

Biologická stabilizace piva se zřetelem k pasteraci v lahvích, průtokové pasteraci a sterilační filtraci

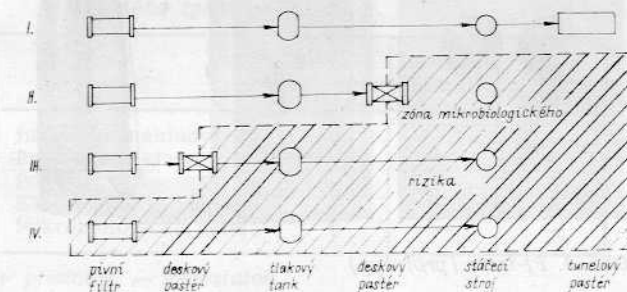
663.461.1

Ing. KNUD LORENZEN, centrální laboratoře Tuborg-Carlsberg, Dánsko.

Předneseno na Pivovarsko-sladařských dnech 19. a 20. 11. 1981, Hradec Králové

Biologické stálosti piva, stejně jako koloidní stálosti a stálosti chuti, byla odedávna věnována v mnoha zemích světa zvýšená pozornost. Důvodem jsou stále větší nároky na trvanlivost, forsírování výroby a vzrůstající konkurence. Prodej piva do míst velmi vzdálených od pivovaru (mnohdy do zámoří) vyžaduje vystavovat pivo v každém ohledu bezvadné.

V literatuře [1, 2, 3, 4] jsou popsány četné možnosti úpravy piva k zajištění dostatečné stálosti. V tomto referátu o biologické stabilizaci piva se zřetelem k dávno známé metodě tepelného ošetření se zabývá pasterací v lahvích a průtokovou pasterací a v dalším sterilační filtrací.



Obr. 1. Technické možnosti úpravy piva (podle B. Hjortshøje)

Obrázek 1 schematicky znázorňuje různé technické možnosti úpravy piva po dokvašení [9]. Postup („cesta piva“) (I) zajišťuje biologickou stálost stočeného piva v tunelovém pastéru, postupy II a III pracují s deskovým pastérem, zařazeným buď před plnič (II) nebo před tlakový tank (III). Z biologického hlediska je postup II při zařazení deskového pastéru nejpříznivější. Čím je deskový pastér posunut dále za stáčecí stroj, tím menší je zóna mikrobiologického rizika, vyznačená na obr. 1. Postup IV zřetelně ukazuje, že při použití sterilační filtrace je rozsah zóny mikrobiologického rizika největší. V dalším budu referovat o vlastních zkušenostech s biologickou stálostí piva ošetřeného postupy vyznačenými na obr. 1 a blíže popsány na tab. 1.

Postup I ukazuje úpravu piva pro plnění do lahví s následující pasterací v tunelovém pastéru. Postup III zachycuje plnění piva téhož provozu do sudů. Deskový pastér je zařazen před tlakový tank. Postup IV ukazuje stáčení piva v našem novém moderním pivovaru. Biologická stálost se zde zajišťuje ostřejší filtrací — tzv. zbavením zárodků.

Tabulka 1. Postupy („cesty piva“) v provozech

I	III	IV
chlazení tlakový tank stáčení tunelový pastér	ležácký tank chlazení dávkový zařízení reakční smyčka karbonizace vyrovnávací tank křemelinový filtr karbonizace deskový filtr deskový pastér tlakový tank stáčení	ležácký tank odstředivka chlazení karbonizace meztank dávkový zařízení vyrovnávací tank křemelinový filtr ZHF deskový filtr karbonizace tlakový tank chlazení stáčení

Biologická stabilizace piva působením tepla

Pasterace piva v lahvích je proces, zavedený v pivovarnství koncem minulého století. Louis Pasteur získal v roce 1865 patent na objev souvislosti mezi působením tepla a biologickou stálostí piva. V Kodani se lahvové pivo pasterovalo od počátku tohoto století [5]. Lze proto poukázat na zkušenosti z mnoha desetiletí. Vývoj pivovaru Tuborg mluví v tomto čase za sebe, má-li se hovořit o poškozování jakosti piva pasterací.

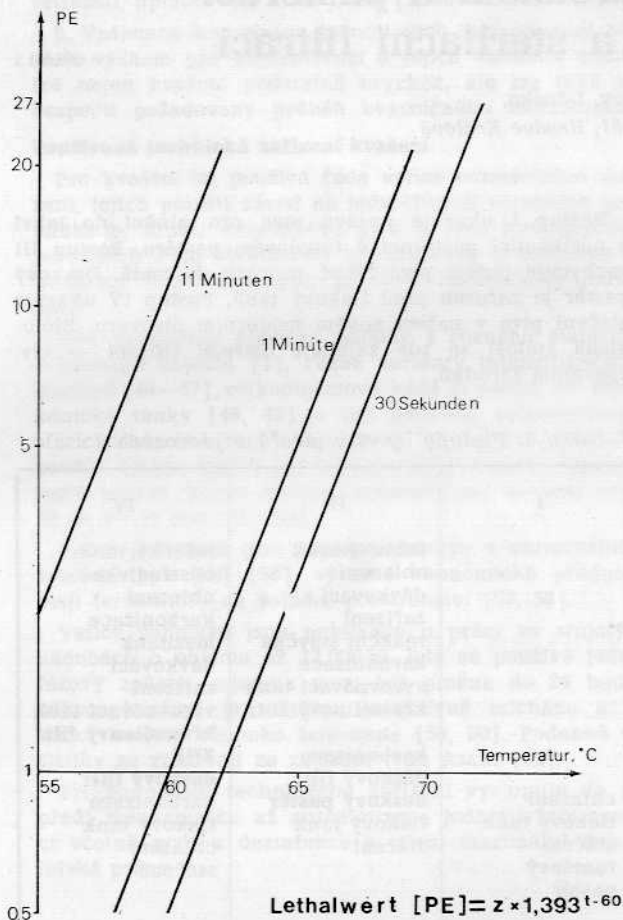
Faktory ovlivňující pasteraci piva

Faktory ovlivňující dodání nutného počtu pasteračních jednotek [PJ] k zajištění biologické stability piva lze seřadit takto:

doba
teplota
druh kontaminace
stupeň kontaminace
typ piva
— obsah alkoholu
— obsah nezalkvašeného extraktu
— obsah CO₂
— pH

Nutný počet pasteračních jednotek snižuje přítomnost CO₂ a alkoholu, kdežto zvýšený nezalkvašený extrakt a zvýšené pH vyžadují větší přísun tepla.

Letální křivka (obr. 2) je funkcí doby a teploty; platný vztah odpovídá zde exponenciální funkci [6]. Definice zní [7]: letální hodnota [PJ] = $z \cdot 1,393^{t-60}$, kde z je doba [min] a t — teplota [°C]. Tj. 1 PJ se dodá, udržuje-li se teplota 60 °C po dobu 1 min. Křivky ukazují přírůstky PJ při stoupající teplotě. Na obr. 2 je zakreslen průběh pro doby 30 s, 1 min a 11 min.



Obr. 2. Letální křivka

Sestavili jsme přehled počtu PJ potřebných k biologické stabilizaci piva plzeňského typu s obsahem alkoholu 3 % hm. nebo vyšším a počtem buněk 100 000 v 1 ml (tab. 2).

Z tab. 2 je patrné, kolik PJ je třeba dodat k dosažení uspokojivé biologické trvanlivosti piva plzeňského typu. Pivní kvasinky a pediooky nejsou příliš odolné za tepla. Divoké kvasinky vyžadují poměrně větší přísun tepla. Mléčné bakterie se řadí asi uprostřed.

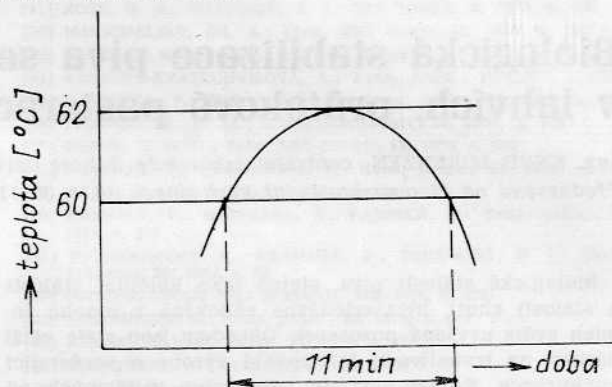
Pasterace piva v lahvích

V provozu je třeba vždy pracovat s dostatečnou jistotou. Četné pivovary pracují velmi dobře s 10 až 15 PJ.

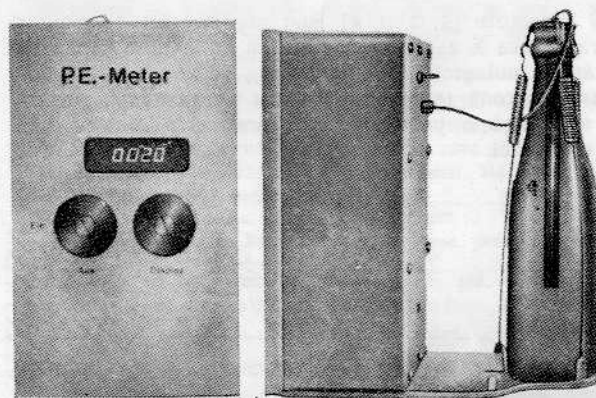
Tabulka 2. Pasterační jednotky potřebné k usmrcení různých škůdců piva v pivě plzeňského typu

Mikroorganismus	Pasterační jednotky
pivní kvasinky	1
Pediococcus	1
Lactobacillus	5
divoké kvasinky	<10

To platí zvláště pro americké pivovary. Tím však nelze zajistit úplnou biologickou jistotu. Např. spory *Sacch. pastorianus* přežívají 15 PJ. Naše zkušenosti z mnoha pivovarů v celém světě nasvědčují, že pivo se dostatečně stabilizuje 20 PJ — lhostejno kolik obsahuje mikroorganismů, aniž by se chuťově poškodilo. My doporučujeme proto všeobecně 20 PJ.



Obr. 3. Křivka doba—teplota v tunelovém pastéru

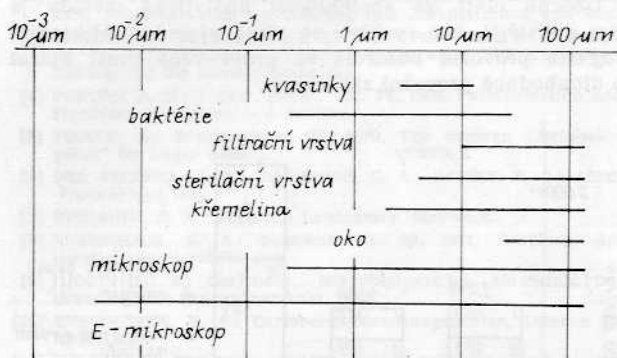


Obr. 4. PJ-metr (prototyp)

Obrázek 3 ukazuje, jak u nás probíhá podle zkušenosti křivka závislosti doby na teplotě v tunelovém pastéru, abychom dodali uvedených 20 PJ. Dbáme na to, aby se pivo udrželo 11 min nad 60 °C a v této době dosáhlo 62 °C a pak se opět ochlazovalo. Fáze zahřívání na 60 °C a fáze ochlazování pod 60 °C vydají dohromady asi 4 PJ. Časová výdrž mezi tím poskytuje přibližně 16 PJ.

Hovořit o technologických problémech ve spojitosti se zařazením tunelového pastéru se v rámci tohoto sdělení nepředpokládá. Přesto se zmíním o novém aparátu na měření PJ v tunelovém pastéru. Známé problémy spojené s vyhodnocováním teplotních křivek z tradičních registračních přístrojů. Ke zjednodušení této práce jsme vyvinuli nový přístroj, jehož prototyp je na obr. 4. Přístroj pracuje tak, že průběh teploty a doby příslušně integruje průběh letální křivky. Při opuštění tunelového pastéru se součet PJ přímo odečte na osvětleném digitálním poli.

Naše výzkumná laborator pracuje v současné době na vývoji metody měření PJ v pivu [10]. Předběžné pokusy s pivem pilsenského typu ukazují, že bude pravděpodobně možné využít poměrně dobré tepelné stability enzymu melibiázy. Průběh pasterace měřený PJ-metrem bude možno kontrolovat měřením melibiázy. Tato kontrola bude přirozeně možná pouze ve spodně kvašeném pivu.



Obr. 5. Velikost různých zákalových částic a systémy k jejich separaci a vnímání (podle F. Schura)

Tabulka 3. Trojúhelníkový test (pasterované pivo proti pivu sterilovanému filtrací)

Pokusná řada	I		II		III	
Vzduch, ml/láhev	0	0	2	2	5	5
Pasterační jednotky	0	30	0	30	0	30
Posudek	žádné směrodatné rozdíly po 2 a 10 týdnech					

Tabulka 4. Přednosti a nedostatky různých metod tepelného zpracování

	Tunelový pastér	Deskový pastér	Sterilační filtr
Investiční náklady	—	(+)	+
Provozní náklady	—	+	(+)
Potřeba místa	—	(+)	+
Efektivnost zařízení	+	—	—
Mikrobiologická jistota	+	—	—

+ přednost, — nedostatek

Průtoková pasterace

Krátkodobé zahřívání piva lze z hlediska biologické trvanlivosti srovnávat se sterilační filtrací; vyžaduje rovněž aseptické plnění. Při krátkodobém zahřívání se na sterilaci plnicích cest a čistotu lahví kladou tytéž nároky jako na sterilační filtraci. Prodleva přibližně 30 s při $71-72^\circ\text{C}$ dodá PJ potřebné k usmrcení mikroorganismů. Při krátkodobém zahřívání je třeba pracovat s poněkud větší jistotou. My doporučujeme prodlevu 30 s při 72°C , což odpovídá 27 PJ.

Nížší pořizovací a provozní náklady na deskový pastér ve srovnání s tunelovým pastérem je třeba posuzovat proti vyšším výdajům spojeným s aseptickým plněním. Přehlížením nelze ani nezbytnost rozšíření biologické kontroly. Rovněž je třeba přihlížet k většímu riziku sekundární kontaminace při stáčení piva.

V Kodani jsme svého času používali deskový pastér pouze pro pivo stáčené do sudů; výsledky po stránce biologické byly dobré. Je však zde třeba podotknout, že se stáčelo pouze do sudů z ušlechtilé oceli, dokonale automaticky čistěných a sterilovaných párou.

Sterilační filtrace

Dnes se dává přednost křemelinovým a deskovým filtrům, spojeným buď v sérii nebo v jednom agregátu. Filtrace piva je součástí oboru techniky rozdělování a čiření a toliko ostrost filtrace ukazuje, kde-li o sterilační filtraci. Efekt čiření je při použití křemelinového a deskového filtru založen jak na působení síťového mechanismu, tak na adsorpčním účinku. Při jinak stejných podmínkách je průtokové množství závislé na ostrosti filtračních vrstev, tj. na volné průtočné ploše, velikosti dutin a příměsi křemeliny a popř. azbestu. Sterilní pivo lze hospodárně získat pouze „nejostřejšími“ filtračními vrstvami; nikdy však nelze mluvit o zcela sterilním pivu bez současného přidání chemických prostředků. Normálně není třeba požadovat pivo zcela prosté zárodků, avšak vždy se musí pečovat o to, aby pivo bylo bezvadné, tj. aby nebylo příznivým prostředím pro rozvoj malého počtu zárodků.

Obrázek 5, převzatý z práce F. Schura [1] ukazuje, že jemná křemelina je schopna zadržet ještě kvasničné buňky. Filtrace piva filtračními, popř. sterilačními vrstvami, založená na čistě prosévacím působení, je nedostatečná. Množství kvasničných buněk v pivu rychle blokuje křemelinový filtr. Množství bakterií v pivu rychle vyčerpá adsorpční působení filtračních vrstev. Výsledek pak není uspokojivý ani z hlediska kapacity, ani jakosti.

Sterilační filtrace v moderním pivovaru

Problém aseptického stáčení formuloval G. A. Voerke-lus [8] takto: „Nezbytným předpokladem aseptického stáčení je účelné vybavení pivovaru, dobře vyškolený personál a podrobná biologická kontrola v provozu.“

V pivovaru Tuborg s konvenčním zařízením, avšak všemi potrubími a tanky z ušlechtilé oceli, máme velmi dobré mikrobiologické podmínky. Naše analýzy vykazují normálně nulový počet zárodků před stáčením. Při stavbě našeho nového pivovaru ve Fredericii (1,6 mil. hl/rok) máme možnost počítat s účelným vybavením ve spojení se sterilační filtrací a aseptickým plněním. Postup je patrný z tab. 1.

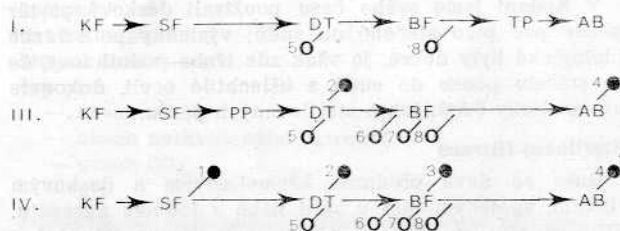
Zralé pivo se odstřeďuje, chladí a určí se obsah CO_2 . V mezitanku setrvává pivo 24 h. Odtud se přečerpá do vyrovnávacího tanku. Dávkovací zařízení je umístěno mezi oběma tanky. Před sterilační filtrací se dodržuje prodleva přibližně 15 min. Obsah CO_2 se podruhé upraví než pivo dospěje do tlakového tanku. Odtud se pivo vede prstencovým potrubím s připojeným chladičem piva. Stáčecí zařízení je přímo napojeno na prstencové potrubí.

Podrobná biologická kontrola je přirozeně nezbytná. Všecka zařízení je třeba pravidelně dokonale čistit a sterilovat. Zbytkové a vrácené pivo se musí buď pečlivě pasterovat nebo přímo čerpat do mladinové pánve.

Biologická provozní kontrola ve spojitosti s tepelným zpracováním a sterilační filtrací piva

Na obr. 6 je zřetelně vidět úplnou různost nasazení provozní kontroly při různých postupech. Při práci s tunelovým pastérem je nejméně častá. Pravidelná mikrobiologická kontrola piva zde odpadá. Toliko příležitostně se berou k analýze vzorky oplachovací vody po čištění tlakového tanku a plniče.

Zcela jinak se postupuje při aseptickém plnění, které je nutné po průtokové pasteraci. Mikrobiologická provozní kontrola je přirozeně podstatně podrobnější. Za

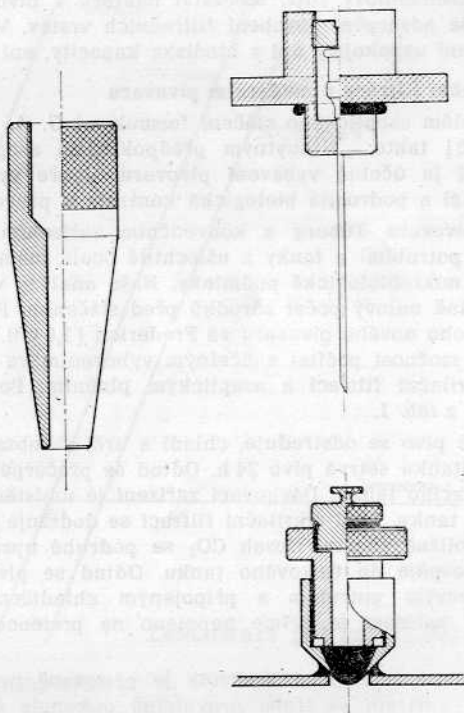


KF = křemelínový filtr PP = deskový pastér BF = plnič piva
AB = stočené zfiltrované pivo SF = deskový filtr DT = tlakový tank
TP = tunelový pastér

○ — nepravidelné brání vzorků (čištění)
● — časté, pravidelné brání vzorků (pivo)

Obr. 6. Postupy („cesty piva“) s místy k brání vzorků pro biologickou provozní kontrolu

KF = křemelínový filtr, PP = deskový pastér, BF = plnič piva,
1. — výtok deskového filtru
2. — v tlakovém tanku
3. — před plničem piva
4. — stočené pivo
5. — zařízení pro CO₂
6. — prázdné nádoby z myčky
7. — vstříková voda
8. — korunkový zátkač



Obr. 7. Vzorkovací nástavec a vzorkovadlo

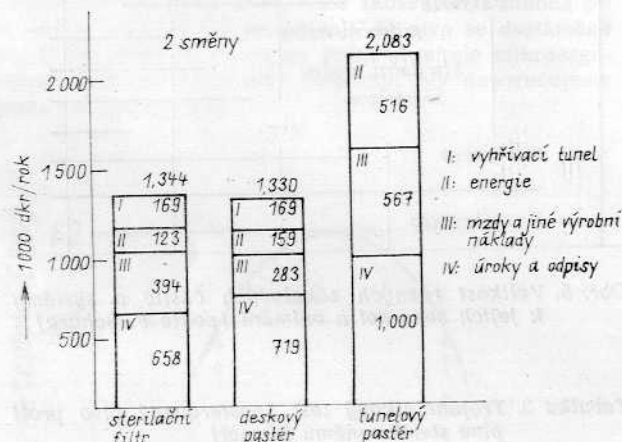
deskovým filtrem, popř. deskovým pastérem a po stočení se pravidelně berou vzorky piva k analýze. Mikrobiologická čistota oxidu uhličitého, sudů, lahví a plechovek, korunkových uzávěrů a vstříkové vody se kontroluje pravidelně.

Vzorky k mikrobiologické analýze se musí odebírat velmi pečlivě. Obrázek 7 ukazuje námi používaný nástavec a vzorkovadlo. Nástavec se umístí v tanku nebo potrubí, vzorkovadlem se podle potřeby probodne membrána.

Obvyklé mikrobiologické analýzy:

- | | |
|---|-----------|
| 1. analýza trvanlivosti | až 60 dní |
| 2. membránová filtrace | 2–7 dní |
| 3. urychlené metody | 2–40 h |
| 4. rychlé (instantní) metody
(mikroskopie membránového filtru
za použití fluoreskujících látek) | 30 min |

Obecně platí, že spolehlivost analytické metody je tím nejistější, čím rychleji se získá výsledek. Mikrobiologická provozní kontrola se proto vždy musí opírat o dlouhodobé provozní zkušenosti.



Obr. 8. Ekonomické porovnání postupů („cest piva“) v koloně 45 000, 1981 (podle L. Weltze)

Trojúhelníkový test — pasterované a filtrací sterilované pivo (tab. 3)

Pasterovaná [30 PJ] piva a piva sterilovaná filtrací byla navzájem porovnávána trojúhelníkovým testem ve třech pokusných řadách. Pivo bylo různě ovzdušněno. Vzorky byly ochutnávány po 2 týdnech a po 10 týdnech. V žádném z případů nebyl zjištěn rozdíl. Obvyklý názor, že působením tepla pivo nabývá pasterační příchuti, je toliko podмінěně správný. Chuťové změny vyvolávají oxidační procesy, které se tepelným ošetřováním toliko urychlují.

Ekonomické úvahy

Ekonomické porovnávání uvažovaných postupů v koloně o výkonu 45 000 lahví/h ukazuje, že použití tunelového pastéru je nejdražší (obr. 8). Pořizovací náklady tunelového pastéru (stroje a budovy) jsou nejvyšší, stejně jako provozní náklady. Tepelné ztráty a spotřeba vody se zde musí omezit na minimum a nelze přehlížet ani výrobní ztráty rozbitným. Zvyšování cen surovin a stoupající dávky za odpadní vody budou mít stále větší význam. Při stoupajících cenách energie bude zařízení s tunelovým pastérem z ekonomického hlediska poměrně méně příznivé.

Obrázek 8 ukazuje, že použití sterilizačního filtru a deskového pastéru je ekonomicky totožné. Při použití deskového pastéru nebo sterilizační filtrace je výroba při plném zatížení nutnými operacemi čištění a sterilační nižší, mikrobiologická kontrola mnohem obsáhlejší. Je také třeba uvažovat zvláštní výdaje v souvislosti s intenzifikovanou mikrobiologickou kontrolou.

Na tab. 4 je reprodukován pokus o schematické znázornění výhod tří různých postupů („cest piva“).

Zařízení s tunelovým pastérem vyniká při plném vytížení efektivností a mikrobiologickou jistotou. Zařízení s deskovým pastérem a sterilizační filtrací jsou z hlediska pořizovacích i provozních nákladů mnohem výhod-

nější. K vytvoření jasného obrazu o optimálním postupu úpravy piva je v každém případě třeba provést podrobné výpočty s přihlédnutím k místním podmínkám.

Přeložil Dr. Ing. A. Lhotský

Literatura

- [1] SCHUR, F.: Brauerei-Rundschau Nr. 1/2, 1979, Bierstabilisierung.
- [2] SCHUR, F. und PFENNINGER, H.: Brauerei-Rundschau Nr. 10, 1979, Praxisversuche zur Klärung und Stabilisierung von Bier.
- [3] NARZISS, L., REICHENEDER, E. und WOLFINGER, J.: Brauwelt Nr. 15, 1977, Einfluss von Schichtenfiltration und Kurzzeiterhitzung auf die Biereigenschaften.
- [4] PORTNO, A. D.: J. Inst. Brew., Vol. 74, 1968, Pasteurization and Sterilization of Beer — a Review.
- [5] TROLLE, B.: Brygmesteren 10, 1970, The German „Reinheitsgebot“ for Lager Beer.
- [6] DEL VECCHIO, H. W., DAYHARSH, C. A., BASELT, F. C.: ASBC-Proceedings 1951.
- [7] BENJAMIN, H. A.: Research Laboratory, Maywood.
- [8] VOERKELIUS, G. A.: Brauwelt Nr. 60, 1971, Probleme der aseptischen Bierabfüllung.
- [9] HJORTSHØJ, B.: Carlsberg, Mikrobiologische Abteilung Der skandinávské Bryggerhøjskole, 1980.
- [10] ENEVOLDSEN, B. S.: Carlsberg Forsøgscenter, Interne Information.
- [11] WEITZE, L.: EBC-Congress 1981, Sterile Filtration and Aseptic Filling in the Light of Costs and Energy Conservation.

Lorenzen, K.: Biologická stabilizace piva se zřetelem k pasteraci v lahvích, průtokové pasteraci a sterilizační filtraci. Kvas. prům., 28, 1982, č. 4, s. 77—81.

Jsou popsány různé technické možnosti úpravy prokvašeného piva k zajištění biologické stability.

Dlouholeté zkušenosti naznačují, že přibližně 20 pasteračních jednotek (PJ) stačí k získání biologicky nezávadného piva při použití tunelového pastéru. Je popsán přístroj k měření pasteračních jednotek (PJ-metr). Krátkodobé zahřívání piva je z hlediska biologické trvanlivosti srovnatelné se sterilizační filtrací. V obou případech se musí pracovat s aseptickým plněním. Mikrobiologická kontrola je podstatně obsáhlejší. Ekonomické porovnání jednotlivých postupů („cest piva“) ukazuje, že použití tunelového pastéru je nejdrazší řešení. Je uveden příklad z vlastního provozu.

Лоренцен, К.: Биологическая стабилизация пива в соотношении с процессом пастеризации в бутылках, проточной пастеризации и стерилизационной фильтрации. Квас. прум., 28, 1982, № 4, стр. 77—81.

Описаны разные технические возможности обработки взброженного пива с целью обеспечения биологической стабильности. Долголетний опыт показывает, что приблизительно 20 пастеризационных единиц (ПЕ) достаточно для получения биологически безвредного пива при применении тоннельного пастеризатора. Описан аппарат

для изменения пастеризационных единиц (ПЕ-метр). Кратковременный обогрев с точки зрения биологической устойчивости сравним с стерилизационной фильтрацией. В обоих случаях необходимо работать с асептическим наполнением. Микробиологический контроль существенно более объемный. Экономическое сопоставление отдельных приемов („cest piva“) показывает, что применение тоннельного пастеризатора является самым дорогим решением. Приведен пример из собственного процесса проведения.

Lorenzen, K.: Biological Stabilization of Beer with Respect to Pasteurization in Bottles, Continuous-Flow Pasteurization, and Sterile Filtration. Kvas. prům., 28, 1982, No. 4, pp. 77—81.

Various technical possibilities of a treatment of fermented beer with the aim of an ensurance of biological stability are described. Long-time experiences show that about 20 Pasteurization Units (P.U.'s) are quite enough to attain biologically nondefective beer using a tunnel pasteurizer. An apparatus for a measurement of Pasteurization Units is described. From the standpoint of a biological shelf life, the short-term heating of beer is comparable with sterile filtration. An aseptical filling is necessary for both these procedures. Also microbiological control tests are larger. An economical comparison of the individual procedures show that the use of the tunnel pasteurizer is the most expensive way. An example from the own factory is described.

Lorenzen, K.: Biologische Stabilisierung des Bieres mit Hinblick auf Flaschenpasteurisierung, Durchflußpasteurisierung und Sterilfiltrierung. Kvas. prům., 28, 1982, No. 4, S. 77—81.

Verschiedene technische Möglichkeiten der Bierbehandlung nach der Lagerung, um eine biologische Stabilisierung des Bieres zu erzielen, werden beschrieben.

Langjährige Erfahrungen besagen, daß ungefähr 20 Pasteurisierungseinheiten (PE) genügen, um ein biologisch einwandfreies Bier bei Einsatz eines Tunnelpasteurs zu bekommen. Ein Apparat zur Messung der Pasteurisierungseinheiten (PE-Meter) wird erwähnt. Die Kurzzeiterhitzung des Bieres ist mit Hinblick auf die biologische Haltbarkeit mit einer Sterilfiltrierung zu vergleichen. In beiden Fällen muß mit einer aseptischen Abfüllung gearbeitet werden. Die mikrobiologische Betriebskontrolle ist wesentlich umfangreicher. Eine wirtschaftliche Gegenüberstellung der „Bierwege“ zeigt, daß der Einsatz eines Tunnelpasteurs die teuerste Lösung ist. Ein betriebseigenes Beispiel wird angeführt.