu k závodu; ukázalo se totiž, že optimum bylo při 1., 2. a většinou ještě i při 3. vedení, zatímco se při dalších vedeních už projevilo zpomalení kvašení, snížené pomnožování a opožděná redukce diacetylu. Nelze se tedy divit tomu, že mnohé pivovary běžně propagují kvasnice v takovém množství, aby mohly být po plném rozdělení například v rámci týdenního programu znovu vyraženy z provozu, tzn. aby se používaly vždy pouze jednou. Takto získaný velký povrch aktivních buněk činí zbytečným vlastní odstraňování jemných kalů, pokud je možno se obejít bez sekundárního provzdušnění a pokud je - v předcházejícím technologickém průběhu - v naprostém pořádku odlučování horkých (hrubých) kalů.

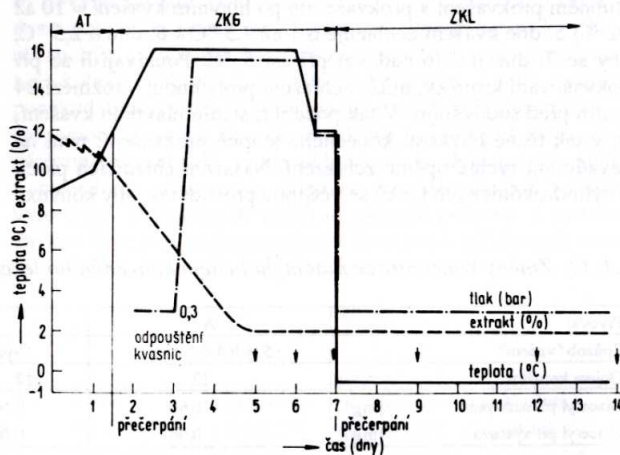
Na druhé straně je otázkou, zda by nebylo možno navynout kvasinky na vyšší tlak a tím umožnit jejich vícenásobné nasazení. Stupňovitá pozitivní selekce by pak mohla vytvořit kmeny, které

by eliminovaly kvasničnou příchut', která se vždy znovu vynořuje v senzorce piv z tlakového kvašení a která sahá od příchuti kvasnično-květnaté přes příchuti po kvasničných až ke kvasnično-hořké.

Zakvašování probíhá bez tlaku. I pomnožování kvasnic při teplotě 10 až 12 °C, tedy při teplotě nižší, než je teplota hlavního kvašení, se vede otevřeně, bez tlaku. Kvasnice mají tedy v této fázi zcela normální podmínky. Zvyšování tlaku na 0,2 až 0,5 baru (20-50 kPa) proběhne teprve tehdy, když kvasnice prošly pomnožením na asi 30 · 10⁶ buněk, tzn. když v kvasničné biomase vytvořené rozkvasnou fází došlo k pučení. Podle zkušeností se to děje při stupni prokvašení asi 25 až 30 %. Tento časový moment je však kromě toho závislý také od obsahu vyšších alkoholů a esterů v mladém pivu; přes tyto parametry může být uvedený časový moment variantně ovlivňován pro příští šarži. Při stupni prokvašení asi 50 % se přechází do příští tlakové fáze, která nastává teoreticky při

teplota	P stat.
10	2

ale v podstatě se řídí podle obsahu CO₂ ve zralém pivu. Tímto vedením teplot a využíváním tlaku se dosahuje potlačení jinak zesílené tvorby vyšších alifatických alkoholů a esterů, stejně tak jako zamezení zřetelné exkreci vyšších mastných kyselin. Nedaří se však podchycovat stejným způsobem tvorbu 2-fenylethanolu. Jeho množství je závislé na teplotě kvašení a piva z tlakového kvašení se vyznačují 2 až 4násobným množstvím tohoto aromatického alkoholu. Sběr kvasnic by měl být prováděn v několika šaržích, aby se kvasnice co nejrychleji znovu stahovaly a nebyly vystaveny příliš dlouhou vysokým teplotám. To by vedlo ke zvýšení obsahu především kyseliny dekanové, pak ale též ostatních vyšších mastných kyselin a jejich esterů. Zkvašení extraktu trvá obvykle 4 až 5 dnů, následná redukce celkového diacetylu 2 až 3 dny, takže celý proces kvašení a zrání je ukončen za 6 až 8 dnů (obr. 2). V průběhu zrání je žádoucí každodenní odlučování kvasnic. Někdy zůstává pivo i přes "studené ležení" ve stejném tanku (postup "v jedné nádobě"), přičemž zůstává nevyužita příslušná část prostoru v horní části tanku. Tuto nevýhodu by bylo možno zčásti odstranit doplňováním tanku. Není však snadné rozhodnout se pro toto řešení, protože se při něm dostává pod hladinu okraj kroužků. Mnohde se však dává přednost použití dvou nádob, přičemž je dána možnost studeného ležení za přesně definovaných teplot; je rovněž žádoucí snížit s pomocí odstředivky na mladé pivo počet kvasničných buněk na 0,5 · 10⁶. Dodržení studeného ležení při teplotě -1 °C po dobu jednoho týdne je z hlediska pěnivosti a stability důležité. Zchlazení z teploty zrání na teplotu stabilizace proběhne už zčásti v tanku, aby se otupily špičky nároků na výkony chlazení. Je však třeba



Obr. 2 Schéma tlakového kvašení
Probublání CO₂, je-li třeba

Tab.13 Srovnání piv typu pils vyrobených konvenčním a tlakovým kvašením

	Konvenční kvašení 7 dnů	Tlakové kvašení 7 dnů
Stupeň prokvašení [%]	82,2	81,7
Dosažitelné prokvašení [%]	82,7	81,7
Barva [j.EBC]	7,6	8,0
pH	4,45 ^{x)}	4,54 ^{x)}
Celkový rozpustný dusík [mg/100 ml]	78,2	77,5
Volný aminodusík [mg/100 ml]	12,0	10,8
Hořkost [j.EBC]	37,2	32,0
α - hořké kyseliny [mg/l]	1,0	1,6
Iso - α - hořké kyseliny [mg/l]	36,8	31,3
Pěnovost podle Rosse a Clarka	132	130
Senzorické hodnocení podle DLG:		
čistota vůně	4,2	3,7
čistota chuti	4,2	3,6
plnost	4,5	4,2
říz	4,3	4,0
hořkost	4,2 ^{x)}	3,6 ^{x)}

Poznámka: x) Není pouze v závislosti na tlakovém kvašení; ovlivňuje kvalita chmele, biologické okyslování atd.

Tab.14. Koncentrace vedlejších metabolitů při konvenčním a tlakovém kvašení (mg/l)

	Konvenční kvašení	Tlakové kvašení
Propanol	8,8	12,2
2 - methylpropanol	8,2	12,0
2 - methylbutanol	12,4	20,2
3 - methylbutanol	38,3	56,3
Celkové vyšší alifatické alkoholy	67,7	100,5
2 - fenylethanol	12,0	33,5
Ethylacetat	16,5	22,2
2-methylpropylacetat	0,02	0,05
3-methylbutylacetat	0,9	1,9
2 - fenylethylacetat	0,15	0,68
Celkové estery kyseliny octové	17,6	24,8
Ethylhexanoat	0,16	0,18
Ethyl oktanoat	0,19	0,25
Ethyl dekanat	0,03	0,05
Kyselina hexanová	2,20	2,50
Kyselina oktanová	4,35	5,40
Kyselina dekanová	0,28	0,55
Celkový diacetyl	0,07	0,06
Celkový pentandion	0,02	0,02
Acetoin	3,8	2,3

počítat s dobou 1 až 3 dnů k tomu, aby se dosáhlo zchlazení na 6 °C. Přitom se obsah 2-acetolaktátu snižuje ještě o 0,02 mg/l, což je přípustné respektovat při stanovení "finálního momentu zrání". Zchlazení piva, které absolvovalo zrání v tanku, není vždy bez problémů, neboť promíchávání je přes rozdílné nastavení jednotlivých chladících zón nízké. Vytvářejí se vrstvy, které lze rozrušit jen vlněním CO₂.

Piva z tlakového kvašení jsou pravidelně zcela prokvašená, vylučování hořkých látek při kvašení je snižené, množství vedlejších produktů kvašení je přes aplikaci tlaku o 20 až 25 % vyšší než u konvenčního kvasného procesu. Obsah 2-feny-

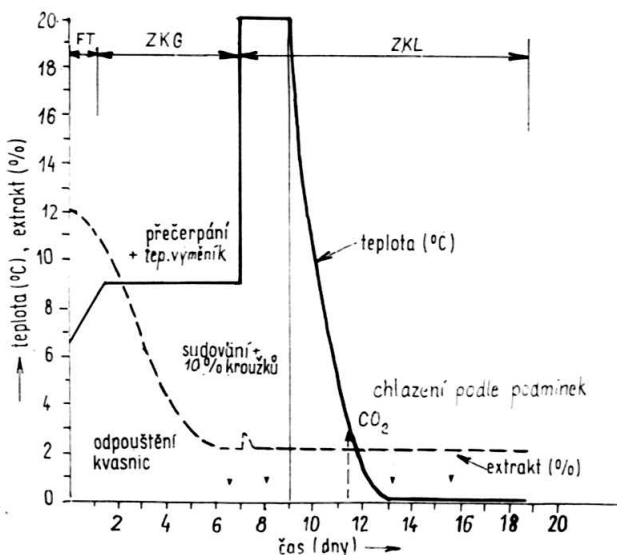
lethanolu je, jak již bylo uvedeno, vyšší množství mastných kyselin je v důsledku intenzivního pomnožování původně nižší, ale při vleklém kvašení a tím prodlouženém zrání může však doznat nového výrazného nárůstu.

Obr.2 znázorňuje průběh optimálně vedeného tlakového kvašení. Hodnoty v tabulkách 13 a 14 ukazují, že vedlejší produkty kvašení mají přece jen odlišné složení, především v obsahu vyšších alifatických alkoholů a zejména 2-fenylethanolu. Nedávné práce však ukázaly, že komerční piva z tlakového kvašení mohou vykazovat i mnohem větší množství vyšších alkoholů, např. přes 100 mg/l alifatických a až 40 mg/l aromatických alkoholů, přičemž mezi naposled zmíněnými převažuje 2-fenylethanol.

Tlakové kvašení je poněkud méně citlivé na kolísání kvality sladu, resp. složení mladiny než tradiční postupy kvašení a zrání piva. Ale i zde se mohou projevit prodlevy v kvasném procesu nebo vleklý průběh zrání, které vedou v důsledku použitých vyšších teplot k prosazení kvasničné příchuti. Otázka filtrovatelnosti je u tohoto postupu vždy relevantním tématem.

STUDENÉ KVAŠENÍ - TEPLÉ ZRÁNÍ

Tento postup, který se zatím uplatnil v některých nově postavených pivovarech a při rekonstrukcích pivovarů, byl vyvinut proto, aby se spojily výhody "normálního" hlavního kvašení s volným výběrem kvasinek a programovaným zráním při



Obr. 3 Schéma "studeného" kvašení a "teplého" zrání

vyšších teplotách. Hlavní kvašení při asi 9 °C poskytuje běžné spektrum vedlejších produktů kvašení, piva při 9 °C úplně prokvasí, přičemž je nutno počítat s přibližně jedním dnem na sedimentaci kvasnic. Počet kvasničných buněk by při přecherpávání z tanku kvasného do tanku pro zrání piva neměl přesahovat 2 až 3.10⁶, protože zrání by mělo probíhat při teplotě 20 °C s 10 až 12 % kroužků o stupni prokvašení 25 až 35 %, což znamená zcela postačující přínos 5 až 7 mil. kvasničných buněk. Tyto kroky je třeba provádět v definované podobě a pořadí, přičemž se mají kroužky přidávat před výměníkem tepla. Při teplotě 20 °C je zrání ukončeno za 2 dny; proběhne-li podstatně rychleji, je možno snížit teplotu na 18 až 19 °C, při vleklém zrání je naopak zase vhodné teplotu zvýšit. Rozhodující je krátká doba při teplotě 18 až 22 °C, která je příznivější než např. u zrání při 15 °C, které by vyžadovalo 5 až 7 dnů. Zahřátí vyžaduje tepelný výměník, který využívá i rozdílu mezi pivem po ukončeném zrání a pivem kvasícím; toto je však možné jen ve dnech od úterý do pátku, protože tanky zbývající přes konec týdne musí být zchlazovány.

Tab.15. Srovnání standardního postupu kvašení v kvasném CKT a zrání v ležáckém CKT s kvašením při 9 °C a zráním při 20 °C

Typ piva	Export		Pils	
	Stan- dardní xx)	9 / 20 °C	Stan- dardní xx)	9 / 20 °C
Technologie				
Výrobní doba [dny]	42	19	40	19
Zdánlivé prokvašení [%]	80,2	82,5	81,8	83,0
Dosažitelné prokvašení [%]	82,0	82,5	83,7	83,3
Barva [j.EBC]	9,0	8,7	7,8	7,8
pH	4,53	4,40	4,38	4,32
^{a)} Celkový rozpustný dusík [mg/100 ml]	86,0	79,8	78,4	77,6
^{a)} Formolový dusík [mg/100 ml]	25,2	23,0	23,3	21,4
^{a)} Volný aminodusík [mg/100 ml]	13,8	13,0	12,0	11,5
Hořkost [j.EBC]	22,2	22,0	34,5	34,8
α - hořké kyseliny [mg/l]	0,9	1,1	2,0	1,7
Iso-α - hořké kyseliny [mg/l]	21,5	21,3	33,8	33,5
Pěnovost podle Rosse a Clarka	140	144	138	142
senzorická analýza				
podle DLG	4,2	4,3	4,0	4,3
Hořkost	4,2	4,4	4,0	4,3

Poznámka: x) přepočteno na 12%
xx) 15 % kroužků

Tab.16. Obsah těkavých látek (mg/l) při standardním kvašení v kvasném CKT a zrání v ležáckém CKT v porovnání s kvašením při 9 °C a zráním při 20 °C

Typ piva	Export		Pils	
	Stan- dardní	9/20 °C	Stan- dardní	9/20 °C
Propanol	9,5	9,6	8,8	10,5
2 - methylpropanol	8,8	9,5	8,5	10,0
2 - methylbutanol	14,3	15,3	15,4	16,7
3 - methylbutanol	45,3	46,3	44,1	43,7
2 - fenylethanol	10,8	11,2	12,0	10,2
Celkové vyšší alifatické alkoholy	77,9	80,7	76,8	80,9
Ethylacetat	14,5	15,0	14,1	15,9
Isopentylacetat	0,02	0,03	0,02	0,03
Isobutylacetat	0,9	1,0	0,9	1,5
2 - fenylethylacetat	0,17	0,14	0,16	0,19
Ethylhexanoat	0,16	0,17	0,18	0,20
Ethyl oktanoat	0,20	0,21	0,19	0,24
Ethyl dekanat	0,04	0,03	0,05	0,05
Kyselina hexanová	1,6	1,6	1,8	1,5
Kyselina oktanová	4,5	4,2	5,3	5,4
Kyselina dekanová	0,8	0,6	0,8	0,6
Celkový diacetyl	0,06	0,04	0,05	0,06
Celkový pentandion	0,04	0,03	0,03	0,02
Acetoin	7,2	2,4	6,8	2,7

Navazující studené ležení (skladování) se ve všech závodech provádí ve zvláštním tanku při teplotě -1 °C (asi 7 dnů). Bylo by sice možno vyhnout se použití zvláštního tanku, ale jen za cenu, která byla uvedena při komentování "kvašení a dokvašování v jedné nádobě". Měření obsahu CO₂ se provádí při přečerpávání v tomto posledním stadiu. Důležité je pravidelné odstraňování kvasnic. Průběžná doba výroby činí 7 + 2 + 7 = 16 dnů (obr. 3). Tato piva se vyznačují normálním složením vedlejších produktů kvašení, rovnocennou nebo dokonce i poněkud lepší pěnovostí a čistou, zaokrouhlenou chutí, která odpovídá příslušnému typu.

Bez problémů lze tímto postupem docílit piva s výrazným chmelovým arómatem (tab. 15, 16).

ZÁVĚRY

Na základě výsledků vědeckého výzkumu i praktických zkušeností lze dnes kvašení a zrání piva ovládat lépe než kdykoli předtím. Nezbytnou podmínkou je však to, aby zvolenému typu kvasného postupu odpovídalo jednak složení mladiny, jednak kmen použitých kvasinek. Velmi obtížně se reguluje obsah zinku v mladině. Při kvašení jsou užitečné a proto žádoucí všechny faktory, které přispívají k rovnoměrnému rozptýlení kvasinek i vzduchu. U kvasných nádob velikých objemů je výhodné pracovat s jednotlivými šaržemi plněnými do těchto nádob diferencovaně s postupnou intenzifikací parametrů. Při kontrole obsahu kvasinek v jednotlivých stádiích mohou být potřebné časové limity pro kvašení a redukci diacetylů dobře dodržovány. To platí jak pro konvenční kvašení, tak i pro teplé kvašení pod tlakem. Tato naposled zmíněná technologie dává sice určitou výrobní jistotu, je však nutno akceptovat určitou změnu chuťového profilu piva.

Předpověď zkvasitelnosti mladiny podle běžných údajů její analýzy není však možná.

Přeložil dr. Jindřich Kurz
Lektorovala prof. Ing. Gabriela Basařová, DrSc.

Narziss, L.: Kvašení a zrání. Stav našich současných znalostí. Kvas. prům., 38, 1992, č. 2 s. 33 - 41

Za hlavní faktory konvenčního hlavního kvašení a dokvašování považujeme: složení mladiny (volný aminodusík v % celkového dusíku, obsah zinku), intenzitu provzdušnění, stejnoměrné rozptýlení kvasinek, charakteristiku kvasnic (kmen, ošetření, sběr), počet buněk, jakož i kontrolovanou rozkvasnou fázi. Pro zrání jsou důležité výchozí hodnota vicinálních diketonů, počet kvasničných buněk a teplota. Dvoudenní zrání při teplotě 20 °C po předchozím studeném hlavním kvašení nachází stále více přívrženců.

Pro teplé kvašení pod tlakem je třeba vytvořit stejné podmínky a dbát na tytéž faktory, má-li být kvašení a dokvašování uspořádáno do 7denního rytmu, který je pro organoleptické vlastnosti piva výhodný. Studené ležení (skladování) musí být u urychlených (zkrácených) postupů vedeno asi 1 týden při teplotě pod 0 °C.

Specialisté v oboru fyziologie kvasinek se mohou pozastavit nad tím, že kvasinky spodního kvašení nedokáží vzdorovat kolísavým tlakovým podmínkám při kvašení ve velkých nádobách nebo dokonce při kvašení pod tlakem déle než přes několik generací. Je tedy třeba připravovat si pomnožováním stále čerstvé kvasnice, abychom nepřekročili dobu, v jejímž rámci si provozní kvasnice udržují své optimální vlastnosti. Pro pivovarníka je tím toto téma vyřešeno, i když jej bude dále zaměstnávat úloha získávání zbytkového piva z odpadních kvasnic. Vzniká potřeba dodatečných zařízení k oddělování kvasnic od piva a pokud možno "neutrálních" způsobů využití tohoto piva. Časový harmonogram kritických momentů při získávání a využívání piva z kvasnic vyžaduje pečlivé zvážení z hlediska biologických i kvalitativních, popř. organoleptických.

Нарзис; Л.: Брожение и созревание. Состояние наших современных знаний. Квас. прум., 38, 1992, № 2, стр. 33 - 41.

Главными факторами общего главного брожения и окончательного брожения считают: состав охмеленного сусла (свободный азот в % суммарного азота, содержание цинка), интенсивность аэрации, равномерное рассеяние дрожжей, характеристику дрожжей (штамм, выращивание, сбор), количество клеток и также контролируемую фазу разбраживания. Для созревания важны: исходная величина vicинальных diketонів, количество дрожжевых клеток и температура. Двухдневное созревание при температуре 20 °C после предварительного главного брожения находит все больше сторонников.

Для горячего брожения под давлением надо создать одинаковые условия и учитывать те же факторы, если следует брожение и окончательное брожение упорядочить в семидневном ритме, который выгоден для органолептических свойств пива. Холодное вылеживание (хранение) в случае убыстренных способов брожения должно вестись приблизительно одну неделю при температуре ниже 0 °C.

Специалисты в области физиологии дрожжей могут отметить, что дрожжи нижево брожения не в состоянии преодолеть колеблющиеся условия давления при брожении в больших чанах или даже при брожении под давлением не долше чем в продолжение нескольких генераций. Из последнего следует, что необходимо приготавливать путем размножения все свежие дрожжи, чтобы соблюсти время, в рамках которого производственные дрожжи соблюдают свои оптимальные свойства. Для работника пивоваренного производства тем самым эта проблема решена, хотя его далее будет занимать роль получения остаточного пива из отработанных дрожжей. Возникает необходимость дополнительного оборудования для отделения дрожжей от пива и по возможности "центральных" способов использования этого пива. График времени критических моментов при получении и использовании пива из дрожжей требует тщательного рассмотрения с точки зрения биологической и количественной, или же и органолептической.

Narziss, L.: Fermentation and Ripening. State of Our Present Knowledge. Kvas.prům., 38, 1992, No. 2, pp 33 - 41

The main factors of a principal fermentation and afterfermentation are as follows: Wort composition (free amino nitrogen in percent of the whole nitrogen, zinc content), aeration intensity, homogenous distribution of yeasts, the yeast characteristics (strain, treatment), the cell number and the growth phase. The main factors of a ripening are as follows: the initial value of vicinal diketones, the number of yeast cells and temperature.

The procedure of the two-day ripening at a temperature of 20 °C after the cold principal fermentation begins to be preferred. Using the warm pressure fermentation, the same conditions and factors have to be maintained if the principal fermentation and after-fermentation would achieve the seven-day rhythm which is suitable from the standpoint of organoleptic

properties. With the shortened procedures the cold storage has to last about one week at a temperature below zero. The specialists of yeast physiology could be surprised with the finding that the yeasts of a bottom fermentation are able to keep their properties some generations only due to varying pressure conditions during a fermentation in large vessels. From this follows that there is necessary to prepare yeasts for the inoculation of a principal fermentation almost continuously.

This type of a yeast propagation solves the problem of the yeast inoculation. Nevertheless, the problem how to minimize the rest beer from waste yeast still remains. The solution of this problem comprises both the development of further equipments permitting a yeast separation from beer and the finding of procedures for an application of this beer. The time-schedule of critical points for an obtaining and application of beer from yeasts comprises the necessity to take into account the biological, qualitative event, organoleptic standpoints.

Narziss, L.: Gärung und Reifung. Unser derzeitiger Kenntnisstand. Kvas.prům., 38, 1992, Nr. 2, S. 33 - 41

Als Faktoren einer konventionellen Hauptgärung und Reifung gelten: Würzezusammensetzung (FAN in % GesN, Zink-Gehalt), Intensität der Belüftung, gleichmäßige Verteilung der Hefe, Hefebeschaffenheit (Rasse, Pflege, Ernte), Zellmenge sowie eine kontrollierte Angärphase. Für die Reifung sind Ausgangs-VDK-Wert, Hefezellmenge und Temperatur von Bedeutung, weswegen die zweitägige Reifung bei 20 °C nach vorausgegangener kalter Hauptgärung immer mehr Anhänger findet.

Bei der warmen Gärung unter Druck sind dieselben Faktoren zu schaffen, wenn Gärung und Reifung in den auch organoleptisch günstigen Rhythmus von 7 Tagen eingepaßt werden sollen. Die Kaltlagerung muß bei beschleunigten Verfahren ca. 1 Woche unter 0 °C eingehalten werden.

Den Hefephysiologen mag es stören, dass die untergärigen Hefen den schwankenden Druckverhältnissen bei der Gärung in Grossbehältern oder gar bei der Druckgärung nicht länger als nur einige Generationen standzuhalten vermögen. Es muß also stets frische Hefe hergeführt werden, um das Optimum der Verhaltensweise der Betriebshefe nicht zu überschreiten. Für den Brauer ist damit das Thema gelöst, wenn gleich ihn die Aufgabe der Gewinnung des Restbieres aus der ausgeschiedenen Hefe weiterhin beschäftigt: hier werden zusätzliche Einrichtungen zur Hefentrennung und zur möglichst "neutralen" Wiederverwendung dieses Bieres notwendig. Dabei bedarf der Zusatzzeitpunkt des Hefebieres besonders sorgfältiger Überlegungen - in biologischer und qualitativer /organoleptischer Sicht.