

# Pivovazství a sladažství

## Problematika varního výtěžku

663.644.3

Ing. JIŘÍ CUŘÍN, CSc. - Ing. VLADIMÍR ČERNOHORSKÝ, Pokusné a vývojové středisko OŘPS Praha

*Předneseno na Pivovarsko-sladařských dnech v Č. Krumlově v říjnu 1974*

### 1. Úvod

Mezi nejdůležitější charakteristiky varního procesu patří varní výtěžek. I když varní výtěžek má také svoji důležitost technologickou, hlavní význam této charakteristiky je především v oblasti ekonomiky pivovarské výroby. Z tohoto hlediska byl vždy varnímu výtěžku přikládán značný význam a věnovala se mu i patřičná pozornost. Přístup k jedné a téže problematice se však výrazně mění podle momentální situace v pivovarsko-sladařské výrobě. V současné době je hlavním cílem všech snah intenzifikace a všestranná racionalizace výroby. Je proto jistě účelné zabývat se problematikou varního výtěžku právě z tohoto hlediska, s přihlédnutím k některým našim nově získaným poznatkům.

Nejzávažnější a bohužel i dosti často opakovanou chybou je při posuzování průběhu varního procesu jednostranný přístup k této otázce. Chceme-li dojít ke správnému konečnému závěru, nesmí být při hodnocení opomenuto žádné z technologických či ekonomických hledisek. Je tomu tak proto, že podmínky, za kterých lze dosáhnout nejlepších výsledků z hlediska jednotlivých dílčích pohledů [kvalita mladiny, rychlost průběhu, varní výtěžek atd.] jsou vzájemně značně protikladné. Nejtypičtějším příkladem jsou protikladné podmínky, za kterých lze dosáhnout maximálního varního výtěžku a co nejrychlejšího průběhu procesu. Celkové optimální řešení není proto nikdy totožné s optimálním řešením jednoho dílčího aspektu varního procesu a není možno ani doporučit nějaké univerzálně platné optimální řešení. Optimální volba podmínek průběhu varního procesu je vždy kompromisem, vázaným na specifické místní podmínky.

Nejdůležitějšími faktory, ovlivňujícími varní výtěžek, jsou za klasických podmínek mechanické složení sladového šrotu, dále způsob rmutování a konečně i kvalita vyslazení mláta. Dále si těchto jednotlivých činitelů povšimneme podrobněji.

### 2. Vliv mechanického složení sladového šrotu na varní výtěžek

Přesto, že souvislost mezi mechanickým složením sladového šrotu a varním výtěžkem je již dávno všeobecně známa, není správné seřízení šrotovníku stále jednoduchou záležitostí. Je tomu tak proto, že je třeba hledat případ od případu odlišný optimální kompromis mezi výší varního výtěžku a rychlostí varního procesu, v tomto případě určenou rychlostí scezování. O tom, do jaké míry je únosné zmenšovat počet vyrobených várek za cenu vyššího varního výtěžku a opačně, nerozhodují technologická hlediska, nýbrž hledisko celkové ekonomiky výroby. Východiskem pro určení optimální struktury sladového šrotu by měla být poměrně rozsáhlá škála šrotovacích zkoušek se sladem, který jakostí odpovídá průměrné jakosti zpracovaného sladu. Výsledky jedné takové zkoušky na čtyřválcovém šrotovníku jsou uvedeny v *tabulce 1*. Seřízení válců šrotovníku je uvedeno ve vztahu k maximální vzdálenosti mezi válci (maximální přitažení = 100 %). Ze získaných výsledků je třeba vybrat ten, který nejlépe odpovídá hodnotám doporučeným v literatuře. V tomto směru se nám nejlépe osvědčily hodnoty doporučené *Mendlem* [1]. V uvedeném příkladu vyhovuje doporučení Mendla nejlépe šrot získaný při seřízení válců 20/30 %. Další zpřesňování je výsledkem dlouhodobě prováděných korektur.

Snahou každého pivovarského technologa je pochopitelně získat sladový šrot, který by při co nejvyšším obsahu nepoškozených pluch obsahoval co nejvíce jemných podílů. I když manipulace se seřízením válců klasického šrotovníku za sucha otvírá v tomto směru značné možnosti, nelze přesto překročit určitou hranici. Proto byly vypracovány postupy, které umožňují další zlepšení. Jde o šrotování za sucha se separací pluch, dále o vlhčení sladu před šrotováním a konečně o šrotování za mokra. Před šrotováním se slad vlhčí buď vodou, nebo



Tabulka 1 Škla šrotovacích skoušek

Síto Pfungstadtského prosévadla	Seřízení válců šrotovnicku [%]				
	10/10	10/30	10/40	20/30	30/10
1. pluchy	30,5	20,8	18,3	12,3	16,2
2. krupice I	14,7	10,7	10,2	8,4	12,8
3. krupice II	32,1	24,7	25,1	29,2	27,8
4. krupička I	11,5	18,7	14,3	10,8	16,6
5. krupička II	1,9	8,4	11,8	30,6	8,5
dno mouka	9,3	16,7	20,3	8,7	18,1

  

Síto Pfungstadtského prosévadla	Seřízení válců šrotovnicku [%]				
	30/30	30/50	40/60	50/60	70/70
1. pluchy	10,7	14,8	14,4	12,0	14,4
2. krupice I	7,5	5,8	5,2	4,8	5,2
3. krupice II	27,4	24,0	18,8	17,7	18,8
4. krupička I	25,7	10,8	10,5	11,0	10,5
5. krupička II	6,9	25,0	29,6	26,9	29,6
dno mouka	21,8	19,6	21,5	27,6	21,5

Tabulka 2 Doporučené mechanické složení sladového šrotu podle Mendla

Síto Pfungstadtského prosévadla	Počet válců mlýnu		
	2	4	6
1. pluchy	20	15	13
2. krupice I	10	7	4
3. krupice II	15	11	7
4. krupička I	10	25	30
5. krupička II	20	17	20
dno mouka	25	25	27

nasycenou parou. Podle výsledků, které jsme v tomto směru získali, je při zvlhčení sladu o 1 až 2 % možno zkrátit dobu scezování asi o 14 % při zvýšení varního výtěžku o 1 až 2 % [2]. Změny ve složení sladového šrotu a s ním související změny rychlosti scezování a ve varním výtěžku, vyvolané vlhčením sladu před šrotováním, jsou dobře patrné z tabulky 3. Kromě předností má ovšem, jako každý jiný, i tento postup své problémy. Při vlhčení sladu vodou vznikají obtíže s dosažením rovnoměrného zvlhčení, při vlhčení parou zase existuje reálné nebezpečí inaktivace sladových enzymů zvýšením teploty sladu.

Tabulka 3 Změny vyvolané vlhčením sladu před zekrotováním v mechanickém složení sladového šrotu, v rychlosti scezování a ve varním výtěžku

Síto Pfungstadtského prosévadla	Seřízení válců šrotovnicku [%]		
	10/40	30/50	50/50
1. pluchy	20,5	42,6	34,4
2. krupice I	11,4	4,6	5,4
3. krupice II	22,2	14,4	13,2
4. krupička I	20,9	15,2	19,5
5. krupička II	6,6	3,4	3,7
dno mouka	18,4	19,8	23,8

  

Přírůstek vlhkosti [% hm]	0	1,9	1,9
Doba scezování [min]	192	140	165
Varní výtěžek [%]*	71,7	73,8	73,6

\*) vyjádřeno v přepočtu na standardní slad

Oba zmíněné problémy odpadají při šrotování za mokra. Tímto způsobem lze podle našich zkušeností dosáhnout zkrácení doby scezování až o 30 % při stejném [3] varním výtěžku jako při aplikaci klasického šrotování za sucha. Zvýšení varního výtěžku, o kterém při šrotování za mokra hovoří některé prameny, se nám nikdy nepodařilo zjistit.

### 3. Vliv rmutování na varní výtěžek

Rmutování ovlivňuje varní výtěžek výši a časovým průběhem rmutovacích teplot. Chceme-li získat co nejvyšší varní výtěžek, musíme obě zmíněné charakteristiky pružně přizpůsobovat kvalitě svařovaných sladů. V tomto směru je třeba především připomenout, že při zpracování špatně rozluštěných sladů je třeba používat nižších rmutovacích teplot, než při zpracování sladů rozluštěných normálně. Zatímco při rmutování sladů normálně rozluštěných se celkové množství extraktu v rozmezí teplot 60 až 80 °C nijak podstatně nemění, u nedoluštěných sladů nastává při teplotách nad 70 °C prudký pokles [4]. Vedle výše rmutovacích teplot má, jak již bylo řečeno, značný význam i jejich časový průběh, respektive celkové trvání procesu. Obecně lze konstatovat, že zkracování rmutovacího procesu nutně snižuje varní výtěžek. Tato skutečnost je zřetelně patrná z porovnání varních výtěžků klasického dvourmutového varního postupu, zkráceného dvourmutového postupu a jednormutového varního postupu (tabulka 4).

Tabulka 4 Vliv rmutovacího postupu na varní výtěžek

Typ varního postupu	Klasický dvourmutový	Zkrácený dvourmutový	Jednormutový
Celková doba várky minut <sup>1)</sup>	445	410	395
Varní výtěžek [%] <sup>2)</sup>	73,8 ± 0,1	73,4 ± 0,1	73,5 ± 0,1

<sup>1)</sup> Průměrná hodnota z pěti várek<sup>2)</sup> Vyjádřeno v přepočtu na standardní slad

### 4. Vliv scezování na varní výtěžek

Scezování, respektive především vyslazování, jak již vyplývá ze samotného názvu, je posledním z nejdůležitějších faktorů, působících na výši varního výtěžku. Kvalita vyslazení je vedle mechanického složení vrstvy mláta určena rychlostí a způsobem vyslazování a množstvím vyslazovací vody. Vztah mezi rychlostí vyslazování a výši varního výtěžku je natolik významný, že je limitujícím faktorem intenzifikace tohoto procesu. Vyslazování není totiž pouze mechanickým procesem (filtrací), nýbrž značný význam má i extrakce, při níž doba průběhu procesu hraje významnou roli. Čím déle je vyslazovací voda ve styku s mlátem, tím účinnější je vyslazování, neboť extrakční rovnováha je výrazněji posunuta žádoucím směrem. Čím rychleji proto vyslazovací voda prochází vrstvou mláta (nebo posuzováno z hlediska staženého výstřelku, čím tzv. rychlejší je vyslazování), tím je vyslazovací efekt nižší a k dosažení téhož stupně vyslazení mláta je zapotřebí většího objemu výstřelkové vody. Ovšem objem výstřelkové vody, jak je všeobecně známo, nemůže být ani zdaleka libovolný. Je jednoznačně určen objemem předku a velikostí odparu, dosahovaného při chmelovaru. Má-li být dodržena požadovaná koncentrace vyražené mladiny, je možno zvýšené množství výstřelku vykompenzovat pouze prodloužením chmelovaru, což je pochopitelně spojeno se zvýšením spotřeby tepelné energie a prodloužením celkového trvání varního procesu. Při dodržení obvyklého časového harmonogramu varního procesu je velikost výstřelků, resp. celkové množství stažené sladinu výrazně ovlivněno intenzitou chmelovaru. Z hlediska varního výtěžku je tedy žádoucí, aby chmelovar byl co nejintenzivnější a co nejdelší. Zkracování chmelovaru, snižování jeho intenzity a popřípadě i nahrazení jiným energeticky i časově výhodnějším postupem (tlakově tepelné nárazy ap.) postrádajícím odpar, musí nutně působit na úkor varního výtěžku.

Všechny uvedené skutečnosti jsou dobře patrné z výsledků, shrnutých v tabulce 5. Klesající rychlosti scezování odpovídá klesající celkový objem sladinu, nutný



Tabulka 5 Vliv rychlosti vysazování na varní výtěžek

Várka	1	2	3
Celková doba svezování minut	180	235	255
Předek [% hm]	15,10	15,12	15,05
Poslední výtěžek [% hm]	1,15	1,20	1,00
Celkové množství stažené sladiny [hl]	431	368	352
Teoretický varní výtěžek [%]*	72,9	73,2	73,1
Skutečný varní výtěžek*)	69,3	72,3	72,8

\*) vyjádřeno v přepočtu na standardní slad

k dosažení téhož stupně vysazení. Obdobně při vyrovnání teoretického varního výtěžku (vypočteném za předpokladu využití veškerého výtěžku) s klesající rychlostí svezování stoupá skutečný varní výtěžek.

### 5. Metodika a přesnost výpočtu varního výtěžku

I když metodické otázky výpočtu přímo nesouvisí s problémy vlastní technologické podstaty varního výtěžku, mají tyto otázky značný význam pro správné posuzování zjišťovaných skutečností. V ČSSR používaná metodika výpočtu varního výtěžku, vycházející ze standardního sladu, je pro klasické podmínky velmi dobře zpracována, takže některé nejasné otázky zbývají pouze v oblasti zpracování surogátů.

Při zpracování surového cukru vznikají někdy nejasnosti v tom, jakou hodnotu extraktivnosti použít pro výpočet varního výtěžku. V tomto směru je jediné správnou hodnotou hodnota odvozená z hustoty cukerného roztoku, neboť obsah sušiny v mladině se odvozuje rovněž z její hustoty [5].

Další nejasnosti vyvstávají při zpracování škrobnatých surogátů, především při zpracování nesladovaného ječmene. Názory se různí v tom, jaké má být mechanické složení ječného šrotu, použitého k laboratorní analýze. Není vždy shoda v tom, zda má být k analýze použito provozního šrotu nebo standardního šrotu získaného v laboratoři (podíl mouky a moučky 95 % hm.). K této otázce je třeba zdůraznit, že již ze samotného charakteru výpočtu varního výtěžku plyne bezpodmínečná nutnost použít pro laboratorní stanovení extraktivnosti nesladovaného ječmene laboratorního šrotu o standardním složení. Varní výtěžek, tak jako drtivá většina ostatních charakteristik pивовarské výroby, má konvenční charakter a při nedodržení standardního postupu ztrácí vzájemnou porovnatelnost a tím i jakýkoliv praktický význam. Vezme-li proto za základ pro výpočet varního výtěžku extraktivnost nesladovaného ječmene, získanou analýzou provozního šrotu, prakticky se zbavíme možnosti kontrolovat varní proces.

Tabulka 6 Spolehlivost hodnoty varního výtěžku vypočteného z výsledků jedné várky

Výchozí podklad	Spolehlivost [%]
Váha sypání	± 2,0
Extraktivnost sladu	± 2,0
Koncentrace mladiny	± 2,5
Hustota mladiny	± 2,5
Objem vyražené mladiny	± 5,0
Celkem	± 14,0

Při vzájemném porovnání varních výtěžků různých várk je konečně velmi důležitá spolehlivost jednotlivých hodnot. Situaci v tomto směru za optimálních provozních podmínek dokumentují údaje, uvedené v tabulce 6. Spolehlivost jednotlivých veličin používaných při výpočtu varního výtěžku je udána za předpokladu, že váha sypání je zjišťována výklopnou vahou, extraktivnost sladu kongresní metodou, koncentrace mladiny a z ní zpětně plynoucí hustota sacharometricky a objem vyražené mladiny odměrnou tyčí. Celková relativní chyba je při vý-

počtu zahrnujícím dělení a násobení rovna součtu relativních chyb dílčích podkladů [6].

Z údajů uvedených v tabulce 6 je zřetelně vidět, že u varního výtěžku vypočteného z údajů získaných v rámci jediné várky, dosáhne relativní spolehlivost  $\pm 14\%$  zjištěné hodnoty. U varního výtěžku mezi 70 až 75 % to znamená absolutní spolehlivost  $\pm 1\%$ , tedy např. 73,2  $\pm 1\%$ . Vezmeme-li v úvahu tuto velmi nepříznivou skutečnost, znamená to, že nemá význam udávat varní výtěžek s větší přesností než na desetiny a že z výsledků jednotlivých várk nelze ve většině případů udělat seriózní závěry. Jedinou cestou, umožňující zvýšení spolehlivosti výsledků, je opakování várk. Průměrné hodnoty, získané z více várk, jsou výrazně spolehlivější a umožňují spolehlivější závěry. Zvýšíme-li např. počet posuzovaných várk ze dvou na pět, lze očekávat přibližně devítinásobné zvýšení věrohodnosti průměrného výsledku.

Spolehlivost průměrných hodnot se stanoví běžnými matematicko-statistickými metodami.

### Literatura

- [1] DYR, J. — HAUZAR, J.: Chemie a technologie sladů a piva, díl 1., SNTL Praha 1932
- [2] ČURÍN, J. — ČERNOHORSKÝ, V.: Kvas. prům. 15, 1969, č. 4, s. 75
- [3] ČURÍN, J. — ČERNOHORSKÝ, V.: Kvas. prům. 17, 1971, č. 4, s. 73
- [4] WEINFURTER, F. — WULLINGER, F. — PIENDL, A.: Brauwelt 105, 1965, č. 98/99, s. 1857
- [5] ČURÍN, J. — ŠTICHAUER, J.: Kvas. prům. 18, 1970, č. 12, s. 289
- [6] JAKOVLEV, K. P.: Matematické zpracování výsledků, SNTL Praha 1958

Čurín, J. — Černohorský, V.: Problematika varního výtěžku. Kvas. prům. 21, 1975, č. 1, s. 3—6.

Možnosti intenzifikace klasického varního procesu jsou omezeny tím, že každé jeho zkrácení zpravidla snižuje varní výtěžek. Bez negativního vlivu na varní výtěžek je pouze intenzifikace aplikací šrotování se separací pluch, vlhčení sladu před šrotováním a šrotování za mokra. Naproti tomu varní výtěžek zřetelně snižuje zkrácené rmutování, zkrácení svezování rychlejší průtokem vysazovací vody vrstvou mláta a snižování odparu při chmelovaru, zejména nahrazení chmelovaru jiným zásahem postrádajícím odpar. Optimální časový průběh varního procesu je třeba odvodit z celkového ekonomického posouzení.

Spolehlivost varního výtěžku vypočteného z výsledku jedné várky je  $\pm 14\%$  za optimálních podmínek klasické výroby. Lze ji zvýšit pouze výpočtem z průměrných výsledků většího počtu várk.

Цуржин, Ю. — Черногорски, Вл.: Проблематика выхода экстракта пива. Квас. прум. 21, 1975, № 1, стр. 3—6

Возможность интенсификации так наз. классического варочного процесса ограничена тем, что сокращение его длительности влияет в большинстве случаев на величину выхода сусла, а следовательно и пива. Интенсифицировать без отрицательного влияния на выход можно лишь некоторые операции, как напр. дробление солода, его очистку от примесей, остатков оболочек итп., сбраживание солода перед дроблением и размол солода в мокром состоянии. Другие операции, т. е. затирание, сцеживание сусла через слой дробины, охмеливание итд. невозможно без отрицательного влияния на выход сокращать. Нельзя в особенности осуществить охмеливание, т. е. варку сусла с хмелем с исключением испарения. Оптимальную длительность процесса варки определяют экономические показатели.

Выход, рассчитанный по результатам одного цикла варки не дает достаточной ориентировочной информации, так как при условии применения классической технологии выход может колебаться в пределах  $\pm 14\%$ . Достаточно достоверную величину среднего выхода можно подсчитать лишь по результатам ряда варок.



**Cuřín, J. - Černohorský, Vl.: Some Problems of Copper Yields.** Kvas. prům. 21, 1975, No. 1, pp. 3—6.

Measures aimed at the intensification of traditional brewing process are practically limited by the well known fact that by shortening the duration of the process the yields of the product are reduced, too. Only certain operations such as malt grinding, separation of impurities and chaff, malt moistening prior to grinding and wet grinding can be intensified without any negative effects upon the yield. All other operations, including mashing in kieves, straining through the layer of spent grains, hopping in coppers etc. cannot be speeded up without affecting the yield. Especially traditional hopping, i. e. boiling of wort with hops cannot be replaced by some other method reducing evaporation. Optimum duration of brewing process can be calculated by applying economical criteria.

Yield calculated from one single brewing can provide no reliable information, since the yields of individual brewings — if traditional methods are used — may differ by as much as  $\pm 14\%$ . To obtain a reliable average figure it is necessary to calculate it from a number of brewings.

**Cuřín, J. - Černohorský, Vl.: Die Problematik der Sudhausausbeute.** Kvas. prům. 21, 1975, No. 1, S. 3—6.

Die Möglichkeiten der Intensifizierung des klassischen Sudprozesses sind dadurch begrenzt, dass jede Verkürzung des technologischen Prozesses in der Regel die Sudhausausbeute verringert. Ohne diesen negativen Einfluss auf die Sudhausausbeute können nur die folgenden technologischen Massnahmen appliziert werden: Schrotten mit Spelzenabtrennung, Befeuchtung des Malzes vor dem Schrotten und Naßschrotung. Dagegen wird die Sudhausausbeute deutlich herabgesetzt bei folgenden technologischen Eingriffen: verkürzte Maischverfahren, verkürztes Abläutern durch schnelleren Durchfluss des Aussüßwassers durch die Treberschicht, Verminderung des Verdampfens beim Hopfenkochen, vor allem Ersatz des klassischen Hopfenkochens durch technologische Eingriffen, bei denen die Verdampfung wegfällt. Der optimale Zeitverlauf des Sudprozesses muss aus der komplexen ökonomischen Beurteilung deduziert werden.

Die Verlässlichkeit der Sudhausausbeute, die aus einem einzigen Sud berechnet wurde, beträgt  $\pm 14\%$  bei optimalen Bedingungen für die klassische Sudhaustechnologie. Der Verlässlichkeitsgrad kann nur durch Berechnung aus Durchschnittsergebnissen einer grösseren Sudzahl erhöht werden.