

Ing. JAN ŠAVEL, CSc., Ing. MARIE PROKOPOVÁ, Pivovary České Budějovice, s. p.

Klíčová slova: *filtrace, filtrační desky, průtočnost, filtrační rovnice*

1. ÚVOD

Měření průtočnosti, nebo prostupnosti filtračních vložek patří k důležitým rozborům v pivovarské laboratoři, neboť na kvalitě deskové filtrace závisí trvanlivost nepasterovaného piva. Kromě účinnosti filtračních vložek je důležitá i jejich kapacita, udávající množství piva, které je možno zfiltrovat jedinou náplní filtru. Ceny vložek neustále stoupají a tvoří podstatnou část nákladů na filtraci.

Teoretické základy měření filtrační rychlosti, filtračního odporu, průtočnosti a prostupnosti filtračních materiálů jsme uveřejnili v předchozím sdělení, na které odkazujeme pro podrobnější výklad vzorců, používaných pro výpočty v tomto článku [1].

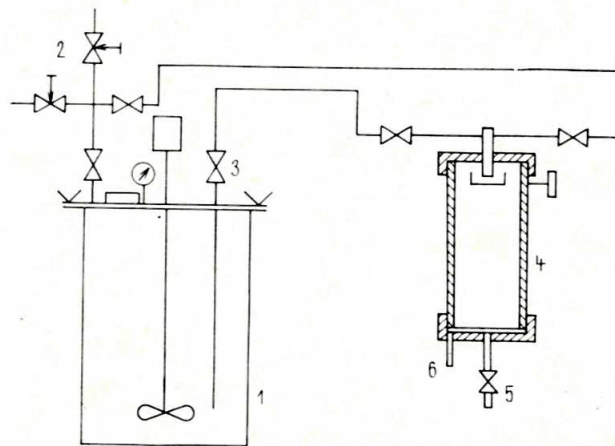
Na domácím trhu dosud chyběl přístroj pro měření důležitých parametrů filtračních vložek. V současné době nabízí Vývojové a prototypové středisko, Pivovary Č. Budějovice s. p. filtrační přístroj pro měření průtočnosti sypkých filtračních materiálů, např. křemelin, a filtračních vložek [2].

2. MATERIÁL A METODY

2.1 Malý laboratorní filtr

Schematický výkres malého laboratorního filtru uvádí *obr. 1*. Nerezovou zásobní nádobu na 2,5 l kapaliny spojuje polyethylenová hadice s 50ml filtrační nádobkou s manometrem. Konstantní tlak zaručuje citlivý redukční ventil na vstupu zásobní nádoby, nebo připojení tlakové láhve.

Při zkoušení filtračních vložek se kruhové vzorky průměru 50 mm vysekávají razídkem a kladou na podložku z nerezového síta. Filtrát, unikající



Obr. 1. Malý laboratorní filtr. 1 — zásobní nádoba, 2 — přívod vzduchu, 3 — výstupní ventil, 4 — filtrační nádoba s manometrem, 5 — výstup tekutiny, 6 — sběrná trubička.

obvodovou hranou kruhového vzorku vložky se odvádí sběrnou trubičkou a odděleně jímá.

Při mikrobiologické tlakové filtraci se do filtru vkládají membránové filtry průměru 50 mm. Filtr může také sloužit k preparativní filtraci a získání čirých substrátů, např. živných půd.

Použití stejného přístroje pro měření průtočnosti křemelin jsme popsali v předešlém sdělení.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Odtok filtrátu hranou filtrační vložky

Destilovaná voda 22 °C teplá se filtrovala přes vzorky různých filtračních vložek a měřila se voda, odtékající hranou vložky jako podíl kapaliny z celkového množství filtrátu (tab. 1).

Tab. 1. Odtok filtrátu hranou filtrační vložky

Druh vložky	Vlož. č.	Odtok filtrátu hranou vložky (ml.l ⁻¹)		
		1	2	3
AF ST 110	1	90	115	110
	2	190	220	190
	3	230	225	225
	4	210	215	210
Filtrox X 7	1	63	100	100
Filtrasil KK 10	1	18	12	20
Broumov C 10	1	35	35	35

Při průchodu kapaliny filtrační vložkou uniká část filtrátu obvodovou hranou vložky. U dosud používaných přístrojů se tato část filtrátu spojovala s jeho hlavním tokem, čímž se zkreslovaly výsledky měření.

V laboratorním tlakovém filtru odtéká kapalina z obvodové hrany vložky sběrnou trubičkou a odděleně se jímá. Také při měření mikrobiologické účinnosti vložek se tento podíl filtrátu odděluje. Množství unikající kapaliny je úměrné poměru ploch obvodové hrany vložky a filtrační plochy.

Poměr průtočných ploch obvodové hrany vložky a její filtrační plochy se vypočte podle vztahu:

$$p = o \cdot l / s \quad (1)$$

kde p je poměr průtočných ploch, o je obvod vzorku vložky, l je tloušťka a s je její plocha. U vložky kruhového, nebo čtvercového tvaru se poměr vyjádřený v % filtrační plochy vypočte podle vztahů:

$$p = 4 \cdot l / d \cdot 100 \quad (2)$$

$$p = 4 \cdot l / a \cdot 100 \quad (3)$$

kde d je průměr kruhového vzorku vložky, a je hrana čtvercové vložky.

V provozní filtraci je např. u čtvercové vložky rozměrů 80 × 80 cm s tloušťkou $l = 3$ mm $p = 1,5$ %, u kruhového vzorku stejné vložky s průměrem 50 mm je $p = 24$ %.

Ve skutečnosti závisí množství unikající kapaliny také na filtračním odporu vložky, na velikosti těsnících ploch a na síle jejich stlačení. Těmito faktory lze vysvětlit rozdíly mezi výsledky, uvedenými v tab. 1. Z výsledků měření je zřejmé, že objem kapaliny, unikající obvodem vzorku vložky, může výrazně zkreslovat výsledek měření průtočnosti.

3.2 Měření průtočnosti filtračních vložek

Do 50ml filtrační nádoby s podložkou z nere-

zového síta se vloží kotouček filtrační vložky s průměrem 50 mm. Po uzavření nádoby se nastaví tlak 150 kPa a po otevření výpustního kohoutu se znovu upraví tlak. Po odečtení 500 ml vody 22 °C teplé se měří doba, potřebná k natečení dalších 500 ml. Měření se opakuje po odečtení 1500 ml vody od počátku filtrace. Filtrát, oteklý hranou vložky, se do proteklého objemu kapaliny nezapočítává. Pro filtr s průměrem 40 mm účinné plochy se průtočnost vypočte podle vztahu:

$$P = 4500 / (\pi \cdot \tau) \quad (4)$$

kde P je průtočnost vložky (m³ · m⁻² · h⁻¹), τ je doba toku 500 ml filtrátu v s.

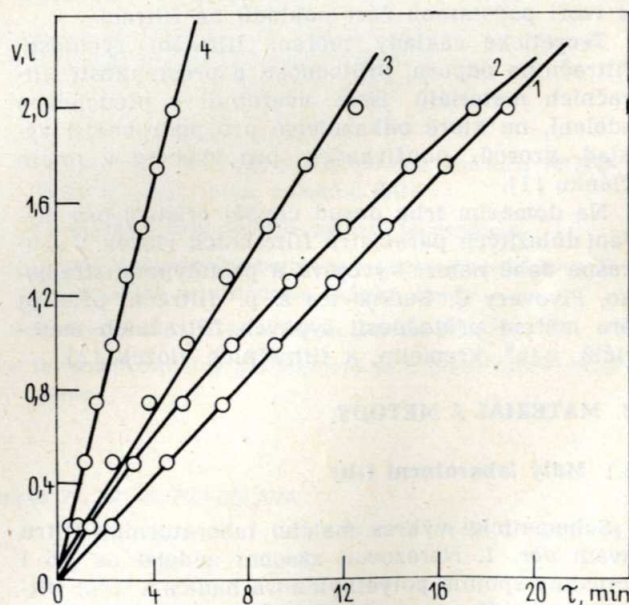
Příklad měření uvádí tab. 2 a obr. 2. Vzorky se

Tab. 2. Průtočnost filtračních vložek z jedné desky

Druh vložky	Vzorek č.	P _{0,5} (m ³ · m ⁻² · h ⁻¹)	P _{1,5} (m ³ · m ⁻² · h ⁻¹)	EP (%)	H (%)
AF ST 110	1	17,90	15,74	87,9	
	2	16,65	15,24	91,5	
	3	17,26	14,92	86,4	93,0
Filtrox X 7	1	5,04	5,00	99,2	
	2	5,17	4,79	92,6	
	3	5,51	5,03	91,3	91,5
Filtrasil KK 10	1	7,96	6,39	80,3	
	2	8,53	7,38	86,5	
	3	8,14	7,42	91,2	93,3
Broumov C 10	1	4,86	3,36	69,1	
	2	5,71	4,31	75,5	
	3	5,94	5,12	86,2	81,8

EP = efekt průtočnosti, H = homogenita
P_{0,5}, P_{1,5} = průtočnosti po 0,5 a 1,5 l

vysekávaly vždy z jedné filtrační desky, ze tří míst, ležících na úhlopříčce čtvercové vložky. Efekt prů-



Obr. 2. Závislost objemu filtrátu V na čase filtrace τ při tlaku 150 kPa. 1 — Filtrax X 7, 2 — Broumov C 10, 3 — Filtrasit KK 10, 4 — AF ST 110.

točnosti se počítal podobně, jako efekt prostupnosti podle Voborského [3]:

$$EP = 100 \cdot P_2/P_1 \quad (5)$$

kde EP je efekt průtočnosti v %, P_2 je průtočnost po protečení 1,5 l vody, P_1 průtočnost po odtečení 0,5 l vody. Pokles průtočnosti během filtrace 6 l destilované vody uvádí tab. 3.

Homogenita filtračních vložek se hodnotila podobným způsobem, přičemž se dodržoval předepsaný odběrový plán podle [3], tab. 4.

$$H = 100 \cdot P_{\min}/P_{\max} \quad (6)$$

kde H je homogenita, P_{\min} , P_{\max} jsou minimální, nebo maximální průtočnosti z vybraného počtu vzorků.

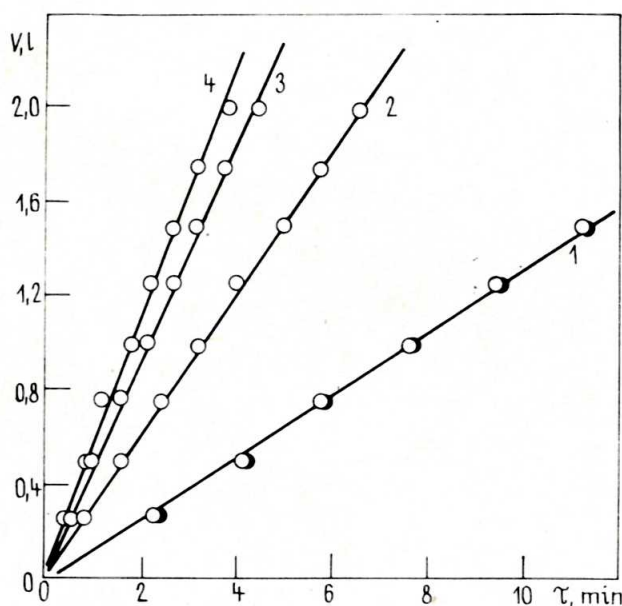
Výsledky měření prokázaly výrazné rozdíly průtočnosti i efektu průtočnosti mezi jednotlivými vložkami. Trvalý pokles průtočnosti vložky při filtraci většího množství vody je patrný z tab. 3.

Tab. 3. Změny průtočnosti v závislosti na objemu filtrátu

Objem filtrátu (l)	Průtočnost ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	Efekt průtočnosti (%)
0,5	19,10	100,0
1,5	17,26	90,4
2,5	17,15	89,8
3,5	17,05	89,3
4,5	15,74	82,4
5,5	14,92	78,1

3.3 Vliv tlaku na průtočnost

Stejným způsobem, jako v odstavci 3.1 se měřil průtok destilované vody vložkou AF ST 110 při tla-



Obr. 3. Závislost objemu filtrátu V na čase filtrace τ . 1 — 50 kPa, 2 — 100 kPa, 3 — 150 kPa, 4 — 200 kPa. Plné body odpovídají průtoku vody vložkou po předchozí filtraci při 200 kPa.

Tab. 4. Průtočnost vložek AF ST 100 z různých desek

Deska č.	Vzorek č.	$P_{0,5}$ ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	$P_{1,5}$ ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	Homogenita (%)
1	1	20,46	19,89	92,1
	2	19,36	25,58	
	3	18,85	18,60	
2	1	19,10	18,13	92,6
	2	18,13	17,90	
	3	17,68	17,05	
3	1	22,38	20,76	88,9
	2	20,46	26,53	
	3	19,89	18,85	

Homogenita z 9 vzorků = 79,0 %

cích 50, 100, 150 a 200 kPa. Pro každé měření se použil nový vzorek vložky (obr. 3). Po změření průtoku vody při zvoleném tlaku se měřil znovu průtok vody při 50 kPa.

Měření závislosti průtočnosti na tlaku potvrdilo nelineární závislost, uváděnou v literatuře [3], s koeficientem $s = 0,06$.

$$\alpha = k_a \cdot \Delta p^s \quad (7)$$

kde α je měrný odpor, k_a je konstanta úměrnosti a s určuje řád mocninné závislosti.

Nízká hodnota s svědčí o malém vlivu stlačení vložky na průtočnost při narůstajícím tlaku. Také po vystavení vložky tlaku 200 kPa se podle nového měření průtočnosti při 50 kPa odpor vložky nezvýšil (obr. 3).

4. ZÁVĚR

Měření průtočnosti, prostupnosti a filtračního odporu filtračních vložek patří mezi důležité rozborů v pivovarské laboratoři. Vzájemný přepočít mezi jednotlivými charakteristikami uvádíme v článku [1].

Donedávna se tyto hodnoty mohly měřit pouze ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském v Praze. V současnosti přichází na trh nový přístroj pro měření důležitých filtračních charakteristik filtračních vložek. Na rozdíl od dosavadních způsobů měření se do hodnoty průtočnosti nezahrnuje podíl kapaliny, unikající obvodovou hranou vložky. Tím je možné lépe charakterizovat vlastnosti filtrační vložky. U vložek s větší průtočností může podíl kapaliny, unikající hranou vzorku vložky, dosáhnout hodnoty až 20 % z objemu filtrátu.

Navržená metoda měření průtočnosti se poněkud liší od metody, uvedené v knize [3]. Vyšší teplota měření (22 °C) spíše odpovídá teplotě v současné laboratoři, ale je také možné přepočítat průtočnost na teplotu 20 °C podle [2].

Pro měření filtrační rychlosti se místo měření času, potřebného pro protečení 0,25 l vody, měří

čas pro průtok 0,50 l destilované vody. Tím se pracovní postup maximálně blíží postupu pro měření průtočnosti křemeliny [2].

Podobně se posouvají hodnoty proteklých objemů při stanovení efektu průtočnosti, popř. homogenity, získané výsledky však dobře vystihují pokles průtočnosti vložky, nebo její nehomogenitu.

Měření filtračních vlastností a mikrobiologické účinnosti filtračních vložek je nutnou podmínkou pro výběr kvalitních materiálů pro deskovou filtraci v provozu.

Literatura

- [1] ŠAVEL, J. - PROKOPOVÁ, M.: Kvas. prům., 37, 1991, s. 4.
- [2] ŠAVEL, J. - PROKOPOVÁ, M.: Kvas. prům., 37, 1991, s. 65.
- [3] KAHLER, M. - VOBORSKÝ, J.: Filtrace piva. 1. vyd., Praha 1981.

Lektoroval Ing. Jiří Šrogl

Šavel, J. - Prokopová, M.: Měření průtočnosti filtračních vložek v laboratorním filtru. Kvas. prům., 37, 1991, č. 4, s. 97—100.

Článek pojednává o měření průtočnosti filtračních vložek v novém laboratorním filtru. Přístroj, měřící průtok destilované vody kruhovým vzorkem filtrační vložky umožňuje oddělené jímání vody, unikající obvodem vložky. Množství této kapaliny závisí na druhu vložky a dalších faktorech a dosahuje až 20 % z objemu filtrátu u vložek používaných pro dofiltraci piva.

Шавел, Я. - Проконова, М.: Измерение пропускной способности фильтрующего элемента в лабораторном фильтре. Квас. прум., 37, 1991, № 4, стр. 97—100.

Статья рассматривает измерение пропускной способности фильтрующих элементов в новом лабораторном фильтре. Аппарат, измеряющий расход дистиллированной воды кольцевым узором фильтрующего элемента, позволяет раздельное улавливание воды, утекающей контуром элемента. Количество этой жидкости зависит от типа элемента и от других факторов и оно достигает до 20 % объема фильтрата в случае элементов, применяющихся для окончательного фильтрования пива.

Šavel, J. - Prokopová, M.: Measurement of Discharge of Filtration Packing. Kvas. prům., 37, 1991, No. 4, pp 97—100.

The article is focused on a measurement of the discharge of filtration packing in a new laboratory filter. The apparatus for a measurement of the distilled water flow rate through a circle of the filtration packing sample permits the separate water collection flowing through the circumference of the packing. The quantity of this liquid depends on the packing type and other factors and can be as high as 20 % of the filtrates by the packing used for the final beer filtration.

Šavel, J. - Prokopová, M.: Messung der Durchflußfähigkeit der Filtrationseinlagen im Laborfilter. Kvas. prům., 37, 1991, Nr. 4, S. 97—100.

Der Artikel befaßt sich mit der Messung der Durchfluß-Fähigkeit der Filtrationseinlagen in einem neuen Laborfilter. Der Apparat, der den Durchfluß von destilliertem Wasser durch die kreisförmige Probe der Filtereinlage mißt, ermöglicht das abgetrennte Auffangen des durch den Umfang der Einlage dringenden Wassers. Die Menge dieser Flüssigkeit ist von der Art der Einlage und weiteren Faktoren abhängig und erreicht bis 20 % des Filtratvolumens bei den Einlagen, die für die Bierfiltration angewandt werden.