

## Studium pasterace piva účinkem ionizačního záření\*)

VLADIMÍR PREININGER, ÚVÚPP, Praha

663.43

Dosavadní průmyslové pasterační a sterilační způsoby jsou založeny na aplikaci některé z forem fyzikální energie, buď na účinku zvýšených teplot již od dob *Pasteurových*, nebo na vyvolání určité změny prostředí (změna koncentrace vody, soli, cukru, pH apod.). Všechny formy energie byly pečlivě zkoumány jako možný prostředek pasterace a sterilace, například použití vysokofrekvenčního proudu [1], UV světla [2] a X—paprsků [3]. Tento vývoj ukazuje na zkracování vlnové délky a na zvyšování pronikavosti energie.

V posledních asi 12 letech bylo především v západní potravinářské literatuře věnováno mnoho místa úvahám i studiím o problému studené sterilace, tj. využitím ionizačního záření ke zničení mikroorganismů a inhibici příslušných enzymů. V převážné většině prací chybí přesnější popis metodiky, experimentů a experimentálních výsledků a pokud jsou uvedeny, vzbuzují často pochybnosti o své hodnověrnosti a je možno se setkat s tvrzeními odporujícími výsledkům prací jiných. Proto je nutno opatrně posuzovat z nich vyplývající údaje a závěry.

Pro pasterační a sterilační účely se používají paprsky katodové, Roentgenovy a gama. Protonů a neutronů nelze využívat, ježto způsobují umělou radioaktivitu ozařovaného předmětu.

Pasterační, popř. sterilační účinek ozařování potravin spočívá jednak ve zničení mikroorganismů a zamezení jejich růstu, jednak v inaktivaci určitých enzymů při pokud možno nejmenších fyzikálních a chemických změnách potravin. Efekt ozařování závisí na řadě činitelů, jako jsou energie záření, dávka záření, doba ozařování, resp. intenzita záření, citlivost ozařovaného objektu, jeho teplota, prostředí a atmosféra obklopující ozařovaný předmět, vliv obalu apod.

Energie záření nesmí překročit 8 MeV. Kolem této hodnoty se pohybuje vazebná energie nukleonů a při vyšších hodnotách nastává nebezpečí sekundární radioaktivity tím, že může při zásahu jádra způsobit ztrátu jednoho i více nukleonů.

Citlivost různých druhů mikroorganismů k záření je velmi rozdílná, přičemž letální dávka nutná k sterilaci nezávisí na koncentraci mikrobů a je stejná pro jakoukoli koncentraci téhož mikrobiu v ml. Zato prostředí má značný vliv na citlivost mikroorganismů v němž jsou ozařovány. Nutná letální dávka je prakticky tím větší, čím je ozařovaný cíl menší. K zničení vegetativních forem mikroorganismů je třeba asi 100 000 rep až 1 000 000 rep, k zničení spor několikrát větší dávka a u velmi rezistentních, 2 000 000 rep až 4 000 000 rep. Údaje se velmi různí. Pivovarské kvasinky *Saccharomyces Carlsbergensis* v pivu vystavené záření 50 000 rep gama paprsků  $\text{Co}^{60}$  byly inaktivovány s úplnou biologickou stabilitou [4,5]. Práce popsána ve zprávách Michiganské university [6] udává, že potřeb-

ná dávka gama záření k úplné sterilaci kultury *Saccharomyces cerevisiae* staré 8 týdnů je asi 250 000 rep a pro většinu bakterií asi 500 000 rep. Dunn udává, že ke zničení všech mikroorganismů je třeba 2 000 000 rep. Viry k plné inaktivaci vyžadují dávku 1 500 000 rep až 5 000 000 rep. Enzymy jsou ještě rezistentnější, takže k jejich inaktivaci je třeba dávky 6 000 000 rep až 10 000 000 rep.

Inaktivace enzymů je rovněž silně závislá na vlastnostech okolního prostředí, též koncentrace enzymů je důležitým činitelem, neboť se stoupající koncentrací se zvyšuje odolnost enzymů. Rovněž jednotlivé typy enzymů se velmi liší ve své citlivosti k ozařování, jakož i tyto enzymy jsou různě citlivé vůči ozařování v různém prostředí. S klesající teplotou se enzymy stávají rezistentnějšími, naproti tomu i krátkodobé zahřátí značně snižuje inaktivační dávky ozařování vzhledem k jejich termolabilitě.

Pokud se týče obalu, nemá na mikroorganismy a enzymy přímý vliv. Důležitá je však prostupnost obalu pro záření, která je zhruba nepřímo úměrná specifické váze obalů. Nejvhodnější z kovů je hliník ( $h = 2,7$ ), nehodí se ocel ( $h = 7$  až  $8$ ). Rovněž sklo je málo prostupné a účinkem ozařování mění barvu a průhlednost. Malou absorpci záření vykazují též umělé hmoty o specifické hmotě 1,1 až 1,6 (polyetylén, polystyrén apod.) a proto se hodí k sterilaci ozařováním.

Při ozařování potravin vedle destrukce mikroorganismů a částečně i některých enzymů, se projevuje přímý vliv záření i na samotné potraviny. Dochází často i při nižších dávkách, tzv. pasteračních, k změnám vzhledu, konzistence, barvy, vůně, chuti apod. (změny organoleptické). Může dojít a dochází též k rozrušení některých aminokyselin, bílkovin, vitaminů apod. (změny nutriční). Tyto všechny změny jsou pravděpodobně způsobeny oxidačním nebo i redukčním účinkem vznikajících volných radikálů.

Negativní účinky na potraviny [7], jejich chuť, barvu a vůni se připisují reakci ionizujícího záření s vodou a mohou být zamezeny nebo zmírněny užitím akceptorů, jež chrání rozpuštěnou látku tím, že váží volné radikály. Tyto změny lze též zmírnit nižší teplotou, zmrazením, odstraněním kyslíku evakuací, inertním plynem, neprodyšným obalem, přidávkou některých látek (kyselina askorbová, cystein aj.). Mechanismus těchto reakcí není dosud znám. Tyto prostředky zmírňují sice organoleptické změny, ale mnohé z nich snižují citlivost mikrobů vůči ozařování a proto je nutno užít vyšších dávek záření. Překročí-li koncentrace ochranné látky určitou hodnotu, dojde k poklesu ochranné účinnosti.

Podobně pracovníci Michiganské university [6] informují o nepříznivém vlivu na barvu, vůni a chuť ozařovaných potravin. V další zprávě [8] rozdělují potraviny na dvě skupiny, z nichž první skupina je odolná ionizačnímu ozařování, které v nich nevyvolává nežádoucí změny, kdežto v druhé sku-

\*) V článku je uvedena jen charakteristická část práce, ze závěrečné zprávy úkolu, řešeného Ústředním výzkumným ústavem potravinářského průmyslu v Praze.



pině všechny nežádoucí změny jsou vyvolávány následkem ozařování.

První pokusné ozařování konané pro studium pasterace piva a podobných látek gama paprsky [9] ukázalo, že pivo na neštěstí patří do skupiny potravinářských výrobků, vyžadujících dalšího výzkumu, ježto ionizační záření způsobuje změny v barvě, vůni i chuti. Autoři stanovili, že pasterační dávka pro pivo je 50 000 r až 60 000 r. V této studii J. Compton se spolupracovníky udávají, že dávka potřebná k pasteraci piva filtrovaného hmotou je asi 55 000 r, avšak taková dávka byla provázena nežádoucími změnami barvy, vůně i chuti. Byly zkoumány příčiny změn vůně a porovnány výsledky s melanoidinovou reakcí a se škodlivým vlivem slunečních paprsků na pivo. Autoři zjistili 30% ztrátu barvy a toto odbarvení se vyššími dávkami již nezvětšovalo. Nejobjektivnějším charakteristickým znakem ozařovaného piva byla vůně. Všechny ozařené vzorky pív měly tutéž nepříjemnou ostře štiplavou, těžko definovatelnou vůni a kysele připálený charakter. Charakterem vůně se podobaly pivu s příchutí po působení slunečních paprsků. Nepříjemný zápach byl vyvolán již dávkou 5 000 r. Po stránce chuťové udávají, že ozařené vzorky měly ostře připálené aroma. V jiné práci [10] autor udává, že při 80 000 r byla barva světlého a tmavého piva normální, ačkoli se dala zjistit pachutí. Změny v chuti a barvě stoupají postupně s dávkami do 1 000 000 r, rovněž sesvětlení barvy postupuje souběžně se vznikem nepříjemné chuti. Robinson zjistil efektivnost některých X paprsků na zlepšení vůně alkoholických nápojů [13]. Brasch navrhl použít ozařování k umělému stárnutí vína a metoda prý byla s úspěchem pokusně zavedena v Itálii. Zato pasterace piva není možná, protože již dávky 80 000 r vedou k tvorbě sedimentu, zákalu, nepříjemného zápachu a chuti. U nápojů, které obsahují  $\text{CO}_2$  dochází ke vzniku formaldehydu a kyseliny mravenčí. Podobné výsledky [11] byly zjištěny při ozařování piva v láhvích nebo v sudu. Bylo zjištěno, že vzniklé zápachy jsou sirovodíkové povahy a byly odvozeny z proteinů obsahujících síru a že druhotná reakce souvisí se změnami způsobenými ozařováním. Byly zaznamenány výsledky přirovnatelné k charakteristickým znakům piva, vystaveného přímému slunečnímu záření pokud se týká fotochemických reakcí. Ozařování pív ukázalo, že přidané aminokyseliny — glycin, prolin a tyrosin neměly přímý vliv na reakce vytvářející vůni po ozaření. Methionin naproti tomu jako jediný zdroj organického dusíku dodal pivu cizí zápach charakteristický po ozaření. Proteiny obsahující síru nebyly zjištěny zřetelně, pouze částečně [9]. Scraban [12] uvádí, že z důležitých aminokyselin je v pívě nedostatek pouze methioninu. Ovšem, i když po kvašení nezbývá v pívě volný methionin, rozpadové produkty methionu po jeho asimilaci mohou být účastny reakce vytvářející nepříjemnou vůni.

#### Část pokusná

Na žádost Sdružení pivovarů a ve spolupráci s Pokusným a vývojovým střediskem pivovaru Braník (dále PVSP) jsme se zabývali pasterací piva ozařováním gama-paprsky. Dosud se používá tepelné

pasterace piva, která je velmi výhodná proto, že se jí potlačí kvasinky a obecné škodlivé bakterie. Současně ovšem krátká perioda ohřátí může mít za následek nežádoucí změny v chuti, vůni a koloidní stabilitě. Pasterační metoda bez nežádoucích vedlejších vlivů by znamenala pokrok v technologii výroby lahvového piva. Naším úkolem bylo získat zkušenosti s aplikací dávek ionizujícího záření na pivo při jeho pasteraci v lahvích. Výsledky našich pokusů mají být podkladem pro event. další práci na tomto úkolu.

Provedli jsme celkem 8 pokusů pasterace světlého  $10^\circ$  piva v hnědých lahvích s korunkovým uzávěrem ionizačním zářením, z toho 4 v reaktoru a 4 v kobaltném zdroji „Gammacell“. Toto druhé zařízení bylo vyrobeno kanadskou společností. Ozařovací komora je válcová o světlém průměru 15 cm a výšce 21 cm. V plášti obklopujícím komoru jsou rovnoměrně rozloženy tyče radioaktivního kobaltu, dna jsou bez zářičů. Původní energie  $\text{Co}^{60}$  byla 5 000 C a 1 hodinová expozice ve středu komory se rovnala přibližně dávkové intenzitě 400 000 r. Z diagramu izodos v ozařovací komoře „Gammacellu“ vyplývá, že dávkové intenzity od středu komory ke stěnám pláště komory přibývá o 20 %, zatím co ke dnům komory o 20 % ubývá.

Ozařování reaktoru se provádělo gama zářením až po zastavení reaktoru, aby se bezpečně odstranili pomalé neutrony, které by vzorky piva aktivovaly. Podle informací byl výkon reaktoru při dvou pokusech 10 % nominálního výkonu, při třetím a čtvrtém pokusu pracoval reaktor na plný výkon. Po zastavení reaktoru byly do dvou kanálů v aktivní zóně spuštěny vždy dvě láhve v hliníkovém pouzdře dny k sobě a byly opatřeny na hrdlech chemickými dozimetry typu Hardtova. Dozimetry byly vyhodnocovány spektrofotometrem v UV-oblasti.

Prvé tři pokusy byly provedeny ozařením  $10^\circ$  světlého piva vyrobeného v provozu pivovaru Braník v různém časovém odstupu. Technologický postup výroby pív byl ve všech případech stejný a v původním složení pív nebylo podstatných rozdílů. Teprve v konečné fázi při filtraci a stáčení došlo k určitým změnám v koloidní soustavě pív, kdy v prvních dvou případech byla provedena filtrace přes Seitzovy desky č. 7 a č. 5, v třetím případě přes normální filtrační hmotu. Různý způsob filtrace se projevil i v rozdílné biologické trvanlivosti kontrolních pív. Z technických důvodů se piva stáčela do lahví obsahu 0,25 l.

Při prvním pokusu bylo ozařeno 32 vzorků pív. Doba potřebná k ozaření dávkou asi 50 000 r byla stanovena výpočtem fyzika reaktoru na 34 minuty. Protože intenzita záření poměrně rychle ubývala, nebyly všechny láhve ozařeny stejnou dávkou, nýbrž celou škálou různých dávek a sice 24 lahví bylo ozařeno dávkami od 63 500 rep do 29 000 rep a dalších 8 lahví dávkami od 20 000 rep do 9 900 rep. Pro porovnání byly k dispozici kontrolní vzorky nepasterované a pasterované teplem. Pivo bylo ozařováno při teplotě  $20^\circ\text{C}$ . Ozařené vzorky byly skladovány spolu s kontrolními v Braníku při  $20^\circ\text{C}$ . Byl proveden chemický rozbor piva ozařovaného a srovnávacího nepasterovaného, výsledky jsou uve-



deny v tabulce 1. Láhve i obsah byly proměřeny a byly bez jakékoli aktivity. Korek v korunkových uzávěrech byl bez zjevné změny. Organoleptické zkoušky po ozáření spolu s kontrolními vzorky pív

Chemický rozbor piva  
(Pokus č. 1) Tabulka 1

	Pivo ozářené	Pivo nepasterované srovnávací
původní mladina %S	10,03	10,01
zdanlivé prokvašení %	73,8	73,7
skutečné prokvašení %	59,6	59,5
barva v ml 0,1 N J	0,35—0,40	0,45—0,50
pH	4,30	4,35
celkový N <sub>2</sub> ve 100 g mg	54,4	54,9
trísloviny v 1000 g mg	155,8	158,0
furanogenní látky ve 100 g mg	22,8	15,6

byly prováděny komisí složenou ze zástupců ÚVÚPP, PVSP v Braníku a odborníků ze Sdružení, ihned po přivezení ozářených vzorků a pak po šesti a 11 dnech. Všechna piva byla jiskrná, barva nepatrně světlejší, vůně méně výrazná, chuť normální, od kontrolního nepasterovaného vzorku nerozeznatelná. Rovněž barva lahví byla nezměněna. Jedenáctý den se u všech ozářených vzorků vytvořila slabá sedlinka, která se zvětšovala a 14. den vznikl zákal, zatímco tento proces probíhal u nepasterovaných kontrol o 10 dní později.

V sedlince ozářených pív byla nalezena silná infekce dlouhými tyčinkovitými baktériemi, u kontrolních vzorků kulturní kvasinky a sporadicky tyčinkovité bakterie. Teplem pasterované pivo bylo po 30 dnech bez mikrobiologického nálezu. Z výsledků by se dalo odvozovat, že použité dávky ionizačního záření v tomto pokusu stimulovaly laktobacily a tak urychlily znehodnocení piva.

V druhém pokusu bylo ozářeno 20 lahví piva stejně připraveného jako v předcházejícím pokusu, avšak filtrovaného Seitzovým filtrem založeným deskami č. 5. Doba ozařování byla stanovena 70 minut při 20 °C, za kteroužto dobu mělo být pivo ozářeno celkovou dávkou asi 120 000 rep. Vyhodnocením chemických dozimetrů bylo zjištěno, že jednotlivé láhve byly ozářeny dávkami od 220 000 rep do 50 000 rep. Pro porovnání byly k dispozici kontrolní vzorky pív nepasterovaných. Láhve i obsah byly proměřeny a byly bez jakékoli aktivity. Organoleptické zkoušky pív ozářených byly provedeny spolu s kontrolními čtvrtý den po ozařování komisí složenou ze zástupců ÚVÚPP, PVSP v Braníku a odborníků ze Sdružení. Barva piva byla světlejší čím dávka ozáření byla větší, avšak nevybočovala z odstínu typického pro pivo, všechna piva byla jiskrná. Vůně a chuť nevykazovaly podstatných změn. Velikostí dávký přibývalo pasterační vůně a chuti. Pro zajímavost uvádíme hodnocení 3 vzorků s různou dávkou záření. Pivo vzorek č. 3 s dávkou ozáření 205 000 rep bylo klasifikováno po stránce chutové, že nabylo ozářením výrazné pasterační vůně a typické pasterační příchuti nejvýraznější ze zkoušených vzorků piva. Pasterační příchut u vzorku piva č. 12 s dávkou ozáření 112 000 rep byla mírná a u vzorku piva č. 19 s dávkou ozáření 57 000 rep byla nepatrná. Pěnivost všech pív byla nezměněna. Barva skla

lahví byla tím tmavší, čím byla vyšší dávka ozařování. Desátý den se u všech vzorků jak ozářených, tak kontrolních nepasterovaných vytvořila krupičkovitá sedlinka, která vzrůstající dávkou ozáření se zmenšovala a stávala se jemnější (prachovitá). Čtrnáctý a patnáctý den se všechny vzorky zakalily. Mikrobiologicky byly zjištěny tyčinkovité bakterie a kvasinky.

V třetím pokusu bylo ozářeno 8 lahví piva stejně připraveného jako v předcházejících pokusech, bylo však filtrováno normální filtrační hmotou. Požadovalo se čisté gama záření, dávkou přibližně 400 000 rep po zastavení reaktoru. Reaktor tou dobou pracoval na plný výkon. Proto byla nově vypočtena potřebná doba ozařování. První sada (4 láhve) byla ozařována 25 min. a druhá sada (4 láhve) 30 min., protože aktivita rychle klesala. Vzorky piva byly ozařovány při 20 °C druhý den po stočení lahví. Dávky byly kontrolovány Hardtovy dozimetry. Vyhodnocením dozimetrů byly jednotlivé láhve v prvním případě za 25 min ozářeny dávkami od 1 000 000 rep do 720 000 rep, v druhém případě za 30 minut dávkami od 795 000 rep do 400 000 rep. Organoleptické zkoušky po ozařování spolu s kontrolními vzorky pív byly prováděny komisí složenou ze zástupců ÚVÚPP, PVSP v Braníku a odborníků ze Sdružení po 6, 21 a 36 dnech. U ozářených pív prakticky vždy se stejným výsledkem, zatímco kontrolní pivo bylo osmý den nakyslé a později se nedalo již porovnávat. Pěnivost piva byla normální, barva tmavší, silně opalizující. Opalescence i barva klesaly s klesající dávkou ozáření až v mírný opál. Vůně byla výrazně pasterační, její výraznost s klesající dávkou ubývala až v mírně pasterační, chuť značně narušená, natrpklá a výrazně pasterační rovněž s klesajícími dávkami přecházela na mírně narušenou, ale silně pasterační. Sedmý den se vytvořila u kontrolních vzorků pív silná sedlinka, u ozářených vzorků č. 1 až 4 zcela nepatrná, u vzorků č. 5. až 8 mírná, které se nezvětšovaly. Biologický zákal vznikl u kontrolního piva 10. den, kdežto u ozářeného nebylo možno zjistit zákal vzhledem k opalescenci piva. Podle mikrobiologických zkoušek bylo ozářené pivo sterilní, sedlinka a zákal byly bílkovinného původu. Barva lahví byla tmavá, se stoupající dávkou temnější až téměř neprůhledná. Z výsledků tohoto pokusu lze uzavřít, že ozářená piva byla sice sterilní, avšak vzhledově a chutově byla piva značně narušena. Kromě silného mléčného opálu způsobila vyšší dávka ozáření hrubou změnu v chuti, jež byla definovaná jako natrpklá a výrazně pasterační. Z těchto hledisek by posuzovaná piva nebyla schopná konzumu.

Ke čtvrtému pokusu byly použity dva druhy 10° světlého piva z provozu pivovaru Braník. Technologický postup byl v obou případech prakticky stejný, pouze během dokvašování byla jedna část mladého piva preparována taninem (3 g/1 hl), pro mírnou stabilitu. Druhá část byla dokvašena normálně. Z malých ležáckých soudků se piva stočila přímo do lahví 0,25 l. Pivo bylo filtrováno přes Seitzův filtr založený deskami č. 7. K ozařování bylo použito po 8 lahvích piva normálně vyrobeného a piva částečně stabilizovaného. Pro porovnání byly



k dispozici kontrolní vzorky pív nepasterovaných teplem jak od piva částečně stabilizovaného tak i normálního. Pivo normální bylo ozařováno čistým zářením gama, a to první expozice za 2 hodiny po zastavení reaktoru, který v chodu měl plný výkon. Všechny 8 vzorků bylo exponováno po 10 minutách, přičemž přestávka mezi vkládáním a výměnou vzorků nesměla být delší než 7 minut.

Pivo částečně stabilizované bylo ozařováno za těchto podmínek jen s tím rozdílem, že první expozice začínala za 2,5 hod. po zastavení reaktoru. Vyhodnocením dozimetru jsme zjistili, že jednotlivé láhve piva byly ozařeny celkovou dávkou: u normálních pív od 658 000 rep do 328 000 rep a u pív stabilizovaných dávkou od 506 000 rep do 295 000 rep. Po ozaření vzorků byla intenzita záření na povrchu lahví 0,4 mr/h, proto musela být nejdříve provedena dezaktivace povrchu. Poté byl povrch prost jakékoli radioaktivity, rovněž tak i obsah.

První organoleptické zkoušky byly provedeny 14 dní po stočení piva do lahví komisi složenou ze zástupců ÚVÚPP a PVSP v Braníku. Hodnoceny byly vzorky pív normálních i částečně stabilizovaných, ozařených, pasterovaných a kontrolních nepasterovaných. Druhé zkoušky byly provedeny po 7 týdnech od stočení piva do lahví touž komisí u všech vzorků pív.

Výsledky tohoto pokusu lze hodnotit takto: Ozařené láhve mají mírně tmavší barvu skla v porovnání s neozářenými. Podle výsledků zkoušek trvanlivosti shrnutých v tabulce 2 a 3 se u obou pív ozařením zvýšila biologická trvanlivost, proti vzorkům nepasterovaným, u vzorků normálního piva o 1 den, u piva částečně stabilizovaného o 3 dny. Také mikroskopický nálezk sedlinek byl příznivější v normálním pivu ozařeném (jen kulturní kvasinky) než v téže pivu nepasterovaném (vedle kulturních kvasinek též tyčinkovité bakterie). Trvanlivost pasterovaných pív teplem je omezena pouze různou jejich koloidní stabilitou. Výsledky degustačních zkoušek prokázaly, že při krátkodobém skladování piva v lahvích (14 dní) si nejlepší chuť ponechává pivo nepasterované a částečná stabilizace je mu na prospěch. Při delším uložení zachovává si základní chuťové znaky nejlépe pivo pasterované teplem. Z fyzikálně chemického hlediska se při ozařování piva gama paprsky snižuje barva.

Zkouška trvanlivosti (20 °C)  
(Vypočtený průměr zjištěný u 8 až 10 sledovaných vzorků)

(Pokus č. 4)

Tabulka 2

Pivo normální	Nepasterované	Pasterované	Ozařené č. 1 až 8 dávkami 658 000—328 000 rep.
vznik sedlinky dne	13,8	28,9	15,3
vznik zákalu dne	19,6	41,0	38,9
trvanlivost asi	14 dní	29 dní	15 dní
mikroskopický nálezk	kromě kultur. kvasinek mírně tyč. bakterií	sedlinka bilkovinného původu	kulturní kvasinky
pomnožovací zkouška: mladinová želatina	kulturní kvasinky, tyč. bakterie	—	kulturní kvasinky
sterilní mladina	kulturní kvasinky, tyč. bakterie	—	kulturní kvasinky

Zkouška trvanlivosti (20 °C)  
(Vypočtený průměr zjištěný u 8 až 10 sledovaných vzorků)

(Pokus č. 4)

Tabulka 3

Pivo částečně stabilizované	Nepasterované	Pasterované	Ozařené č. 9 až 16 dávkami 506 000—295 000 rep.
vznik sedlinky dne	17,5	—	20,3
vznik zákalu dne	24,1	—	37,9
trvanlivost asi	17 dní	2 měsíce	20 dní
mikroskopický nálezk	kulturní kvasinky	čiré, bez nálezu	kulturní kvasinky
pomnožovací zkouška: mladinová želatina	kulturní kvasinky	—	kulturní kvasinky
sterilní mladina	kulturní kvasinky	—	kulturní kvasinky

Sediment není jen mikrobiálního původu, ale obsahuje ve větší míře vyloučené nebiologické komplexy.

Další pokusy [5. až 8.] byly uskutečněny podobným způsobem, avšak pivo bylo ozařováno v kobaltovém zdroji Gammacell; v širším rozsahu byl proveden 7. pokus s použitím malých množství některých reduktů do piva jako ochranných látek.

Vzorek A — s přídavkem kyseliny l-askorbové 1g/hl

Vzorek B — s přídavkem glukózoxydázy 1 g/hl

Vzorek C — s přídavkem obou těchto reduktivních látek, každé v množství 1 g/hl

Vzorek D — pivo srovnávací

Degustační zkoušky provedené 7 dní po stočení piva do lahví

(Pokus č. 7)

Tabulka 4

Pivo	Pasterované	Nepasterované	Ozařené č. 1 až 32 dávkami 666 000—515 000 rep.
<b>Vzorek A</b> (s přídavkem 1 g/hl kyseliny askorbové)			
vzhled	čiré	čiré	mírný opál
pěnovost	normální	normální	normální
barva	0,40—0,45	0,40—0,45	0,35—0,40
pH	4,37	4,37	4,37
vůně	slabě pasterační	normální	mírně cizí, slabě pasterační
chuť	hrubší, slabě pasterační	normální	drsná, silně pasterační
<b>Vzorek B</b> (s přídavkem 1 g/hl glukózoxydázy)			
vzhled	čiré	čiré	silný opál
pěnovost	normální	normální	normální
barva	0,45—0,50	0,40—0,45	0,35—0,40
pH	4,35	4,35	4,33
vůně	pasterační	normální	cizí
chuť	normální, slabě pasterační	normální	drsná, nepříjemná, výrazně připálená
<b>Vzorek C</b> (s přídavkem obou reduktivních látek po 1 g/hl)			
vzhled	čiré	čiré	silnější opál
pěnovost	normální	normální	normální
barva	0,40—0,45	0,40—0,45	0,35—0,40
pH	4,40	4,36	4,42
vůně	pasterační	normální	cizí
chuť	hrubší, slabě pasterační	normální	drsná, nepříjemná, výrazně připálená
<b>Vzorek D</b> (bez stabilizátorů)			
vzhled	čiré	čiré	silnější opál
pěnovost	normální	normální	normální
barva	0,40—0,45	0,40—0,45	0,35—0,40
pH	4,42	4,42	4,52
vůně	slabě pasterační	normální	cizí, výrazněji pasterační
chuť	téměř normální	normální	drsná, nepříjemná, připálená



Od každѣho druhu byly pѣipraveny vzorky piv ozѣřených a pasterovaných teplem vedle původních vzorků nepasterovaných. Pivo bylo filtrováno Seitzovým filtrem založeným filtračnimi deskami ѣ. 5 do lahví obsahu 0,25 l.

K ozѣření radiokobaltem bylo použito 32 vzorků piva od každѣho druhu po 8 vzorcích. Všechny byly opatřeny Hardtovými chemickými dozimetry. Ozářovány byly při 20 °C vždѣ 2 láhve současně po dobu 90 minut, přičѣmž vypočtená dávka měla být asi 600 000 rep. Po vyhodnocení dozimetrů pohybovala se dávka jednotlivých lahví od 515 000 rep do 666 000 rep.

Organoleptické zkoušky všech 4 druhů piv spolu s kontrolními nepasterovanými i pasterovanými teplem byly provedeny 7. den po stočѣnѣ piva do lahví komisi složenou ze zástupců ÚVÚPP a zástupců PVSP v Braníku. Výsledky jsou shrnuty a uvedeny v tabulce 4. Ozářené vzorky měly opět barvu sniženou a u všech piv vznikl mírný až silný opál. U ozářených vzorků došlo k podstatné změně vůně i chuti (cizí, nepříjemná). Jako ochranná látka se osvědčila kyselina l-askorbová, která podstatně zmírnila změny ve vůni a chuti proti změnám u piva bez přídavku ochranných látek. Podle výsledků zkoušky trvanlivosti neměly ani vyšší dávky ozáření sterilizační nebo ještě pasterační účinek. Mikroskopický obraz sedimentů piv nepasterovaných a ozářených byl z biologického hlediska po 14 dnech prakticky stejný, zatímco u piv pasterovaných teplem byla po 30 dnech vzniklá sedimenta a zákal pouze bílkovinného původu. Orientačně byly provedeny chemické rozbory všech čtyř druhů piv, jež v základních hodnotách nevykázaly zřetelnější rozdíly.

#### Diskuse

Při sterilaci a pasteraci gama paprsky záleží nejen na velikosti dávky v jednotkách rep, ale v podstatné míře též na intenzitě dávky, době ozářování, druhu paprsků, jejich tvrdosti a energii, teplotě při ozářování a mnoha jiných faktorech. Důležité jsou také reakční rychlosti probíhajících chemických pochodů. Většina změn probíhajících po ionizačním záření vzniká jako následek oxydace, která za vyšší teploty probíhá přirozeně rychleji.

Zdá se, že objektivní změny vůně a chuti způsobené ozářováním piva gama paprsky jsou způsobeny frakcemi bílkovin.

Je rovněž možné, že hlavním faktorem jsou bílkoviny obsahující síru, nebo produkty jejich rozkladu, že existují i jiné komplikované složky a že melanoidinová reakce je ve spojitosti se změnami z ozáření.

V případě použití kyseliny l-askorbové jako ochranné látky při ozářování se jakost piva zlepšila v porovnání s pivem bez přídavku antioxydant.

#### Závěr

U piva je problém komplikovaný tím, že dávky do 200 000 rep až 250 000 rep, kterých by se mohlo využít, aniž by nastávaly nepříznivé změny, nestačí k pasteraci a neprodlužují trvanlivost piva. Vyšší dávky od 250 000 rep pak způsobují znehodnocení po stránce organoleptické. Pro uspokojivou ochranu některých potravin nemusí být usmrceno 100 % mikroorganismů, to však nelze riskovat u lahvového piva. Rovněž bylo prokázáno, že *Saccharomyces carlsbergensis* potřebují k usmrcení v pivě dávky nad 600 000 rep. Dokud nebudou překonány obtíže s vůní a chutí, nebude možné používat pasterace piva gama zářením.

#### Literatura

- [1] Editorial, Wallerstein: Lab. Commun., 9, 3 (1946).
- [2] Kohler, L. R., Wallerstein: La. Commun., 4, 183 (1941).
- [3] Dunn C. G.: Amer. Brewer, May 27 (1951).
- [4] Cronyn J. B.: Independent Study at John Labatt, Ltd. Canada, Cited in Beer pasteurization Nucleonics 13, (1), 71 (1955).
- [5] Ritchey N. F.: Cited in Beer Pasteurization. Nucleonics 13, (1), 71 (1955).
- [6] University of Michigan 1952 (COO-90): Utilization of the Gross Fission Products. Prog. Rep. 2 on (AEC) Atomic Energy Commission Contract AT (11-1) — 162 Engng. Res. Inst.
- [7] Proctor B. E., Goldblith S. A., Bates J., Hammerle O. A.: Biochemical prevention of flavor and chemical changes in foods and tissues sterilized by ionizing radiations. Food Technol. 6, 237 (1952).
- [8] University of Michigan, 1952 (COO-91): Utilization of the Gross Fission Products. Prog. Rep. 3 on AEC Contract AT (11-1) — 162 Engng. Res. Inst.
- [9] Compton J., Cronyn J. B., and Read W. F.: A study of the gamma irradiation of beer and associated materials. J. Inst. Brewing 60, (4), 306 (1954).
- [10] Heinen J. M.: Radiation sterilization of canned foods. Prog. Rpt. U. S. Army Quartermaster Corps. Can. 1956 No 24, Continental Can. Co.
- [11] Brownell L. E., et al.: Utilization of gross fission products. Prog. Ept. No. 6 U. S. Atomic Energy Commission Con. No AT (11-1) 162, University of Michigan Apr. 1954.
- [12] Scriban R.: Le Petit Journal du Brasseur 61, 60 (1953).
- [13] Robinson R. F.: Some fundamentals of radiation sterilization, Food Technol. 8, 191 (1954).

Došlo do redakce 30. 1. 1962

#### ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАСТЕРИЗАЦИИ ПИВА ИОНИЗАЦИОННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Описываются результаты экспериментов, при которых десятиградусное пиво подвергалось обработке ионизационным излучением в реакторе и в приборе ГАММАЦЕЛЛ, где источником излучения является кобальт. Было установлено, что малые дозы облучения, не имеющие неблагоприятного влияния на органолептические свойства пива, не в состоянии обеспечить эффективную пастеризацию увеличивающую стойкость пива. Более высокие дозы обесценивают пиво ухудшая его аромат, вкус и цвет. Неблагоприятное влияние гамма-излучения можно до известной степени нейтрализовать добавкой в пиво некоторых восстановителей.

#### STUDIUM DER BIERPASTEURISATION DURCH IONISIERSTRAHLEN EXPERIMENTS WITH BEER PASTEURIZATION BY IONIZATION IRRADIATION

Es wurden Versuche angestellt mit der Pasteurisation heller 10° Biere mittels Ionisierungsstrahlen im Reaktor und Kobaltquelle Gamacell. Die Versuchsergebnisse zeigten, dass die niedrigeren Strahlungsdosen, die ohne Gefahr der organoleptischen Änderungen appliziert werden könnten, für Pasteurisierungszwecke ungenügend sind und die Haltbarkeit des Bieres nicht erhöhen. Höhere Strahlungsdosen haben die Entwertung des Bieres zur Folge, und zwar wie im Aussehen, so auch im Aroma und Geschmack. Der ungünstige Einfluss der Gammastrahlen kann durch Zugabe einiger reduzierender Stoffe zum Bier vermindert werden.

Experiments have been made with 10° pale beer to find out possibilities of pasteurization by irradiation. Samples of beer were treated in a reactor as well as in the GAMMA-CELL chamber using cobalt as a source of radiation. The results indicate that small doses causing no undesirable organoleptic changes could not secure efficient pasteurization and fail therefore to improve the storage properties of beer. Higher doses spoil aroma, taste and colour. The harmful effect of gamma-irradiation can be partly neutralized by introducing into beer some reducing substances