

Z výzkumu a praxe

MĚŘENÍ PASTERAČNÍCH JEDNOTEK PŘI PRŮTOKOVÉ PASTERACI PIVA

Ing. MILOŠ HRABÁK, JAN WÜNSCH, VÚPS Praha, a. s., PVS Braník

Klíčová slova: pivo, pasterace, trvanlivost, měření

1. ÚVOD

Doba skladovatelnosti piva je tvořena trvanlivostí biologickou, chemickou a senzoryckou (ta vystupuje do popředí až v posledních letech). Celková trvanlivost je dána nejkratší z nich. Pokud hotové pivo nebude nijak ošetřeno, je ve většině případů rozhodujícím parametrem trvanlivost biologická. Snaha o zvýšení biologické trvanlivosti má dlouhou historii a neustále se vyvíjí, takže i v současné době jsou získávány nové poznatky jak v teoretické, tak i praktické rovině.

Zvýšení biologické trvanlivosti hotového piva lze teoreticky zajistit několika způsoby [1,2]:

- pasterací
- membránovou filtrací
- plněním piva za horka
- chemickými činidly
- radioaktivním zářením

V pivovarském průmyslu bylo použití chemických konzervačních činidel zakázáno, radioaktivní záření se taktéž nepoužívá. Stejně tak i plnění piva za horka nemá v našich podmínkách praktické využití. V posledních letech se zvyšuje podíl membránové filtrace (studené pasterace), ale u velké většiny produkce je biologická trvanlivost zajišťována pasterací.

2. TEORETICKÁ ČÁST

Pasterací se rozumí tepelná degradace mikroorganismů. Vlastní pasterační účinek nemá stoprocentní sterilizační efekt, ale jeho cílem je snížit počet mikroorganismů pod určitou mez [2,3]. Vliv letálního účinku teploty na mikroorganismy je různý podle druhu a kmene kontaminujícího mikroorganismu. Dalšími významnými faktory jsou fyziologický stav mikroorganismu, složení roztoku, pH a další, a proto není možno obecně stanovit optimální pasterační účinek. Dynamikou úhynu mikroorganismů se zabývá mnoho studií, kdy nejznámější zahraniční práce byly publikovány Del Vecchiem, Youngem a dalšími [4,5,6,7]. Z českých autorů je to především Šavel, který se touto problematikou dlouhodobě zabývá [8,9]. Bylo zjištěno, že úhyn mikroorganismů při pasteraci se řídí kinetickou reakcí prvního řádu. Na základě dvou pasteračních zákonů (při konstantní teplotě počet mikroorganismů klesá exponenciálně s časem, doba pasterace klesá exponenciálně s teplotou) bylo možno vypočítat parametr D – čas potřebný pro snížení množství mikroorganismů na desetinu a z – zvýšení teploty pro desetinasobné zkrácení doby pasterace se

zachováním stejného pasteračního účinku. Tyto hodnoty jsou pro jednotlivé druhy mikroorganismů tabelovány. Pro snadnější hodnocení pasteračního účinku byla definována pasterační jednotka. Pasterační jednotka je účinek tepla na mikroorganismy, kterého se dosáhne při pasteraci 60 °C po dobu jedné minuty. Po dosažení vypočítaných parametrů D a z pro pivovarské kontaminanty byl vytvořen vzorec pro výpočet pasteračních jednotek. Podrobné odvození je publikováno Šavlem [3,10].

$$\Sigma PU = \int L_R \cdot dt$$

$L_R = 10^{0,144 \cdot (T-60)}$ udávaných někdy jako $L_R = 1,3932^{(T-60)}$

ΣPU – součet pasteračních jednotek
 L_R – letální rychlost pasterace
 T – pasterační teplota

Praktický výpočet pasterace se pak provádí integrací obdélníkovou metodou (případně některou jinou z integračních metod) v časovém intervalu od 10 s do 1 minuty podle typu pasterace. Hodnoty letálních rychlostí pro minutový časový interval jsou uvedeny v tab. 1. Praktický výpočet pasteračních jednotek je dostatečný, počítáme-li s teplotami nad 50 °C, neboť při této teplotě

je jedné pasterační jednotky dosaženo po téměř půl hodině.

3. ZPŮSOBY PASTERACE

Pasterace procházela určitým vývojem, což dokládá i následující rozdělení:

1. Nejprostší pasterace se koná v dřevěných vanách s jalovým dnem naplněných vodou, kde jsou umístěny ejektory připojené na páru a studenou vodu [11].
2. Modernějším způsobem je také ponorná pasterace, při které již lahvové pivo prochází postupně jednotlivými komorami naplněnými vodou o různé teplotě. Oproti předchozímu způsobu je zde vyšší výkon a nižší energetická náročnost.
3. V historickém vývoji je možno ještě zaznamenat pasteraci pomocí páry, kdy přepravky s láhvemi jsou uzavřeny v boxech s malým množstvím vody na dně, která je odpařována a na lahvích kondenzuje a vrací se zpět. Jinou konstrukční variantou je použití horkého plynu (např. vzduchu) jako tepelného média [12].
4. Dalším již prakticky rozšířeným a dodnes široce používaným způsobem je pasterace tunelová (sprchová).
5. Zatím nejmodernějším způsobem pasterace piva je průtoková (mžiková) pasterace.

Tab. 1 Hodnoty letálních rychlostí pro minutové intervaly

teplota	letální rychlost	teplota	letální rychlost	teplota	letální rychlost
°C	PU	°C	PU	°C	PU
50	0,036	60	1,00	70	27,6
50,5	0,043	60,5	1,18	70,5	32,5
51	0,051	61	1,39	71	38,4
51,5	0,060	61,5	1,65	71,5	45,3
52	0,070	62	1,94	72	53,5
52,5	0,083	62,5	2,29	72,5	63,1
53	0,098	63	2,70	73	74,5
53,5	0,116	63,5	3,19	73,5	87,9
54	0,137	64	3,77	74	103,8
54,5	0,161	64,5	4,45	74,5	122,5
55	0,191	65	5,25	75	144,5
55,5	0,225	65,5	6,20	75,5	170,6
56	0,265	66	7,31	76	201,5
56,5	0,314	66,5	8,63	76,5	237,8
57	0,370	67	10,19	77	280,7
57,5	0,437	67,5	12,03	77,5	331,3
58	0,515	68	14,19	78	390,1
58,5	0,608	68,5	16,75	78,5	461,6
59	0,718	69	19,77	79	544,8
59,5	0,847	69,5	23,34	79,5	643,1

Praktické pasterování piva v podmínkách českých pivovarů je realizováno na tunelových (sprchových) nebo průtokových pasterech. Jeden z moderních způsobů provádění průtokové pasterace a jejího vyhodnocování je popsán v Kvasném průmyslu [13]. U části produkce je biologická trvanlivost zajištěna ultrafiltrací někdy také nazývanou studená pasterace.

Negativním dopadem pasterace je znehodnocení senzoričké kvality piva. Míra znehodnocení je závislá na intenzitě a použitém typu pasterace. Intenzita pasterace se v našich podmínkách obvykle pohybuje od 20 do 30 PU. Pro míru senzoričké znehodnocení byla stanovena jednotka senzoričké poškození, které závisí na více faktorech, jako například provzdušnění piva, chemické složení a dalších, ale hlavním kritériem je teplota a doba prodlevy při pasterační teplotě. Výsledky zkoumání této problematiky ukazují, že tunelová pasterace má podstatně horší vliv na senzoričké vlastnosti hotového piva než pasterace průtoková [14]. Problematickou poškození finálního produktu se také zabývá řešeršní práce společnosti Alfa Laval [15], kde ve všech sledovaných parametrech byla průtoková pasterace vůči pivu šetrnější. Byl sledován vliv na senzoričskou stabilitu, pěnovost, vliv rozpuštěného kyslíku, koloidní stabilitu a další parametry.

Další důležitý poznatek, kterého bylo dosaženo v této oblasti, byl publikován na kongresu EBC v roce 1997 [16]. V tomto případě byl sledován vliv intenzity průtokové pasterace na senzoričskou stabilitu piva, například pomocí měření koncentrace nonadienalu. Celková intenzita pasterace se pohybovala od 15 do 500 pasteračních jednotek a teplota pasterace byla od 60 do 84 °C. Nejlepších výsledků z hlediska senzoričké stability bylo podle předpokladu dosaženo při minimu pasteračních jednotek, ale dále bylo zjištěno, že k nejmenšímu senzoričkému poškození dochází, probíhá-li pasterace při vysokých teplotách po velmi krátkou dobu.

Další výhodou průtokové pasterace je několikanásobně nižší energetické zatížení. U tunelové pasterace se potřeba tepla pohybuje v intervalu od 30 do 70 MJ/hl, kdežto u průtokové pasterace se spotřeba tepla pohybuje od 2 do 8 MJ/hl [17, 18]. Porovnání energetických náročností obou typů pasterace v podmínkách Českého pivovarského průmyslu je uvedeno v článku Racionální využití energie v českých a slovenských pivovarech, publikovaném v Brauwelt International [19], který tyto hodnoty potvrzuje.

Skutečné porovnání nákladů na pasteraci závisí na cenách energie v jednotlivých zemích. Například v USA byly tyto hodnoty [15]:

- tunelová pasterace 143 centů na hektolitr
- mikrofiltrace 83 centů na hektolitr
- průtoková pasterace 21 centů na hektolitr

Nevýhodou průtokové pasterace (rovněž tak mikrofiltrace) je nutnost zajištění dokonalé mikrobiologické čistoty piva za průto-

kovým pasterem, a stejně tak zajištění technické sterility lahví před monoblokem.

4. PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ PASTERACE A JEJÍ VYHODNOCENÍ

Stejně jako v případě rozdělení pasterací i zde je nutno rozdělit přístroje podle typu použití na přístroje měřící letální rychlost (pasterační jednotky) v tunelových pasterech a v průtokových pasterech. U měřících přístrojů pro tunelovou pasteraci se jedná o teploměr s možností záznamu dat a s vyhodnocovací jednotkou. Tento přístroj byl vyvinut na Vysokém učení technickém v Praze (ve spolupráci s naším pracovištěm) a je podrobně popsán Jírou [20]. V současné době je již na trhu celá řada pasteračních monitorů od domácích i zahraničních výrobců.

U průtokové pasterace jsou požadavky na tento typ přístroje mírně odlišné. Podmínkou je dostatečně rychlá a přesná teplotní sonda (resp. dvě sondy na počátku a na konci výdržnickové zóny), sonda pro přesné měření průtoku piva pasterem a stejně jako v předchozím případě možnost záznamu dat pro zpětné vyhodnocení průběhu pasterace.

Naše pracoviště bylo vybaveno přístroji pro měření energií v rámci spolupráce s evropským projektem PHARE [21]. Jednou z možností použití je i kontrola a optimalizace průtokových pasterů [22].

K měření průtokové pasterace je používán přístroj Commeter s dvoukanálovým vstupem s časovým intervalem zápisu dat od 10 s do 1 h a teplotním rozmezím sond od – 50 °C do 250 °C. Nejčastější interval měření byl 1 minuta. Měřící sondy přístroje jsou ve většině případů nainstalovány na počátku a konci výdržnickové zóny pasteru (závisí na konstrukci pasteru), a podle doby měření je stanoven časový limit zapisovače. K tomu je dále sledován průtok. Doba sledování pasterace se obvykle pohybuje v intervalu 60–120 minut. Delší sledování je praktikováno v případě monitoringu více režimů (maximální, obvyklý a minimální průtok). Data získaná přístrojem jsou pak konvertována do některého z tabulkových a grafických programů (např. Excel) a spolu se střední dobou zdržení piva ve výdržnickové zóně je počítána intenzita pasterace pro stanovený časový interval. Střední doba zdržení piva ve výdržnickové zóně se počítá z hodnot průtoku a objemu výdržnickové zóny deklarované v technické dokumentaci, případně se objem výdržnickové zóny

zjišťuje, tam, kde to je možné, vlastním měřením. V případě, že není k dispozici průtokoměr, je průtok odvozen od objemu stáčeného piva, a to buď z výkonu stáčecích linek, nebo podle úbytku piva z cejchovaných přetlačných tanků. Takováto měření intenzity pasterace jsou brána pouze jako orientační. Tento problém by měl být v budoucnu odstraněn nákupem přístroje pro měření průtoku kapalin na principu průchodu ultrazvukových vln, který umožňuje měření bez přerušení potrubí.

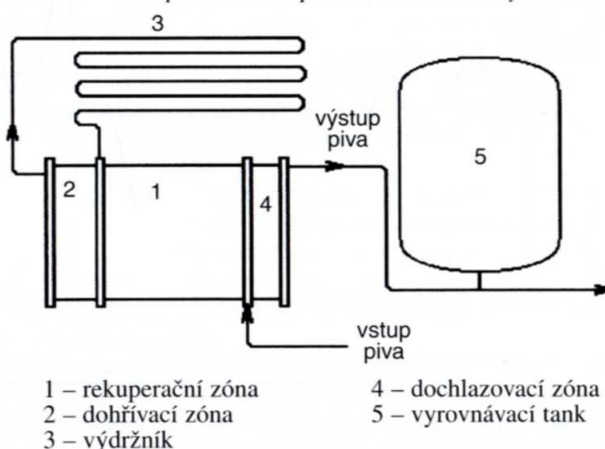
5. TYPY PRŮTOKOVÝCH PASTERŮ

Technické zajištění průtokové pasterace je u všech pasterů v podstatě stejné. Pivo je přiváděno do rekuperační zóny, kde je předehříváno vystupujícím pivem. Na požadovanou pasterační teplotu je pivo dohříváno v další zóně. Pasteračního účinku se dosahuje ve výdržnici. Chlazení piva probíhá vstupujícím pivem (rekuperační zóna), a pivo je na požadovanou teplotu dochlazováno v poslední zóně. Velikost výdržníku (resp. jeho objem) musí odpovídat výkonu pasteru tak, aby při maximálním výkonu pasteru bylo dosaženo dostatečné intenzity pasterace. Při tom by měla platit zásada, že výkon pasteru by měl být sladěn s výkonem stáčecí linky.

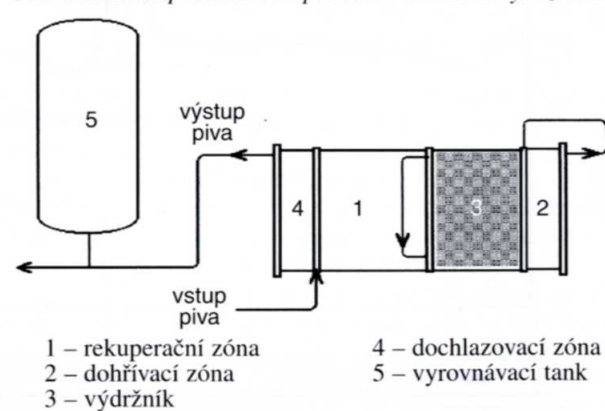
Z hlediska konstrukčního uspořádání je možné dělení na:

- **pastery s externí výdržnickovou zónou** – u těchto typů pasterů je výdržnicková zóna umístěna vně tělesa pasteru, jedná se

Obr. 1 Schéma průtokového pasteru s externím výdržníkem



Obr. 2 Schéma průtokového pasteru s interním výdržníkem



vlastně o trubku s přesně definovaným vnitřním objemem, kterou protéká v tělese pasteru tepelně upravené pivo. Tento typ pasteru je znázorněn na *obr. 1*;

– **pastery s interní výdržníkovou zónou** – druhou, modernější variantou průtokových pasterů je umísťování výdržníkové zóny do tělesa pasteru, viz *obr. 2*.

Pastery lze dále rozdělit podle úrovně jejich regulačních prvků na:

– **pastery s jednoduchou regulací:** regulační systém pasteru udržuje předem zvolenou teplotu piva ve výdržníku. Ta by měla při optimálním průtoku piva pasterem zabezpečit dostatečnou intenzitu pasterace po celou dobu provozu pasteru, a to v lepším případě i při změnách průtoku piva pasterem. Tyto pastery nemají často zařazen ani vyrovnávací tank – při zastavení linky musí být pivo přepojeno na okruh. Rovněž velmi často chybí i možnost zpětné kontroly průběhu pasterace (záznam). Průběh pasterace na tomto typu pasteru ukazuje *obr. 3*;

– **pastery s moderní (zpětnou) regulací:** regulační systém těchto pasterů většinou umožňuje přímé nastavení intenzity pasterace vyjádřené pasteračními jednotkami (PU). Rovněž u nich bývá zabudována možnost záznamu průběhu pasterace různými zapisovači, nebo počítačem. Pastery tohoto typu jsou schopny dodržovat zvolenou intenzitu pasterace i při změnách

Tab. 2 Přehled hlavních parametrů průtokové pasterace

pivovar	doba pasterace (s)	teplota piva ve výdržníku (°C)			intenzita pasterace (PU)		
		min.	max.	průměr	min.	max.	průměr
A (s)	34,2	75,0	77,9	76,2	82,25	215,08	122,43
B (s)	51,6	70,3	70,9	70,6	26,13	31,88	28,94
C (I)	34,2–37,2	70,9	71,9	71,4	22,58	29,97	26,04
C (s)	33,0	72,1	72,7	72,5	29,85	37,03	34,92
D (s)	47,4	69,9	71,9	71,2	21,08	45,16	31,33
E (s)	45,6	69,5	71,0	70,3	17,71	29,13	23,09
F (s)	47,4	72,6	73,7	73,3	51,78	74,56	65,30
G (s)	47,4	71,0	71,9	71,5	30,47	41,06	35,96
H (s)	57,6	69,7	71,3	70,4	24,31	38,03	30,09
I (s)	45,6	67,5	72,5	70,8	7,57	47,10	26,40
J (s)	46,2	71,4	75,4	72,6	33,69	126,86	49,88
K (I)	70,8	68,0	70,8	69,3	16,73	32,0	26,13
L (I)	41,4–64,2	71,8	72,8	72,5	43,30	66,25	49,26
M (I)	30,0	77,1	77,9	77,6	176,56	188,67	179,98

údaje v závorkách: (I) – stáčírny láhvi
(s) – stáčírny sudů

průtoku piva pasterem, které jsou vynuceny výkyvy v chodu stáčecích linek. Průběh pasterace ukazuje *obr. 4*.

6. PRAKTICKÉ UKÁZKY MĚŘENÍ PRŮTOKOVÉ PASTERACE

Měření průběhu průtokové pasterace v praxi je prováděno od roku 1996 a do současné doby bylo provedeno prověření cca 15 pivovarech. Výkon ověřovaných pasterů se pohyboval od 30 – 180 hl/hod.

Získané výsledky měření v těchto pivovarech s kompletním vyhodnocením hlavních parametrů průtokové pasterace lze shrnout do *tab. 2*.

Z *tab. 2* je zřejmé, že intenzita pasterace prokázaná kontrolním měřením byla v celé řadě případů za hranici únosných hodnot a to jak z hlediska možného nedopasterování piva, tak i z hlediska vysokého a zbytečného přepasterování piva. Kritické hodnoty, vyžadující okamžité změny nastavení režimu průtokové pasterace, případně kontrolu a opravu regulačního systému, jsou v tabulce vyznačeny **tučně**.

V těchto pivovarech jsme se seznámili s průtokovými pastermi čtyř výrobců:

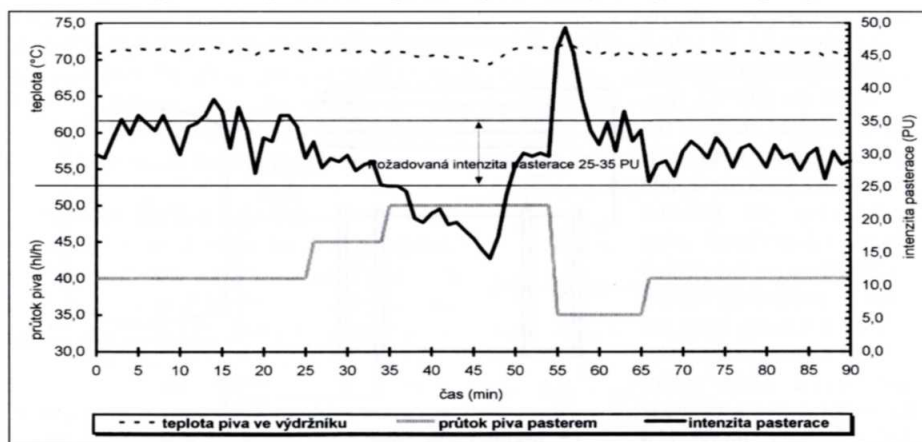
1. Fischer (SNR)
2. Gerosa (Itálie)
3. Commero (Itálie)
4. Tenez Chotěboř (ČR)

Naše měření bylo téměř vždy zaměřeno na ověřování nastavených parametrů průtokové pasterace. U pasterů s jednoduchou pasterací byla následně stanovena intenzita pasterace výpočtem. U dokonalejších pasterů pak bylo navíc provedeno srovnání zjištěných a vypočtených hodnot s jejich záznamovým zařízením.

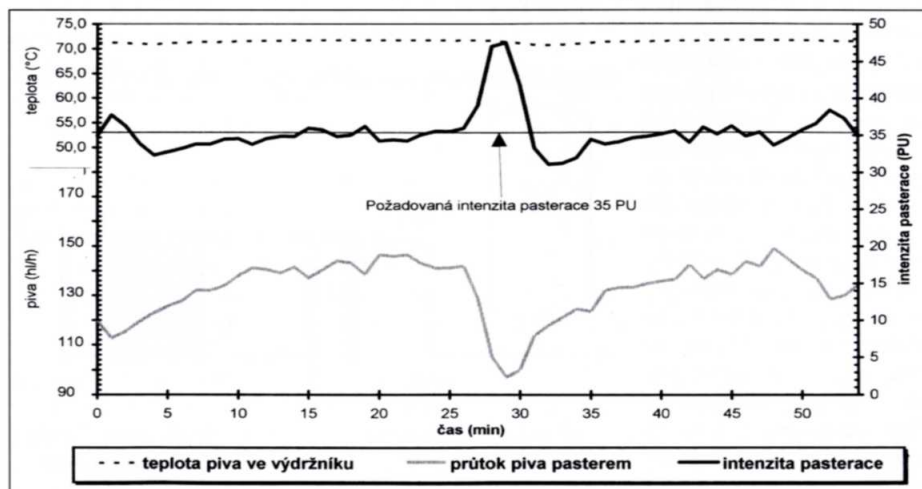
Pro každý ověřovaný paster bylo provedeno i grafické vyjádření závislosti intenzity pasterace na teplotě při stejném průtoku piva (*obr. 5*), a naopak závislost intenzity pasterace na průtoku při stejné teplotě (*obr. 6*). Tento výpočet je účelný zejména u pasterů s jednoduchou regulací, kde není možno přímo nastavovat intenzitu pasterace pomocí řídicí jednotky pasteru. Zároveň *tab. 3* ukazuje přepasterování nebo nedopasterování piva v závislosti na teplotě [15]. Z předvedených grafických a tabulkových závislostí je zřejmá potřeba důsledného a přesného regulování teploty, kdy při teplotách nad 70 °C již záleží na desetínách stupňů.

Naše poznatky a zkušenosti s měřením v pivovarech lze dokumentovat na následujících příkladech.

Obr. 3 Průběh průtokové pasterace – paster s jednoduchými regulačními prvky



Obr. 4 Průběh průtokové pasterace – paster s moderními regulačními prvky



Hvězdy gastronomie

Brno / Výstaviště
2. - 6. 3. 1999

Pavilony jsou otevřeny od 9 - 18 hodin (poslední den veletrhů do 16 hodin).
2. - 5. 3. pouze pro odborníky • 5. 3. pro odborné školy • 6. 3. pro veřejnost

PIVEX



8. MEZINÁRODNÍ VELETRH
PIVOVARNICTVÍ
A SLADOVNICTVÍ

Souběžné veletrhy:



Brněnské veletrhy
a výstavy a.s.

Výstaviště 1, 647 00 Brno, Tel.: 05/4115 1111, Fax: 05/4115 3067, 66
e-mail: pivex@bv.cz, <http://www.bv.cz>

Tab. 3 Hodnoty intenzity pasterace při časovém zdržení 0,5 minuty

Teplota pasterace [°C]	Intenzita pasterace	
	[PU]	[%]
60	0,5	2
70	13	48
71	19	70
72	27	100
73	37	137
74	52	193
75	72	266
80	378	1 400

Poznámka: Jako základ pro výpočet procentické účinnosti pasterace byla zvolena pasterace 27 PU.

6.1. Průtokové pastery s jednoduchými regulačními prvky

Technické parametry pasteru:

- Štítkový (maximální) výkon pasteru 60 hl/h
- Ustálený výkon stáček linky 40 hl/h
- Nastavená teplota piva ve výdržníku 71,0 – 72,0 °C
- Požadovaná intenzita pasterace 25 – 35 PU
- Nastavená minimální teplota piva ve výdržníku 70,5 °C
- Měření průtoku bylo prováděno vestavným průtokoměrem
- Doba měření byla 90 minut
- Interval záznamu teploty ve výdržníku 1 min

Účelem měření bylo ověření schopnosti regulačního systému pasteru dodržet nastavenou hodnotu teploty piva ve výdržníku pro požadovanou intenzitu pasterace při ustáleném průtoku 40 hl/h (prvních 20 minut). Druhým krokem bylo ověření reakce pasteru na změnu průtoku.

Vyhodnocení záznamu měření je graficky vyjádřeno na obr. 3.

Zjištěné skutečnosti:

- při náhlých změnách průtoku není regulační systém pasteru schopen udržet požadovanou intenzitu pasterace. Při změně průtoku ze 40 na 50 hl/h během 10 minut dochází k nežádoucímu snížení intenzity pasterace až pod 20 PU na dobu téměř 10 min (při průtoku 50 hl/h tato doba představuje cca 8 hl piva), což v daných podmínkách ověřovaného pasteru může výrazně ovlivnit biologickou trvanlivost piva.
- Při zpětném velmi rychlém snížení průtoku (z 50 na 35 hl) dochází k přepasterování piva – tepelná kapacita pasteru způsobí prudký vzestup teploty piva ve výdržníku.
- Při poklesu teploty piva ve výdržníku pod 70,5 °C nedošlo k vypnutí pasteru

Doporučení:

- dodržovat pokud možno optimální průtok piva pasterem (tj. 40 hl/h), nezbytné změny průtoku provádět plynule a pomalu,
- lepší seřízení regulačního systému,

– doplnit zařízení o možnost spolehlivého záznamu teploty piva ve výdržníku alespoň po dobu jedné pracovní směny, případně občasně ověření funkce pasterace.

6.2. Průtokové pastery s moderními regulačními prvky

Technické parametry pasteru:

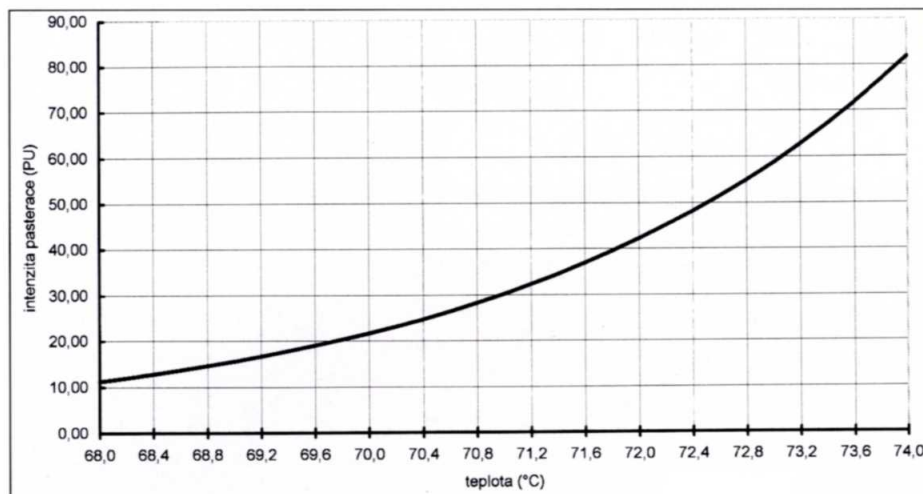
- Štítkový (maximální) výkon 180 hl/h
 - Výkon stáček linky 170 hl/h
 - Nastavená intenzita pasterace 35 PU
 - Měření průtoku vestavným průtokoměrem
 - Doba měření v tomto případě činila 55 min
 - Interval záznamu teploty ve výdržníku 1 min
- Zde bylo účelem měření ověření funkce regulačního systému pasteru a jeho schopnosti udržet nastavenou intenzitu pasterace při změnách průtoku. Současně byly námi naměřené a vypočtené údaje kontrolovány s údaji uváděnými vyhodnocovací jednotkou pasteru.

Vyhodnocení zaznamenaných teplot je zpracováno a znázorněno na obr. 4.

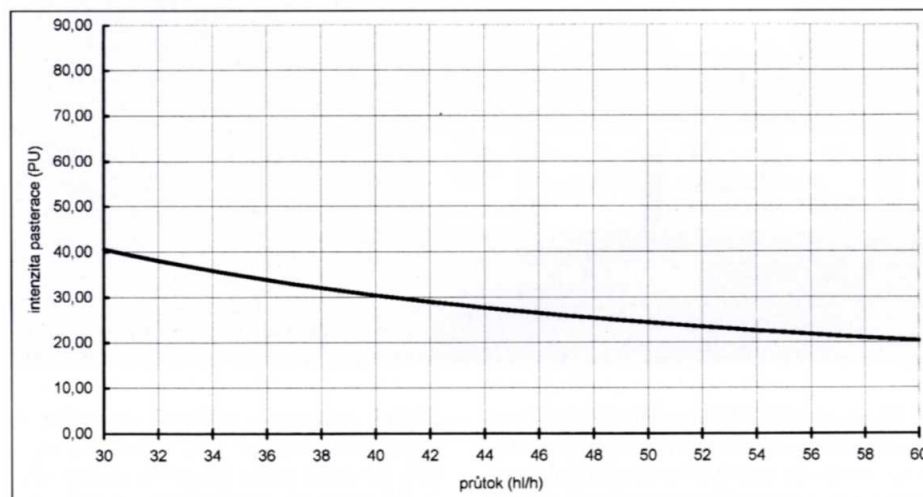
Zjištěné skutečnosti:

- při ustáleném průtoku cca 140 hl/h regulační systém pasteru spolehlivě udržuje nastavenou intenzitu pasterace,
- při poklesu průtoku na 100 hl/h (cca v 25 min měření) se teplota piva ve výdržníku snižuje s určitým zpožděním (opět tepelná kapacita pasteru) a dochází ke krátkodobé přepasteraci piva

Obr. 5 Závislost intenzity pasterace na teplotě při stálém průtoku 40 hl/h



Obr. 6 Závislost intenzity pasterace na průtoku při stálé teplotě 71,0 °C



– naměřené a vypočtené kontrolní údaje jsou v podstatě shodné s údaji udávanými výstupními hodnotami pasteru.

Doporučení:

- na rozdíl od předchozího, v tomto případě je možno pasteraci provádět při různých průtocích, pokud se tento parametr bude měnit plynule, avšak v případě náhlé skokové změny dochází stejně jako v předchozím případě k chvilkovému přepasterování (nebo podpasterování piva), které není již tak zřejmé jako u pasterů s jednoduchými regulačními prvky;
- přesnost a spolehlivost tohoto pasteru je výrazně vyšší než v předchozím případě.

7. PRAKTICKÁ DOPORUČENÍ

Naše měření jednoznačně prokázalo účelnost zařazení dostatečně velkého vyrovnávacího tanku mezi průtokový paster a stáčecí linku. Tento tank musí být samozřejmě velmi dobře sanitovatelný. Vyrovnávací tank spolehlivě eliminuje krátkodobé výpadky provozu stáčecích linek a nedochází tak k nežádoucímu přepasterování piva při provozu pasterů v okružovém režimu při krátkém zastavení nebo zpomalení stáčecích linek. Množství přepasterovaného piva odpovídá

jeho objemu ve výdržníku a ostatních zónách pasteru, což může být 60–140 l podle výkonových parametrů jednotlivých pasterů. Velikost vyrovnávacích tanků musí přesně odpovídat výkonu linky (cca 1/2 výkonu v hl/h). Příliš malé tanky nejsou schopny vyrovnat výkony linky a pastery pak často přepínají na okruh, v příliš velkých tancích dochází k nežádoucímu provzdušnění piva (zejména při použití protitlaku vzduchu).

Konkrétním praktickým přínosem byl případ, kdy regulační systém pasteru (s jednoduchou regulací), vzhledem k závadě v měřicím systému, nebyl schopen zabezpečit požadovanou intenzitu pasterace. Po následném správném nastavení úrovně pasterace došlo v tomto pivovaru k okamžitému zlepšení biologické trvanlivosti piva.

Při našich praktických měřeních jsme se setkali i s teplovzdušným typem „skříňového“ pasteru nápojů. Výsledky měření v tomto případě zcela jednoznačně prokázaly, že příliš dlouhá doba ohřevu a následně výrazně delší doba zchlazování (pouze vlivem okolní teploty prostředí) pasterovaných nápojů je zcela nevhodná pro pasteraci piva. Využití takového typu pasteru je možné pouze při pasteraci ovocných šťáv, kompotů, apod.

8. ZÁVĚR

Měření intenzity pasterace nejen u průtokových pasterů je důležitým technologickým parametrem. V případě přepasterování ovlivňuje senzorké vlastnosti hotového piva, v opačném případě (podpasterování) trvanlivost.

Z výsledků našich měření vyplývá, že i starší typy průtokových pasterů lze spolehlivě nastavit na požadovaný pasterační účinek. Zároveň bylo prokázáno, že i u moderních typů průtokových pasterů je nutné občasné ověření, případně seřízení jejich funkce. Z výše uvedených tabulek a grafů vyplývá, že hlavním řídícím parametrem průtokové pasterace je teplota. Ale i změna průtoku, která má sice výrazně menší vliv na intenzitu pasterace než změna teploty, ovlivňuje podstatně celkovou intenzitu pasterace. Negativním jevem u průtokové pasterace je, že u pasterů s jednoduchými i moderními regulačními prvky jakákoliv výrazná skoková změna průtoku způsobuje vybočení intenzity pasterace z nastaveného průměru a pivo je po určitou dobu přepasterováno nebo podpasterováno.

LITERATURA

- [1] BASAŘOVÁ, G. et al.: Pivovarsko-sladařská analytika, díl 3, Merkanta, Praha, 1993.
- [2] HLAVÁČEK, I., LHOTSKÝ, A.: Pivovarství, SNTL, Praha, 1972.
- [3] ŠAVEL, J.: Kvasny Prum. **17**, 1971, s. 174.
- [4] DEL VECCHIO, H.W., DAYHARS, C. A., BASELT, F.C.: Proc. Am. Soc. Brew. Chem., 1951, s. 45.
- [5] YOUNG, R.A.: Brauwelt, **100**, 1960, s. 2036.
- [6] TSANG, E.W.T., INGLEDEW, W.M.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **40**, 1982, s. 1.
- [7] CLAVEAU, J., SCRIBAN, R., STROBBEL, B., CARPENTIER, Y.: J. Inst. Brew. **104**, 1968, s. 47.
- [8] ŠAVEL, J.: Kandidátská disertační práce, VŠCHT, Praha, 1982.
- [9] ŠAVEL, J.: Kvasny Prum. **30**, 1984, s. 78.
- [10] ŠAVEL, J.: Kvasny Prum. **24**, 1978, s. 99.
- [11] MIŠKOVSKÝ, O.: Pivo v láhvi, Novina, Brno, 1944.
- [12] WEIFURTER, F.: Die Bierbrauerei, Stuttgart, 1963.
- [13] ZAHRADNÍČEK, J., GOLDMANN, R., TILLMANN, P.: Kvasny Prum. **43**, 1997, s. 139.
- [14] ŠAVEL, J.: Kvasny Prum. **43**, 1997, s. 4.
- [15] DYAMMOND, G.: Alfa Laval Brewery System, rešeršní práce, Brusel, 1997.
- [16] WACKERBAUER, K., ZUFFAL, C.: Proc. Eur. Brew. Conv., 1997, s. 639.
- [17] FEHRMANN, K., SONNTAG, M.: Mechanische Technologie der Brauerei, Berlin, 1962.
- [18] Energie Beratungs Handbuch, Technischen Überwachungs Verein Rheinland.
- [19] SCHU, G.F.: Brauwelt Int. **16**, 1998, s. 330.
- [20] JÍRA, J.: Kvasny Prum. **41**, 1995, s. 138.
- [21] CUŘÍN, J., HRABÁK, M.: Kvasny Prum. **42**, 1996, s. 399.
- [22] HRABÁK, M.: Kvasny Prum. **44**, 1998, s. 94.

Lektoroval doc. ing. Jan Šavel, CSc.
Do redakce došlo 13. 10. 1998