

Jak to bylo s pasterační jednotkou

683.14.046.6 66.046.6

ing. JAN ŠAVEL, Jihočeské pivovary, k. p., České Budějovice

Od padesátých let se v pivovarství používá pasterační jednotka [PU]. V literatuře se popisují výpočetní postupy pro stanovení celkového pasteračního účinku a uvádějí stupnice letálních podílů v PU.min⁻¹. Pro porozumění významu a smyslu PU pro posouzení pasteračního účinku je nutné uvést několik poznámek.

Pasterační jednotku navrhl již v r. 1936 Benjamin v nepublikované zprávě Americké centrální laboratoře konzerváren. Definoval ji jako pasterační účinek zahřívání piva při 140 °F (60 °C) po 1 min.

V konzervářství se sterilizační účinek často hodnotí ve specifických sterilizačních jednotkách. K výpočtu se používá tzv. letálního podílu, definovaného vztahem:

$$L = 10^{\frac{t-t_r}{z}}$$

kde t je teplota, t_r — referenční teplota, z — konstanta, charakterizující tepelnou odolnost mikroorganismu.

Z tohoto vztahu je možné vypočítat hodnoty stupnice pasteračních jednotek v pivovarství. Podle Benjamin byla referenční teplota $t_r = 140^\circ\text{F} = 60^\circ\text{C}$ a zbývalo tedy stanovit konstantu z .

V konzervářství se předpokládá, že hynutí mikroorganismů při konstantní teplotě se řídí kinetikou prvního řádu. Rychlostní konstanta k této reakce se vyjadřuje ve tvaru $k = a \exp(bt)$, kde a , b jsou konstanty specifické pro každý mikroorganismus.

Experimentálně se zpravidla stanovují doby a teploty, při kterých se v mikrobiální populaci inaktivuje určitý podíl živých mikroorganismů. Protože závislost rychlostní konstanty na teplotě je exponenciální, získá se pro závislost letální doby na teplotě v semilogaritmických souřadnicích přímka a z její směrnice se stanoví konstanta z . Konstanta b exponenciální závislosti rychlostní konstanty na teplotě souvisí s konstantou z podle vztahu $z = \ln 10/b$.

Del Vecchio et al. [1] stanovili v r. 1951 konstantu $z = 12,5^\circ\text{F}$ pro hynutí mikroorganismů v pivu. Z této hodnoty také vycházeli různí autoři při sestavování tabulek letálních podílů pro teploty, udávané ve °C. Zakrouhlováním při převodu °F na °C se tabulky letálních podílů vzájemně poněkud liší. Konstanta z ve °F se převádí na °C násobením 5/9.

Pro výpočet letálních podílů doporučuji v české literatuře Šrogl a Kopecký [2] vztah $L = 1,395^{(t-60)}$, Šavel [3] vztah $1,3932^{(t-60)}$. Tyto vztahy platí jen přibližně, přesné hodnoty se získají výpočtem podle

$$L = 10^{\frac{t-60}{z}} = 10^{\frac{9(t-60)}{5 \cdot 12,5}} = 10^{0,144(t-60)}$$

Vypočtené hodnoty se v podstatě shodují s hodnotami v práci [3], drobné odchylky se vyskytují až při teplotách okolo 70 °C.

Letální podíl je bezrozměrná veličina, v české literatuře se však termín „lethal rate“ někdy překládá jako letální rychlost a udává v jednotkách PU.min⁻¹. Pasterační jednotka má totiž rozměr času [min], jak vyplývá z původní Benjaminovy definice.

V experimentální části práce [1] autoři očkovali hustou suspenzi mikroorganismů do piva vyhřátého na konstantní teplotu a vzorky odebírané v časových intervalech očkovali na sladidový agar. Po aerobní kultivaci

Tabulka 1. Programy pro výpočet hodnot letálních podílů

Kalkulačka	Č. kroku	Program
HP 97	001 006 014	LBL A STO 3 LBL B RCL 3 DSP 1 PSE 60 — RCL 1 : 10 ^x DSP 3 PSE RCL 2 STO +3 GTO B RTN
TI 58	000 010 020 028	Lbl A STO 3 Lbl B RCL 3 Fix 1 Pau Pau - 60 = : RCL 1 = INV log x Fix 3 Pau Pau RCL 2 SUM 3 GTO B INV SBR

Tabulka 2. Vliv parametru z na hodnoty letálního podílu

Teplota [°C]	Letální podíl pro z [°C]				
	5	6	6,94	8	10
45	0,001	0,003	0,007	0,013	0,032
50	0,010	0,022	0,036	0,056	0,100
55	0,100	0,147	0,191	0,237	0,316
60	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
65	10,000	6,813	5,248	4,217	3,162
70	100,000	46,416	27,542	17,783	10,000

$$6,94 = 12,5 \cdot 5/9 = 1/0,144$$

kvalitativně vyhodnocovali růst přežívajících mikroorganismů.

Použitou kultivační technikou se přednostně stanovily kvasinky, protože většina mléčných bakterií na sladidovém agaru neroste. Dá se předpokládat, že hodnota parametru z , stanovená jediným pokusem, nemá všeobecnou platnost. Podobně je tomu u celkové dávky pasterace, potřebné k inaktivaci mikroorganismů piva, kterou autoři stanovili na 5,6 PU.

Termorezistenci pivovarských mikroorganismů stanovovali později i jiní autoři. Jen několik z nich však určilo hodnotu z , žádný z autorů nestanovil přímo teplotní závislost rychlostní konstanty, která by úplně popisovala úhyn mikroorganismů v pivu. Údaje o tepelné odolnosti pivovarských mikroorganismů se značně liší, což je vysvětlitelné rozdíly v experimentální technice a v druhu použitých mikroorganismů. Většinou se hodnoty z pohybují v rozmezí 5 až 11 °C.

Je zřejmé, že s různými hodnotami parametru z se získají různé stupnice letálních podílů. Jejich výpočet je snadný na jednoduchých programovatelných kalkulačkách. Jako příklad uvádíme výpočet hodnot letálních podílů na kalkulačkách HP 97 a TI 58 (tab. 1).

Do paměti 1 (HP 97), popř. 01 (TI 58) se vloží parametr z ve °C, do paměti 2, popř. 02 teplotní interval, po jakém se mají vykazovat hodnoty letálních podílů (v tab. 2 např. 5 °C). Z klávesnice se vloží počáteční teplota a klávesou A se odstartuje program. Na displeji se vždy objeví teplota a po ní hodnota L , pak další teplota, příslušný letální podíl atd. Běh programu se podle

potřeby zastaví klávesou R/S. Přidáním pokynů pro tisk se vytiskne tabulka letálních podílů.

Hodnota z značně ovlivní hodnoty letálních podílů, jak je patrné z tab. 2. Del Vecchiou měření odpovídá $z = 6,94^\circ\text{C}$.

V současnosti se exponenciální závislost rychlostní konstanty úhynu mikroorganismů na teplotě ve $^\circ\text{C}$ nebo $^\circ\text{F}$ nahrazuje všeobecně známou Arrheniovou rovnicí, v níž se teplota vyskytuje jako převrácená hodnota absolutní teploty (K).

Zpracováním experimentálních hodnot z práce [1] se pro aktivační energii reakce získá hodnota asi $300 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Letální podíl se z hodnot aktivační energie vypočte podle [4]: $L = \exp(1/T_r - 1/T) E/R$, kde T je teplota (K), T_r — referenční teplota (K), E — aktivační energie, R — plynová konstanta. Hodnotám $z = 5$ až 10°C odpovídají střední aktivační energie v intervalu 45 až 65°C 410 až $200 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Závěrem je nutné shrnout, že stupnice letálních podílů je jen velmi přibližnou pomůckou při hodnocení pasteračního účinku. Pro správný výpočet dosud chybí experimentálně stanovené hodnoty rychlostních konstant, které by umožnily počítat potřebnou pasterační dávku v závislosti na druhu a počtu přítomných mikroorganismů.

Literatura

- [1] DEL VECCHIO, H. W. - DAYHARSH, C. A. - BASELT, F. C.: Proc. ASBC 1951, s. 45.
- [2] ŠROGL, J. - KOPECKÝ, L.: Kvas. prům. 17, 1971, s. 39
- [3] ŠAVEL, J.: Kvas. prům. 17, 1971, s. 184
- [4] ŠAVEL, J.: Kvas. prům. 17, 1978, s. 99

Šavel, J.: Jak to bylo s pasterační jednotkou. Kvas. prům. 27, 1981, č. 9, s. 199—200.

Článek popisuje historii pasterační jednotky a její význam pro pasterační piva. Uvádějí se programy pro kalkulačky HP 97 a TI 58 pro přesný výpočet hodnot letálních podílů při pasterační piva.

Шавел, Я.: Как обстояло дело с единицей пастеризации. Квас. прум., 27, 1981, № 9, стр. 199—200.

Статья описывает историю единицы пастеризации и ее значение для пастеризации пива. Приводятся программы для ручных вычислителей HP 97 и TI 58 для точного расчета величин летальных долей при пастеризации пива.

Šavel, J.: How it was with pasteurisation unit. Kvas. prům. 27, 1981, č. 9, s. 199—200.

The article describes history of the pasteurization unit and importance of this unit. Programmes for the calculators HP 97 and TI 58 specified for precise calculation of lethal portion values by beer pasteurization are given.

Šavel, J.: Wie war es mit der Pasteurisationseinheit. Kvas. prům. 27, 1981, No. 9, S. 199—200.

In dem Artikel wird die Historie der Pasteurisationseinheit und ihre Bedeutung für die Pasteurisierung des Bieres beschrieben. Es werden die Programme für die Kalkulationsmaschinen HP 97 und TI 58 für die genaue Errechnung der lethalen Anteile bei der Bierpasteurisierung erörtert.