

SLADINOVÝ FILTR 2001 - PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI

Prof.M.MELIS, Katolická Universita Leuven, Belgie

Klíčová slova: pivo, sladinový filtr 2001, scezování a vyslazování

663.4

Ú V O D

Při pětiletém intenzivním výzkumu a spolupráci mezi Université Catholique Louvain-La-Neuve, Interbrew a firmou Meura ALC byla vypracována nová technologie filtrace sladin. Od zahájení provozu prototypu se sypáním sladu 6500 kg v prosinci 1988 bylo již uvedeno do provozu několik různých typů filtru. Filtrem 2001 byly již filtrovány tisíce várek, z toho stovky paralelně s dosavadními sladinovými filtry a scezovacími káděmi, při výrobě všech druhů mladin a piv, od ležáku až po Stout a rovněž sladové výtažky. Stovky várek byly sledovány, analyzovány a získané výsledky byly publikovány.

Hlavními úkoly při vývoji byly následující požadavky:

- výroba čiré sladin s nízkým obsahem mastných kyselin
- výtěžek extraktu rovný laboratornímu výtěžku
- vysoká výkonnost: 12 plně automatizovaných várek za den
- získání suchého mláta

Doplňující cíle byly:

- malé množství vyslazovací vody
- nízký příjem kyslíku
- kvalita sladin alespoň na stejné úrovni jako sladin získané pomocí scezovací kádě
- velká flexibilita v sypání a ve složení šrotu
- kvalita piva minimálně stejná jako kvalita dosažená se scezovací kádí
- stabilita chuti a trvanlivost piva minimálně srovnatelná s pivem vyrobeným pomocí scezovací kádě
- dlouhá životnost plachetek a membrán

ROZBOR PROBLEMATIKY

Základní zákon filtrace přes filtrační koláč říká (Darcy):

$$Q = \frac{dv}{dt} = \frac{p \cdot A}{u \cdot R_f}$$

Průtočnost (Q) je přímo úměrná ploše (A) a tlaku použitému při filtraci (P) a zmenšuje se s dynamickou viskozitou (u) filtrátu a s odporem filtračního koláče (R_f). Z jiných rovnic se dá odvodit, že doba filtrace je přímo úměrná čtvrtci tloušťky filtračního koláče.

Tyto vztahy ukazují na to, že tenká vrstva má pozitivní vliv na rychlost toku. Na druhé straně je však známo, že hloubkový filtr, jakým je např. scezovací kád', působí příznivě na odstraňování kalů.

Abychom kombinovali obě přednosti - tenkou vrstvu nutnou pro vysoký výkon a hloubkovou filtraci pro čírost sladin - je nezbytné zmenšit pórovitost filtračního koláče, což předpokládá jemnější složení sladového šrotu. Toho se dosáhne kladívkovým mlynem namísto dosavadního válcového šrotovníku. Při pokusech dosáhnout stejných výsledků šestiválcovým mačkadlem byly získány sice stejné podíly na Pfungstattsckém prosévadle, ale rozdělení částic na sítu nebylo homogenní.

Poté, když byly stanoveny faktory, které ovlivňují dobu filtrace a kvalitu sladin, byl vypracován proces oddělení mláta od sladin při respektování následujících principů:

- velká filtrační plocha na kg sladového šrotu
- rmuty z jemných šrotů
- filtrace při konstantním tlaku přes tenkou a homogenní vrstvu mláta

- rovnoměrné rozdělení vody při vyslazování
- pneumatické lisování mláta

PRACOVNÍ PRINCIPY SLADINOVÉHO FILTRU 2001

Na základě úvodních výzkumných prací byl navržen a zkonstruován nový sladinový filtr. Průmyslový prototyp, který je v provozu od ledna 1989, má kapacitu odpovídající 6 500 kg sladového sypání. Podobně jako běžný sladinový filtr, skládá se i tento nový filtr z 35 modulů z plastické hmoty. Tyto moduly mají vnější rozměr 2 x 1,8 m a jsou zasazeny do dutého rámu, který je rozdělen na dvě části dvěma elastickými membránami, které jsou roztahovány stlačením vzduchem. Dutý rám je zasazen mezi dvě desky, které jsou potaženy filtrační pláčetkou z polypropylenu. Ve srovnání se sladinovým filtrem má filtr 2001 tloušťku koláče pouze 4 cm místo 8 cm.

Zde je třeba připomenout, že mezi dosavadním sladinovým filtrem a filtrem 2001 jsou i další zásadní rozdíly.

Filtr 2001 se chová jako křemelinový filtr, který pracuje při nízkém tlaku ale za přívodu rmutu spodem, přičemž se vyhne projevům sedimentace a nadměrnému příjmu kyslíku. V této pracovní fázi se nanáší tenká vrstva z mláta a jemného kalu, která působí jako filtrační materiál. Kromě toho se při použití pružných membrán filtrační koláč stlačí a spotřeba vody k vyslazování je menší.

Proces probíhá v 6 fázích a je automatizován:

1. plnění filtru
2. filtrace rmutu
3. předlisování
4. vyslazování: vyslazování se provádí pomocí téhož přívodu, kterým je přiváděn rmut, přičemž je současně proplachováno potrubí. Vyslazovací voda se rozdělí po celé ploše filtračního koláče
5. lisování
6. plně automatické odstraňování mlátového koláče

Po určitém množství experimentů můžeme říci, že filtr 2001 vykazuje při použití horších vstupních surovin větší flexibilitu než jiné filtrační systémy. To znamená, že musíme vždy vědět, že dobré, vhodné suroviny jsou předností při výrobě piva a při filtraci.

Nesmíme také zapomenout na úkoly rmutování:

- optimální směs šrotu a vody
- intenzivní ohřev
- dostatečná extrakce a přechod hmoty (= maximální výtěžek)
- optimální enzymatické reakce

Optimální míchání šrotu a vody má být prováděno pokud možno s nejnižšími hodnotami oxidace a střížných sil, tj. při minimální rychlosti míchání s maximálním míšícím účinkem.

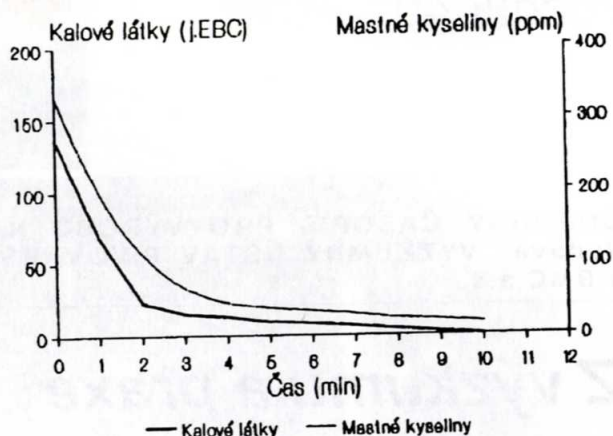
Intenzivním mícháním dochází k oxidaci a vyvolání smykových efektů (střížných sil), přičemž částice šrotu se rozrušují a vznikají gelové struktury.

VÝSLEDKY A DISKUSE

1. Kaly a mastné kyseliny

Příklad výsledků ukazuje obrázek 1.

Díky filtraci přes tenkou vrstvu, strukturu a homogenitu mláta, se sladina vyčistí za kratší dobu než za 4 minuty filtrace. Obsah mastných kyselin se může ještě snížit, přičemž však je třeba připomenout, že jejich příliš nízký obsah může zpomalit kvašení. Obsah mastných kyselin je více vázán na kvalitu sladu než na použité šrotování kladívkovým šrotovníkem.



Obr. 1 Obsah kalů a mastných kyselin ve sladince při scezování filtrem 2001

2. Varní výtěžek

V tabulce 1 jsou uvedeny výsledky z provozu sladinového filtru 2001 v jednom pivovaru.

Tab. 1 Varní výtěžek při použití sladinového filtru 2001

	Varní výtěžek	Extrakt sladu podle EBC	Rozdíl
Varna A	78,73 %	77,23 %	+ 1,5 %
Varna B	78,14 %	77,23 %	+ 0,9 %

Bylo získáno větší množství extraktu než v laboratoři kongresní metodou rmutování. To je důsledek jemného mletí kladívkovým mlýnem a dokonalého vyslazení sladinovým filtrem.

3. Výkonnost sladinového filtru 2001

Při normálních várkách, správném rmutování, správném zcukření, je možné provést 12 várek za 24 hodin. Střední hodnoty jednotlivých operací při scezování ukazuje tabulka 2. Průměrná délka scezování je pak 110 minut.

Tab. 2 Podmínky při scezování sladinovým filtrem 2001

	Čas (min)	Objem (hl)	Tlak (bar)
Filtrace	30	150	0,6
Předlisování	5	15	0,6
Vyslazování	60	150	0,6
Lisování	10	25	1,2
Vyprázdnění	5	-	-
Celkem	110	340	

Při poměru rmutování šrot/voda = 100 kg/2,8 hl vody se dosáhne koncentrace extraktu předku 22 % a konečně

koncentrace sladiny v mladinové pánvi 14,5 %. To znamená, že filtr 2001 je s výhodou možno použít pro High Gravity Brewing nebo výrobu sladového výtažku.

Je také menší spotřeba vody k vyslazování. Toho je dosaženo předlisováním, při kterém v mlátu zůstává méně sladiny a podle Moncrieffova zákona se spotřebuje méně vody k vyslazování.

Potřebu vyslazovací vody při různých systémech scezování ukazuje následující srovnání:

vyslazovací voda	filtr 2001	cezovací kád'	sladinový filtr
hl/t sypání	25	40	36

4. Mláto ze sladinového filtru 2001

Intenzitou lisování v závislosti na čase můžeme získat mláto s 27 až 38 % sušiny. To znamená, že v případě, že pivovar nemůže prodávat mláto jako krmivo pro zvířata a musí tedy mláto sušit, spalovat nebo zhotovovat krmivo bohaté na vlákninu, může takto ušetřit energii.

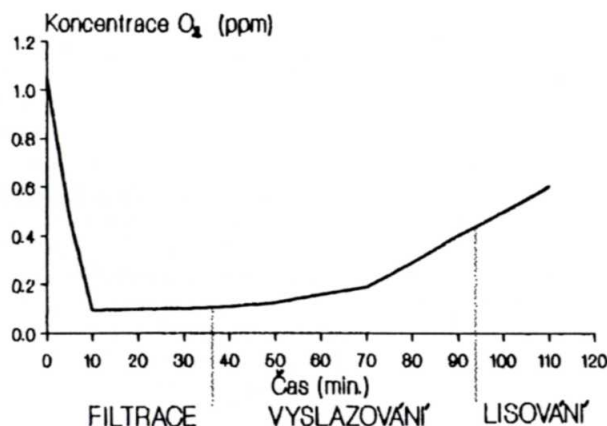
Zajímavá je otázka, zda existují rozdíly mezi dosavadním mlátem a mlátem z filtru 2001. Odpověď zní ano i ne.

- struktura mláta z filtru 2001 je jemnější
- kvantita krmiva pro zvířata je v adekvátním poměru menší (více sušiny)
- obsahuje méně zkvasitelných cukrů

Nejsem odborníkem na krmivo pro skot, ale po mnoha pokusech a analýzách provedených u profesora Van Bella a po praktických experimentech ve výrobě pana Petita můžeme říci, že mláto je stejně kvalitní jako jiné a dá se velmi dobře i silážovat. Je-li silážováno při správné teplotě a nízkém obsahu O_2 , dosáhne se dobrého mléčného kvašení a velmi dobré stability.

5. Příjem O_2 při scezování filtrem 2001

Jak ukazuje obrázek 2, je příjem kyslíku již od začátku velmi nízký a během filtrace nepřekročí 0,1 ppm. Tento příjem O_2 může značně narůst během vyslazování, kdy se používá vyslazovací vody se 3 až 10 ppm rozpuštěného kyslíku. Abychom tomuto jevu zabránili, je nejlépe použít odplyněné vody.



Obr. 2 Provdzdušnění sladiny během scezování filtrem 2001

6. Kvalita sladiny a její složení

Tab.3 Složení sladiny při různých systémech scezování

		Filtr 2001A*	Filtr 2001B*	Scezovací kád'	Sladinový filtr
Aminokyseliny	ppm	1992	1995	-	2074
Polyfenoly	ppm	161	181	225**	145*
Dextriny	ppm	425	199	608**	291
Mastné kyseliny	ppm	18,5	13,4	27**	166
β glukany	ppm	189	181	214**	171
Dusík	ppm	1017	998	980**	1049

+ filtr A: vyslazování při konstantním tlaku

filtr B: vyslazování při konstantním průtoku

++ různé slady

Podíváme-li se na výsledky v tabulce 2, vidíme, že mezi různými systémy scezování existují jen malé difference. Rozdíly nacházíme především v obsahu mastných kyselin a dextrinů. Nízký obsah dextrinů souvisí s jemným šrotováním, které umožňuje lepší funkci enzymů. To znamená, že dovoluje zkrátit dobu rmutování. Naše pokusy ukázaly, že stačí doba rmutování 60 minut.

7. Flexibilita sladinového filtru 2001

Nový sladinový filtr má velkou flexibilitu, protože:

- jsou možné várky se sypáním mezi 70 a 100 % nominálního sypání, aniž by se na filtru muselo něco měnit
- stupeň rozluštění sladu hraje menší roli u filtru 2001 než u kterékoliv filtrační techniky, není to však vybitnutím pro sladovny, aby dodávaly málo rozluštěný slad
- surogáty mohou být použity až do 60 % (rýže, kukuřice, škrob, pšenice, čirok). Zde v Evropě to nepotřebujete, ale v Nigerii apod. ano, a možná že budete někdy kupovat pivovar v těchto zemích
- v poloprovozních podmínkách byly prováděny várky s 90 % surogátů bez problémů

8. Životnost plachetek a membrán

Ta je velmi dobrá a závisí částečně na čištění, které vyžaduje podle zkušeností v pivovaru v Jupille týdně 4 hodiny.

První sada plachetek vydržela u prototypu 953 várek, ale bylo to při mnoha experimentálních várkách, různých čistících prostředcích a teplotách.

Druhá sada překročila už 2000 várek. Můžeme říci, že 1200 várek je možno dosáhnout bez problémů.

Životnost plachetek ovlivňuje mnoho faktorů:

- proces rmutování, složení rmutu
- zacházení s plachetkami
- čištění plachetek

V současné době doporučujeme na základě zkušeností čištění filtru s plachetkami jedenkrát týdně vždy na konci týdne podle následujícího schématu:

- naplnění roztokem NaOH a přísad (4,5 - 5 %) při teplotě 75-85 °C
- doba kontaktu 120 min.
- vypuštění

- propláchnutí horkou vodou (okyselenou H_2SO_4 ; výsledná koncentrace 0,01%)
- vypuštění
- filtr je připraven k dalšímu provozu

Celková doba tohoto postupu je 4 hodiny. Tato doba se může sice zkrátit, ale bylo by to na úkor životnosti plachetek.

Nové experimenty zredukovaly dobu čištění na 2 1/2 hodiny, ale dosud nelze jednoznačně vyhodnotit, zda použité chemikálie nebudou škodit membránám, na které poskytuje výrobce zařízení záruku dvouleté životnosti.

9. Kvalita piva

Složení piva a jeho chuť

Analyticky neexistuje žádný signifikantní rozdíl mezi pivem s výjimkou esterů, což se dá jednoduše vysvětlit rozdílem v obsahu mastných kyselin.

Tab.4 Analytické parametry piv vyrobených ze sladiny z různých scezovacích systémů

Analýza piva		Filtr 2001	Scezovací kád' +	Sladinový filtr
Polyfenoly	(ppm)	118	210	113
Celkový dusík	(ppm)	705	695	690
Dosažitelné prokvašení	(%)	83,4	85	83,4
Pěnovost	(s)	125	122	122
Obsah esterů	(ppm)	40	32	32
Chuť **:				
Čerstvé pivo		6,35	6,3	
3 dny při 40 °C		5,35	5,5	

+ jiná sklizeň sladu a chmele

++ škála 0-9; počet degustátorů 12

Čerstvě stočené pivo i pivo po tepelné úpravě nevykazuje žádný rozdíl v chuti.

Výsledky dosažené u filtrovaného piva potvrzují výsledky zjištěné u sladin. Piva filtrovaná filtrem 2001 mají stejné složení jako piva, která byla vyrobena pomocí scezovací kádě. Četné chuťové zkoušky trojúhelníkovými testy nevykazují žádné rozdíly ani při srovnání s čerstvým pivem, které bylo podrobeno urychlenému procesu stárnutí skladováním 3 dny při 40 °C.

Kromě toho přináší filtr 2001 zajímavé úspory a můžeme říci, že filtr splňuje nejnáročnější požadavky.

Jako doplněk si dovoluji několik poznámek k ekonomickým aspektům používání filtru 2001. Abychom srovnali sladinový filtr 2001 se scezovací kádí nebo jiným zařízením, je třeba samozřejmě vycházet ze základní denní výrobní kapacity. V našem případě 120 tun sypání za den.

Jak vyplývá z tabulek 5 a 6, je třeba pro stejné denní sypání instalovat o 50 % větší scezovací kád'.

Tab.5 Podklady pro ekonomické hodnocení sladinového filtru 2001

	Filtr 2001	Scezovací kád'
Denní sypání (t)	120	120
Počet várek denně	12	8
Sypání na várku (t)	10	15
Investiční náklady	stejně	stejně

Tab.6: Úspory v surovinách při použití sladinového filtru 2001

Zisk sladu	200 kg sladu/10 t sypání
Cena	12 Bf/kg
Produkce	200 dnů/rok - 12 várek/den
Denní zisk	200 x 12 x 12 = 28 800 Bf
Roční zisk	28 800 x 200 = 5 760 000 Bf

Investice na scezovací kád' a filtr 2001 jsou pak přibližně stejné.

Úspora je ale v surovině, neboť použití filtru 2001 umožňuje vyšší varní výtěžek.

K tomu je možno uvažovat navíc:

- značné snížení nákladů na údržbu a náhradní díly
- snížení spotřeby teplé vody (-7% celkem např. v pivovaru Jupille)
- zmenšení tepelných ztrát sladinu při filtraci
- úspory energie vzhledem k nižším instalovaným výkonům
- nižší náklady na údržbu a náhradní díly kladívkového šrotovníku.

Z Á V Ě R

Srovnáním cílů a výsledků dostáváme následující závěry:

- nový filtr odpovídá požadavkům a cílům
- filtr 2001 zaručuje
 1. jednoduchou šrotovací technologii
 2. nízké tepelné ztráty
 3. žádné odpadní vody
 4. kratší dobu rmutování
 5. jednoduché High Gravity Brewing
- filtr 2001 je dnes nejlepším sladinovým filtrem na světě
- filtr 2001 je také katalyzátorem pro celou řadu nových technologií nejen při filtraci sladinu, ale také v jiných oblastech jako
 - rmutování bez příjmu kyslíku a bez stříhových efektů vaření mladiny
 - kvašení
 - a samozřejmě filtrace sladinu.

Filtr 2001 není konec vývoje, nýbrž začátek, protože pivovarský průmysl je otevřen novým myšlenkám a technikám.

Předneseno v rámci odborného doprovodného programu PIVEX 94

Melis, M.: Sladinový filtr 2001 - praktické zkušenosti. Kvas.prům., 40, 1994, č.6, s. 165 - 169

Čtyři roky praktických zkušeností se sladinovým filtrem 2001 potvrzují jeho kvalitu a vynikající schopnosti. V rychlém procesu, který trvá méně než 2 hodiny, vyprodukuje velmi čistou sladinu. Mezi složením sladinu ze scezovací kádě a sladinu získané filtrem 2001 nejsou podstatné rozdíly.

Vysoká kvalita sladinu z filtru 2001 je spojena s vysokou výtěžností, malým množstvím vyslazovací vody a nízkým provzdušněním. Získaná kvalita piva před pasterací i po ní se neliší od kvality piva získané pomocí scezovací kádě.

Melise, M.: Mash Filter 2001 As Seen From Practical Experience Kvas.prům., 40, 1994, No.6, pp. 165 - 169

4 years of practical experience with mash filter 2001 bear witness of its quality and excellent performance. During a rapid process lasting less than 2 hours, it is capable to produce a very clear wort. No difference between wort from lauter tun and that from mash filter 2001 was found.

The excellent wort quality outflowing from 2001 filter is linked with high yield, small amount of sparging water and low level of aeration.

The quality of thus obtained beer before and after its pasteurization does not differ from that obtained by means of lauter tun.

Melis, M.: Süßwürzefilter 2001 - praktische Erfahrungen. Kvas.prům., 40, 1994, Nr.6, S. 165 - 169

Die vierjährige praktische Erfahrungen mit dem Süßwürzefilter 2001 bestätigen die Qualität und die hervorragenden Eigenschaften und Fähigkeiten der Anlage. In einem schnellen Prozeß, der weniger als 2 Stunden dauert, wird eine sehr klare Süßwürze produziert. In der Zusammensetzung bestehen

zwischen den Süßwürzen aus dem Läuterbottich und aus dem Filter 2001 keine Unterschiede.

Die hohe Qualität der Süßwürze aus dem Filter 2001 ist mit weiteren Vorteilen verbunden. Dazu gehören die höhere Ausbeute, kleine Menge des Aussüßwassers und niedrigere Belüftung. Die erzielte Bierqualität vor sowie auch nach der Pasteurisation ist den Läuterbottichbieren ebenbürtig.

Мелис, М.: Фильтр сусла 2001 - практический опыт. Квас. прум., 40, 1994, №6, стр. 165 - 169

Четыре года практического опыта по применению фильтра сусла 2001 подтверждают его качество и знаменитые способности. В быстром процессе, длящемся менее чем два часа, предоставляет весьма прозрачное сусло. Между составом сусла из фильтрационного чана и сусла, полученного фильтром 2001 не находится никакая разница.

Высокое качество сусла из фильтра 2001 связано с высоким выходом, малым количеством выслаживающей воды и низким воздухоовлечением. Полученное качество пива до пастеризации и после нее не отличается от качества пива, полученного при помощи фильтрационного чана.