

Z výzkumu a praxe

PRAKTICKÉ VYUŽITÍ VISKOZIMETRIE V PROVOZNÍ PIVOVARSKÉ LABORATOŘI

Ing. ANTONIE PAZDRO, Pražské pivovary a. s., První pražský měšťanský pivovar
Doc. RNDr. PETR ŠTERN, CSc., Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha

Klíčová slova: pivo, provozní laboratoř, viskozimetrie, využití

1. ÚVOD

Za účelem standardizace technologie výroby a jakosti konečného produktu nachází viskozimetrie v pivovarnictví stále větší uplatnění [1]. Dosud bylo EBC normováno pouze stanovení viskozity pro kontrolu sladu [2]. Viskozita je však sledována i při dalších výrobních operacích, jako např. při míchání svařovaných sladů za účelem dosažení optimálního složení, ve varně po scezování a před chmelovarem, ve spílce před zakvašením a během celého kvasného procesu, v ležáckém sklepě po sesudování do ležáckých tanků [3].

Při hodnocení rozluštění podává viskozita určitý údaj o cytolyze sladu, především o stupni degradace hemicelulos, zvláště β -glukanů. Současně poukazuje na průběh scezování sladin ve varně, případně i na filtrovatelnost piva.

Viskozita sladin, přepočtená na extrakt 8,6%, kolísá mezi 1,40 a 1,90 mPa.s a je vyhodnocena následovně: pod 1,53 mPa.s = velmi dobře rozluštěné slady, 1,53–1,61 mPa.s = dobře rozluštěné slady, 1,62–1,67 mPa.s = slabě rozluštěné slady, nad 1,67 mPa.s = špatně rozluštěné slady [4].

Přímá korelace mezi viskozitou sladin, mladiny, piva a filtrovatelností nebyla prokázána. Korelační koeficient je $R = -0,56$, avšak vzájemný vztah je určen pouze čtyřicetiprocentní jistotou. V současné době se poukazuje na větší závislost mezi viskozitou a stabilitou pěny piva [5].

Využití viskozity kongresní sladin jako jednoho z ukazatelů rozluštění sladu naráželo na společnou nevýhodu dosud používaných viskozimetrů, především na časově náročné a nedostatečně přesné stanovení, např. při použití velmi rozšířeného Höpplerova viskozimetru. V poslední době byly vyvinuty přístroje, které umožňují stanovit viskozitu velmi přesně a rychle, bez velké náročnosti na obsluhu.

K podobným typům přístrojů patří **Microviskosimeter**, určený pro rychlé a přesné stanovení viskozity nízkoviskózních newtonských kapalin (0,1–200 mPa.s s přesností $\pm 0,001$ mPa.s). Přístroj představuje automatizovaný viskozimetr s padající kuličkou s možností připojení počítače nebo tiskárny [6].

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Přístroje a zařízení

– Rmutovací lázeň typ MA 3E, Bender Hobein, SRN.

- Mlýnek pro jemné mletí, typ KM7 (90 \pm 1 %) OZAP Praha.
- Mlýnek typu Miag pro hrubé mletí, VEB Kombinat Nagema, býv. NDR.
- Friabilimetr typ FN, Pfeufer GmbH, SRN.
- Microviskosimeter, Gebr. Haake GmbH., Karlsruhe, SRN.
- Cirkulační Ultratermostat MLW 8, VEB Prüfgeräte-Werk Medingen, býv. NDR.

2.2 Materiály

- Slady čerstvě vyrobené, světlé, českého typu, vyráběné periodickým humnovým způsobem.
- Máčení ječmene v náduvnicích se vzdušnými přestávkami, vzdušením a odsávním oxidu uhličitého. Hvozdní na dvou-liskovém hvozdu dvakrát 24 hodin s nepřímým otopem.
- Svařované slady ze sladoven Holešovice, Nymburk a Benátky, světlé, českého typu.
- Vyrážené 10% světlé mladiny vařené na čtyřnádobové varně klasického typu, rmutování dekokcí na dva rmuty, scezování přes scezovací kohouty, doba chmelovaru 90 minut; objem vyrážené mladiny okolo 280 hl, surogace 15 % cukerným sirupem, extrakt vyrážené mladiny se pohyboval okolo 10,2 %.

2.3 Metody

Kongresní slatina – Příprava kongresní slatin vyráběných i zpracovávaných sladů byla prováděna standardním postupem [7].

Extraktový rozdíl moučka – šrot – byl stanoven standardním postupem [7].

Relativní extrakt při 45 °C – Stanovením extraktu kongresním rmutováním jemně rozemletého sladu při teplotě 45 °C byl zjišťován relativní extrakt při 45 °C [7].

Friabilita sladu – Stanovení friability sladu bylo prováděno běžným způsobem [7].

Měření viskozity – Viskozity kongresních sladin a provozních mladiny (po odstranění kalických částic filtrací) byly stanoveny na přístroji Microviskosimeter při teplotě 20,0 °C. Konstantní teplota při měření byla udržována pomocí cirkulačního ultratermostatu MLW 8. Měřený vzorek v množství 0,3 ml byl nasát do injekční stříkačky, ve které byla posunována do horní polohy magnetem. Čas, za který kulička prošla stanovenou vzdáleností, byl měřen automaticky pomocí fotosnímače. Naměřený čas v ms byl odečten na digitálním displeji. U každého vzorku bylo provedeno deset měření a z průměru byla vypočtena viskozita. Konstanta kuličky byla stanovena a pravidelně kontrolována pomocí viskozitního etalonu [6].

Aplikace enzymového přípravku – Byla použita celulasa s enzymatickou aktivitou $C_X = 500$ mg RL/ml, výrobce BIO BN v.o.s. Písek.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

K ověření možnosti využívat viskozitu jako ukazatele stupně rozluštění sladu a případně i filtrovatelnosti piva byla v průběhu jednoho roku sledována viskozita u vyráběných a svařovaných sladů a u vyráběných mladiny. U sladů byl současně stanoven extraktový rozdíl moučka – šrot, friabilita a relativní extrakt při 45 °C. Běžná analýza mladiny byla doplněna o měření viskozity. Všechny výsledky viskozity u kongresních sladin byly přepočteny na extrakt 8,6 %, u vyrážených mladiny na extrakt 10,0 %.

3.1 Vliv rozluštění a odležení sladu na viskozitu kongresní slatin

Při posuzování cytolytického rozluštění sladu vyrobeného ve vlastní sladovně a sladu svařovaného byly denně odebírány a analyzovány průměrné vzorky. Z měsíčních průměrů i z celoročního průměru vyplynulo, že se původní stupeň rozluštění u vyrobeného sladu během odležení neměnil [8]. Průměrné hodnoty viskozity a rozdílu extraktu moučka – šrot, které jsou uvedeny v tab. 1, zakrývají výkyvy jakosti sladu, takže podle těchto výsledků byly během celého roku svařovány slady velmi dobře rozluštěné.

Tab. 1 Viskozity kongresních sladin a extraktový rozdíl moučka-šrot (roční průměry)

Roční průměr	Počet analyzovaných vzorků	Viskozita sladin [mPa.s]	Extraktový rozdíl moučka-šrot [% hm.]
Slad – výroba	237	1,53 1,47–1,59	2,2 1,7–2,6
Slad – svařovaný	190	1,53 1,47–1,57	2,1 1,5–2,8

S ohledem na výkyvy stupně rozluštění byly slady rozděleny do dvou skupin, a to podle zjištěných hodnot viskozity. Do první skupiny byly zařazeny slady s viskozitou kongresní sladin v rozsahu 1,45 až 1,48 mPa.s (vysoce rozluštěné slady), ve druhé skupině bylo rozmezí viskozity kongresní sladin 1,53 až 1,56 mPa.s (středně rozluštěné

slady). Slady s viskozitou kongresní sladiny nad 1,60 mPa.s netvořily žádnou významnou skupinu, protože jejich počet během roku byl velmi nízký. Z tohoto důvodu nebyly zahrnuty do celkového vyhodnocení. Toto rozdělení lze považovat za dostatečně vypovídající, i když není plně v souladu s literárními údaji [4]. Nelze však opomenout, že starší literární údaje mohou být ovlivněny v té době používanou experimentální technikou.

Počet vzorků první skupiny tvořil asi 19 % z celkového množství. Druhá skupina obsahovala převažující část vzorků (asi 79%). Zbytek tvořily vzorky, jejichž viskozita kongresní sladiny se pohybovala v rozmezí 1,49 až 1,53 mPa.s nebo mezi 1,57 až 1,60 mPa.s.

Stupeň rozluštění, který má velký význam nejen z hlediska technologie výroby piva, nýbrž i z hlediska jeho kvality, se v poslední době hodnotí velmi často pouze podle křehkosti sladu. Pro toto stanovení je k dispozici více metod, případně přístrojů. V případě stanovení friability se většinou uvedená kritéria nesledují a friabilita se doplňuje pouze o hodnoty vláhy a extraktu a o relativní extrakt při 45 °C.

Tab. 2 Slady s viskozitou 1,4 – 1,48 mPa.s – I. skupina

Viskozita kongresní sladiny [mPa.s]	Extraktový rozdíl moučka-šrot [%hm.]	Rel.extrakt při 45 °C	Friabilita [%]
1,45	1,7	35,8	80
1,45	1,5	34,4	80
1,45	1,3	35,2	80
1,45	1,9	36,1	85
1,45	1,8	37,5	83
1,45	1,6	39,7	85
1,46	1,7	35,8	84
1,46	1,6	41,5	85
1,47	1,4	39,3	83
1,48	1,9	34,9	89
1,48	1,7	38,6	80
1,48	1,7	37,1	80
1,46	1,7	průměr 37,2	83

Tab.3 Slady s viskozitou 1,53 – 1,56 mPa.s – II. skupina

Viskozita kongresní sladiny [mPa.s]	Extraktový rozdíl moučka-šrot [%hm.]	Rel.extrakt při 45 °C	Friabilita [%]
1,53	2,0	33,9	79
1,53	2,2	30,4	74
1,53	2,4	29,6	80
1,53	2,6	29,7	74
1,54	2,7	32,8	79
1,55	2,2	33,3	78
1,55	2,5	30,6	78
1,55	3,1	29,9	71
1,55	3,9	28,4	66
1,55	2,9	36,8	79
1,56	2,3	29,8	72
1,56	3,9	29,4	57
1,54	2,7	průměr 31,2	74

Získané výsledky (viz tab. 2 a 3) – extraktový rozdíl moučka-šrot a friabilita ko-

relují s viskozitou kongresní sladiny ($R = 0,66$ resp. $0,68$). Z toho vyplývá, že cytolytické rozluštění sladů lze hodnotit viskozimetricky.

Rychlé a přesné stanovení viskozity použitým mikroviskozimetrem umožňuje při každém rozboru sladu získat důležitý údaj o jeho kvalitě. Během jedné minuty lze provést dvě měření, přičemž vlastní manipulace s přístrojem je velmi snadná a nevyžaduje speciální zacvičení laboranta.

3.2 Závislost viskozity provozních mladín na viskozitě kongresní sladiny

Možnost rychlého a velmi přesného stanovení viskozity lze využít při běžném provozním sledování kvality svařovaných mladů pro daný časový úsek jejich zpracování a při požadované kontrolní analýze příslušných vyrážených mladín. Takto doplněné rozboru umožní získat určitý přehled o případných potížích při filtračním procesu. Změny viskozit, ke kterým dochází při přípravě mladín, jsou uvedeny v tab. 4 a 5. V obou případech byly zjištěny vysoké hodnoty korelačních koeficientů ($R=0,86$ resp. $0,85$), což svědčí o těsné funkční závislosti mezi viskozitou sladu a vyrážených mladín.

Tab. 4 Viskozita svařovaných mladů a vyrážených mladín – I. skupina

Průměrná viskozita kongresních sladín [mPa.s]	Průměrná viskozita vyrážených 10 % mladín [mPa.s]
1,45	1,52
1,45	1,55
1,46	1,56
1,46	1,55
1,46	1,54
1,46	1,53
1,46	1,51
1,46	1,54
1,47	1,55
1,47	1,50
1,48	1,55
1,48	1,55

Tab. 5 Viskozita svařovaných mladů a vyrážených mladín – II. skupina

Průměrná viskozita kongresních sladín [mPa.s]	Průměrná viskozita vyrážených 10 % mladín [mPa.s]
1,52	1,61
1,53	1,64
1,53	1,70
1,53	1,66
1,54	1,66
1,54	1,64
1,54	1,83
1,56	1,79
1,56	1,67
1,56	1,81
1,58	1,81
1,58	1,83

Zvýšení hodnot viskozit při přípravě mladín ze sladů s vysokým stupněm rozluštění bylo velmi nepatrné (viz tab. 4). Rozsah viskozit se pohyboval mezi 1,50 až 1,56 mPa.s.

Zhoršení trvanlivosti pěny by mohl vyvolat pokles viskozity pod hodnotu 1,50 mPa.s. Naopak viskozita vyšší než 1,63 mPa.s signalizuje možnost filtračních potíží. Zatímco u sladů první skupiny nepřesáhla viskozita vyrážených mladín hodnotu 1,56 mPa.s, ve druhé skupině byla viskozita prakticky u všech sledovaných mladín vyšší než 1,63 mPa.s. Tyto výsledky naznačují význam stanovení viskozity právě u vyrážených mladín. Obvykle při viskozitách vyšších než 1,63 mPa.s, případně nad hodnotami 1,65 mPa.s se přidávají během kvasného procesu enzymové preparáty s β -glukanasovou aktivitou, aby se zlepšila filtrovatelnost piva. Vlivem těchto preparátů se může tlakový přírůstek při filtraci snížit až pětinašobně.

3.3 Souvislost viskozity vyrážených mladín a technologických zákroků zlepšujících filtrovatelnost piva

Pracovní postup ve spilce a v ležáckém sklepě neumožnil trvale sledovat průběh kvašení a dokvašování jednotlivých várek a jejich filtraci. Z těchto důvodů je počet analyzovaných vzorků omezen. Enzymový preparát byl dávkován do mladín s viskozitou kongresní sladiny vyšší než 1,63 mPa.s, a to znamenalo, že z celkového množství vyrobené 10% mladiny byl enzym přidán k jedné pětinaš mladiny. Výsledky jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6 Dávkování enzymového preparátu podle viskozity vyrážených mladín

Měsíc	Prům. viskozita kongresních sladín [mPa.s]	Prům. viskozita vyrážených mladín [mPa.s]	Podíl várek s aplikací enzymového preparátu [%]
Leden	1,50	1,58	0
Únor	1,54	1,64	25
Březen	1,56	1,68	69
Duben	1,57	1,70	73
Květen	1,54	1,69	15
Červen	1,53	1,64	25
Červenec	1,53	1,58	0
Srpen	1,48	1,54	0
Září	1,49	1,56	0
Říjen	1,53	1,54	0
Listopad	1,46	1,56	0
Prosinec	–	1,56	0

Z dosud získaných výsledků lze usuzovat, že pro daný typ vyráběného 10% piva je rozhodující hodnotou viskozity vyrážených mladín 1,63 mPa.s. Při této nebo vyšších hodnotách je nutné učinit některý technologický zásah v dalším výrobním úseku, aby se zabránilo potížím při filtraci. Vyloučení některých koloidů v hrubší formě během kvašení lze dosáhnout rychlejší poklesu pH mladiny po zakvašení. Vyšší kvašné dávky podporují rychlé snížení hodnoty pH. Dalším technologickým zásahem je dávkování opravných enzymových preparátů. Množství kvasinek v nefiltrovaném pivu nemá negativní vliv na filtraci, jestliže nepřesahuje počet buněk 1,2 milionu v ml piva.

Poděkování

Autoři děkují firmě Gebr. HAAKE, Karlsruhe, SRN za laskavé zapůjčení viskozimetru.

LITERATURA

- [1] NARZISS, L., REICHENDER, E., EDNEY, M. J.: Monatschr. Brauwiss. **43**, 1990, s. 66.
[2] VAN ROYE, C., HUPE, J.: Proc. Eur.

Brew. Conv., Baden-Baden 1955, s. 1958.

- [3] ŠTERN, P.: Využití viskozimetrie při výrobě piva, X. konference „Technologie a hodnocení průmyslu, Plzeň, květen 1992.
[4] SCHUSTER, K., WEINFURTNER, F., NARZISS, L.: Die Technologie der Malzbereitung, Ferd. Enke Verlag, Stuttgart 1966.
[5] KAHLER, M., VOBORSKÝ, J.: Filtrace piva, SNTL Praha, 1981.

- [6] Gebr. Haake – Microviscosimeter, Instruction Manual, firemní literatura.
[7] Analytica EBC – 4th Edition, Brauerei Getränke Rdsch., Zürich, 1987 a dodatky 1988 a 1989.
[8] PESLER, J., ŠROGL, J.: Kvasný prům. **25**, 1979, s.31.

*Lektoroval: Doc. Ing. Jaroslav Čepička, CSc.
Do redakce došlo 25.4.97*