

## TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY INFUZNÍCH A DEKOKČNÍCH ZPŮSOBŮ RMUTOVÁNÍ

### TECHNOLOGICAL ASPECTS OF INFUSION AND DECOCTION MASHING

JAN ENGE, PAVEL ŠEMÍK, JOSEF KORBEL, JIŘÍ ŠROGL, MIROSLAV SEKORA  
Plzeňský Prazdroj, a. s., U Prazdroje 7, 304 97 Plzeň

**Engel, J. – Šemík, P. – Korbek, J. – Šrogl, J. – Sekora, M.: Technologické aspekty infuzních a dekokčních způsobů rmutování.** Kvasny Prum. 51, 2005, č. 5, s. 158–165.

Pod rostoucím ekonomickým tlakem může docházet v pivovarech k úpravám rmutovacích postupů za účelem snížení energetické a časové náročnosti. Cílem experimentu bylo nalézt a popsat změny v analytických a senzorních parametrech piva připraveného různými postupy a na základě těchto výsledků upozornit na možná rizika.

Na várky byly použity stejné vstupní suroviny a měněny byly výhradně technologické podmínky. Pokus byl proveden v podmínkách minipivovaru. Byly zvoleny základní běžné postupy rmutování – infuze, jedno-, dvou- a třímüt. Rmutování bylo vedeno s cílem maximálního využití ekonomických a časových výhod intenzivních postupů. S rostoucí intenzitou postupu byly zvyšovány vystírací teploty a zkracovány celkové doby rmutování.

Nejvýraznější odlišnosti mezi jednotlivými postupy vykazaly parametry přímo ovlivněné rmutovacím postupem, jako barva mladiny a koagulovatelný dusík, které odpovídají tepelnému zatížení. Další parametry jsou závislé na obsahu látek vstupujících do chmelovaru, tj. zejména hořkost, obsah studených kalů, obsah kalů ve válci podle Imhoffa, obsah celkového rozpustného dusíku, celkových, oxidovatelných a oxidovaných polyfenolů, tanoidů, anthokyanogenů, alfa-glukanů a dimethylsulfidu v mladině.

U obsahu horkých kalů v mladině, oxalátů v mladině, beta-glukanů v mladině a filtrovaném pivu nebyly nalezeny výrazné závislosti na rmutovacím postupu. Mastné kyseliny v mladině i pivu a cukry v mladině byly srovnatelné, pouze v případě dvou- a třímütového postupu byl stanoven vyšší obsah glukosy. Cukry v mladém a filtrovaném pivu odpovídaly prokvašení, čírost filtrovaného piva byla rovněž díky filtraci na malém deskovém filtru v podmínkách minipivovaru srovnatelná.

Vlastnosti hotového piva jsou výrazně ovlivněny rmutovacím procesem, a proto je pro udržení charakteru každého piva nutné zachovávat tradiční postup. Ačkoli je při rozdílných technologických postupech možno dosáhnout podobných analytických výsledků, je zřejmé, že výsledné působení jednotlivých složek piva zásadně ovlivní výsledek při degustaci. Zejména u českých piv, vyráběných dekokčním postupem, která mají vysokou pitelnost, může mít změna varního postupu fatální následky.

**Engel, J. – Šemík, P. – Korbek, J. – Šrogl, J. – Sekora, M.: Technological aspects of infusion and decoction mashing.** Kvasny Prum. 51, 2005, No. 5, p. 158–165.

Changes to the mashing processes may be made in breweries in order to save energy and time due to the growing economical pressure. The goal of the experiment was to find and describe any changes in analytical and sensory parameters of beer prepared using different methods and based on the results point out any potential concerns.

The same raw materials were used for the brewing, only the mashing processes varied with each individual batch. The experiment was conducted in a pilot-plant scale. Four basic ordinary mashing methods – infusion and single, double and triple mash decoction – were chosen. The mashing was aimed to fully utilize the economic and time advantages of the intensified methods. With the increasing intensity of the method the mash-in temperatures increased and mashing time decreased.

The most distinct differences among the individual mashing procedures were shown by the parameters affected directly by the mashing process, like wort colour and coagulable nitrogen, which result from the heat load. Other parameters are dependant on the content of the substances entering the kettle boil that is especially bitterness, cold break content, level of solids in Imhoff's cone, content of soluble nitrogen, level of total, oxidizable and oxidized polyphenols, tannoids, anthocyanogens, alpha-glucans and dimethylsulphide in the wort.

No significant connections were found between the mashing method and the content of hot break in the wort, the oxalates in the wort

and the beta-glucans in the wort and the filtered beer. The content of fatty acids in the wort and the beer as well as the sugars in the wort were comparable, only in the case of two- and three-mash decoction methods higher content of glucose was measured. The content of sugars in green and filtered beer was found to be at the expected level given the degree of attenuation. The clarity of the filtered beer was also comparable given the pilot-plant scale plate and frame filter was used.

The mashing process significantly affects the character of the finished beer and that is why it is important to follow the traditional mashing method. Although it is possible to achieve similar analytical results using different technological (mashing) processes, it is obvious that the final effect of the individual beer components will dramatically influence the taste panel results. A change of the brewing process can have fatal consequences especially for Czech beers, which are traditionally brewed using decoction mashing resulting in their exceptional drinkability.

**Engel, J. – Šemík, P. – Korbek, J. – Šrogl, J. – Sekora, M.: Die technologische Aspekte von Infusions- und Dekoktionsverfahren.** Kvasny Prum. 51, 2005, Nr. 5, S. 158–165.

Unter wachsendem ökonomischen Druck, um die Zeit- und Energieersparnisse zu erreichen, können die Brauereien eine Regelung des Maischverfahrens akzeptieren. Der Artikel beschreibt ein Experiment von Verfassern, die Änderungen von analytischen und sensorischen Parametern des durch verschiedene Maischverfahren gesiedenes Bieres zu beschreiben und auf Grund der erhaltenen Resultaten die Aufmerksamkeit auf die mögliche Risiken zu richten.

Zur Sudvorbereitung in einer kleinen Versuchsbrauerei wurden immer die gleiche Rohstoffe angewandt, nur die technologische Parameter des Maischverfahrens wurden geändert. Die Würze wurde durch verschiedene übliche Verfahren (Einmaisch-, Zweimaisch- und Dreimaischverfahren) gebraut, das Maischen ist mit dem Ziel einer maximalen Ausbeutung von ökonomischen und zeitreduzierenden intensiven Maischvorgängen geführt worden. Mit einer wachsenden Maischverfahrensintensität sind die Einmaischttemperatur erhöht und die gesamte Maischverfahrenszeit verkürzt worden.

Die ausdrucksvollsten Verschiedenheiten unter angewandten Maischverfahren wiesen durch den ausgewählten Arbeitsvorgang direkt beeinflusste Parameter aus, z. B. Farbe der Würze und koagulierter Stickstoff, die der termischen Würzebelastung entsprechen. Die andere Parameter wurden vom Gehalt der in den Würzenkochenprozess kommende Stoffen abhängig, d.h. insbesondere eine Bitternis, Kaltrubgehalt, Trubgehalt im Zylinder laut Imhoff, der gesamte lösliche Stickstoff, gesamte-, oxidierbare-, oxidierte Polyphenole, Tannine, Anthokyanogene, Alfa-Glukane und Dimethylsulphid in der Würze.

Der Heisstrub-, Oxalats- und Betaglucanengehalt in der Würze und im fertigen Bier hängt vom Maischverfahren wesentlich nicht ab. Fettsäure und Zuckergehalt in der Würze und im fertigen Bier waren bei den verschiedenen Maischverfahren vergleichbar, nur im Falle des Zweimaisch- und Dreimaischverfahrens wurde einen erhöhten Glukosegehalt festgestellt. Der Zuckergehalt im Jungbier (Grünbier) und im fertigen Bier entsprach der Vergärung, die Klarheit des filtrierten Bieres war unter Bedingungen des Pilotplattenfilters in einer Versuchsbrauerei vergleichbar.

Die Eigenschaften des fertigen Bieres können durch Maischfahren wesentlich beeinflusst werden, aus diesen Gründen ist ein ursprünglicher Verfahren zu beibehalten und darf nicht geändert werden. Obwohl bei den verschiedenen Maischverfahren können eine ähnliche analytische Resultate erreicht werden, ist es klar, daß die resultierende Einwirkungen von den einzelnen Komponenten des Bieres das Ergebnis des Biervorkosten wesentlich beeinflussen können. Insbesondere bei der Herstellung des tschechischen Bieres, das durch einen Dekoktionsverfahren traditionell gebraut ist und eine hohe Beliebtheit bei den Verbrauchern ausweist, kann eine Brauverfahrenänderung zu den fatalen Ergebnissen führen.

Энге, Й. – Шемик, П. – Корбел, Й. – Шрогл, Й. – Секора, М.: **Технологические аспекты отварочного и инфузионного способов затирания солода.** Kvasny Prum. 51, 2005, No. 5, стр. 158–165.

Из-за экономических поводов могут на пивзаводах произойти изменения способа затирания с целью понижения потребления энергии и сокращения времени. Целью эксперимента было найти и описать изменения аналитических и сенсорных параметров пива изготовленного разными технологиями и на основе результатов обратить внимание на возможный риск.

Для варки было использовано одинаковое сырье, изменения были сделаны только в технологии. Эксперимент проходили в условиях мини-пивовара. Были избраны обыкновенные способы затирания: инфузия, одноотварочный способ затирания солода, затирание с отварками и трехотварочный способ затирания солода. При затирании были максимально использованы экономические и временные преимущества интенсивного прохождения процесса. С нарастающей интенсивностью повышались температуры затирания и сокращалось суммарное время затирания.

Самые значительные отличия между отдельными процессами оказали параметры, на которые непосредственно влиял способ затирания, как цвет суслу и коагулируемый азот, которые соответствуют тепловой нагрузке. Дальнейшие

**Klíčová slova:** *rmutovací postup, infuze, dekokce*

## 1 ÚVOD

Dlouhodobým sledováním vlivu technologických změn na vlastnosti mladiny v pivovaru Plzeňský Prazdroj, a.s. bylo zjištěno, že složení mladiny je rozhodující pro vlastnosti hotového piva. Kvalitu mladiny ovlivňuje:

- složení surovin (voda, slad, chmelové preparáty)
- technologický postup při přípravě mladiny
- technologické zařízení.

Informace v literatuře o rozdílech mezi jednotlivými dekokčními postupy a infuzí jsou nedostatečné. Pokud jsou někde uvedeny příklady rmutovacích postupů, většinou pouze schematicky popisují daný postup [1, 2, 3, 4], případně uvádějí typické složení mladiny [1, 2, 3], ale nezabývají se vlivem daného postupu na složení mladiny. Při čerpání a povařování rmutů dochází k provzdušnění. Tím se liší infuze i jednotlivé dekokční postupy. Je pravděpodobné, že probíhající oxidačně-redukční procesy jsou velmi rozdílné.

V českých zemích se běžně používají tradiční dekokční postupy, které jsou mimo jiné podmínkou v projektu České pivo. Cílem tohoto projektu je specifikovat charakteristické vlastnosti a odlišnosti českého piva a využít tento pojem v konkurenci zahraničních piv. V českém pivovarství má stále významné postavení hlávkový nebo granulovaný chmel, který pivu dodává dostatečné množství polyfenolů a typické chmelové aroma. Známý český sládek F. O. Poupě zaváděl v Čechách dekokci místo infuze, zejména proto, že v té době to byla jediná možnost, jak zlepšit kvalitu.

**Povařování rmutů:**

- zvyšuje jakost piva (pitelnost, plnost, zaokrouhluje se chuť, pivo má osobitý charakter)
- zlepšuje výtěžky (koagulace částí bílkovin zlepšuje výtěžnost hořkých látek a zajišťuje vyšší množství polyfenolů)
- vyšší obsah melanoidinů a polyfenolů dává lepší předpoklady pro vyšší antioxidační schopnost a pro senzoryckou stabilitu piva
- s počtem rmutů se zvýrazňují výhody dekokce (redukce mikroorganismů, odpaření některých nežádoucích sloučenin)
- zvyšuje ústojnou (pufrovací) schopnost mladiny a piva.

Nevýhodou těchto postupů jsou vyšší časové a energetické nároky. Naopak infuzní postupy jsou z pohledu českých sládků netradičním postupem, který poskytuje piva s nižší plností chuti, nižší pitelností, tzv. chuťově měkká a nevyrazná.

**Rmutování bez povařování rmutů:**

- je nevhodné pro odrůdy ječmene českého typu, které nebyvají tak rozluštěné
- dochází k problematické hydrolyze beta-glukanů
- nedostatečná separace negativních těkavých látek, ke které dochází až během chmelovaru
- nižší varní výtěžky, horší zcukření
- vyšší čírost hotových piv, nižší barva.

Výhodou je nižší energetická a časová náročnost, která bývá ještě zvýrazněna použitím přelouštěných sladů.

parametry závisí od содержания веществ, участвующих в варке суслу, т.е. прежде всего горечь, содержание суммарного растворимого азота, суммарных окисляемых и окисленных полифенолов, таноидов, антокианогенов, альфа-глюканов и диметилсульфида в сусле.

В содержании горячего труба в сусле, оксалатов в сусле, бета-глюканов в сусле и в профильтрованном пиве не была найдена значительная зависимость от способа затирания. Жирные кислоты в сусле и пиве и сахара в сусле были сравнимы, только при затирании с отваркой и трехотварочном способе затирания было определено более высокое содержание глюкозы. Сахары в молодом и профильтрованном пиве соответствовали сбраживанию. Также прозрачность профильтрованного пива была благодаря малому пластинчатому фильтру в условиях мини-пивовара сравнима.

На свойства готового пива процесс затирания влияет значительным образом и поэтому для сохранения характера каждого пива необходимо соблюдать традиционный процесс. Хотя разными технологическими процессами можно достичь подобных аналитических результатов, видимо, что результирующее влияние отдельных компонентов пива принципиально повлияет на результат при дегустации. Особенно в случае чешских пив, производимых отварочным способом получения суслу, имеющих высокий эффект напитокки может иметь изменение варочного процесса фатальные следствия.

**Keywords:** *mashing process, infusion, decoction*

## 1 INTRODUCTION

It was found through long-term observations of the influence of technological changes on the wort's characteristics in Pilsner Urquell, Plc brewery that the wort composition determines the characteristics of the finished beer. The following factors affect the wort's quality:

- raw material composition (water, malt, hop products)
- technological process of wort production
- technological equipment used.

Information in literature on the differences between the individual decoction methods and infusion are insufficient. If there are examples of the mashing methods stated, they usually just schematically describe the given process [1, 2, 3, 4], or they possibly state the typical wort composition [1, 2, 3], but they do not explore the effect of a given method on the wort composition. Aeration occurs during mash transfers and boiling. That is where infusion and the individual decoction methods differ. It is likely that the redox processes occurring are very different.

Czech breweries most often use the traditional decoction methods, which are among other things also a requirement in the project Ceske pivo (Czech Beer). The aim of this project is to specify the typical qualities and differences of Czech beer and use this notion in the competition of foreign beers. Hop cones or hop pellets, which provide the beer with a sufficient amount of polyphenols and a typical hop aroma, still have an important role in Czech brewing. A well-known Czech brewmaster F. O. Poupě established decoction instead of infusion, particularly because at that time that was the only option that would improve the quality.

**Mash boiling:**

- improves the beer quality (drinkability, bodiness, smoothes out the taste, the beer has a individual character)
- improves the brewhouse yield (partial protein coagulation improves bitterness utilization and ensures a higher polyphenol content)
- a higher melanoidine and polyphenol content offers a greater chance of a better antioxidation ability and a sensoric stability of the beer
- as the number of mashes increases the advantages of decoction increase also (reduction of microorganisms, evaporation of some volatile compounds)
- raises the buffering ability of wort and beer.

The disadvantage of decoction is its high demand for time and energy.

From the Czech brewmasters' point of view, the infusion process, on the other hand, are non-traditional and produce beer with a lower bodiness, drinkability, taste "soft" and are not appealing.

**Mashing without mash boiling:**

- is not suitable for Czech barley varieties, that are not as modified
- problematic hydrolysis of beta-glucans occurs

## 2 USPOŘÁDÁNÍ POKUSU

Pokus byl proveden v podmínkách minipivovaru (*obr. 1*), který je vybaven dvounádobovou varnou a třemi cylindrokónickými tanky. Varní proces a proces kvašení je kontrolován automatickým řídicím systémem. Pro várky byly použity stejné vstupní suroviny a byly měněny výhradně technologické podmínky. Byly zvoleny čtyři základní a běžné postupy rmutování, a to infuze, jedno-, dvou- a třírmut.

Rmutování bylo vedeno tak, aby byly maximálně využity ekonomické a časové výhody intenzivních postupů. Na *obr. 2* jsou uvedeny diagramy jednotlivých rmutovacích postupů, ze kterých jsou zřejmé rozdílné vystírací teploty a celkové doby rmutování. Dosažitelné prokvašení várek bylo v rozmezí 77–82 %.

Objem várky byl 130 litrů. Chmelovar trval 90 min, kvašení probíhalo při

- insufficient separation of negative volatiles, which is postponed until kettle boil
- lower brewhouse yields, worse saccharification
- higher clarity of finished beer, lower colour.

The advantage is the lower demand for time and energy, which is often enhanced by the use of overmodified malt.

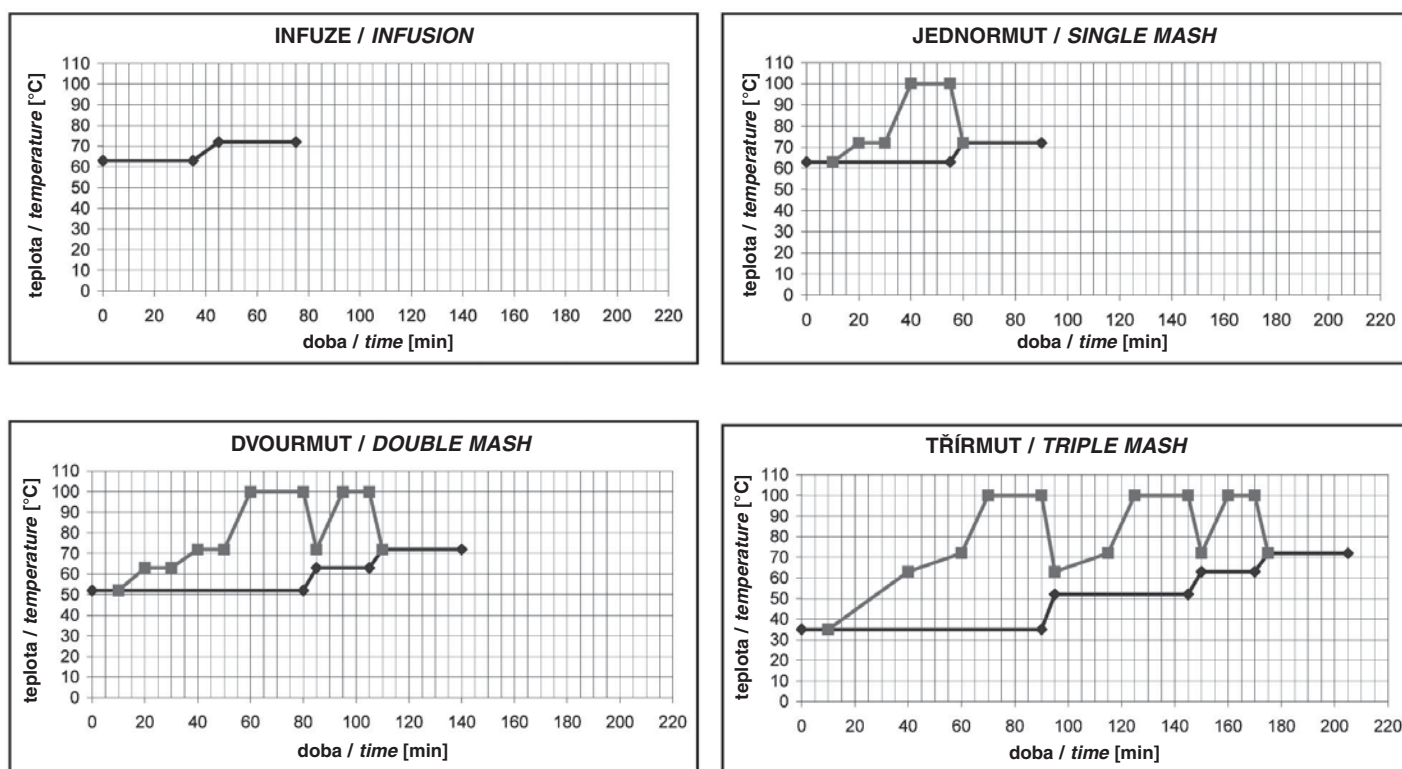


Obr. 1 / Fig. 1 Vybavení minipivovaru / Pilot-plant equipment

## 2 EXPERIMENT SET-UP

The experiment was conducted in a pilot-plant scale microbrewery (*Fig. 1*), which is equipped with a two-vessel brewhouse and three uni-tanks. The brewing and fermenting processes are controlled by an automatic system. The same raw materials were used for the brewing, only the mashing processes varied with each individual batch. Four basic ordinary mashing methods – infusion and single, double and triple mash decoction – were chosen.

The mashing was directed to fully utilize the economic and time advantages of the intensified methods. *Fig. 2* shows diagrams of the individual mashing processes, where the different mash-in temperatures and total mashing times are evident. The degree of attenuation of batches was in the range 77–82 %.



Obr. 2 / Fig. 2 Diagramy jednotlivých rmutovacích postupů / Diagrams of individual mashing processes

9 °C v cylindrokónickém tanku 7–8 dní. Poté bylo pivo během jednoho dne zchlazeno na 3 °C a po odstřelu kvasnic sesudováno do keg-sudu. Ležení v keg sudu při 0 °C trvalo 20–25 dní. Poté bylo pivo zfiltrováno na deskovém filtru.

## 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 3.1 Analytické parametry

Fyzikální a chemické vlastnosti mladiny, mladého piva, piva na konci ležení a finálního produktu jsou uvedeny v *tab. 1*.

**Volný aminodusík:** S klesající teplotou vystírky v pořadí infuze, dvourmut, třírmut rostl obsah volného aminodusíku (FAN) v mladině od 175 do 200 mg/l. Výjimkou byl jednormut, který měl nejnižší obsah aminodusíku v mladině 160 mg/l. U piva se od konce hlavního

The batch volume was 130 litres. Kettle boil was set for 90 min, the fermentation was set at 9 °C for 7–8 days in a uni-tank. After fermentation the beer was cooled down to 3 °C during 24 hours and after yeast removal it was transferred into a keg. The aging process took 20–25 days at 0 °C. The beer was then filtered through plate and frame filter.

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Analytical parameters

Physical and chemical characteristics of wort, green beer, beer at the end of aging and finished beer are shown in *Tab. 1*.

**Free amino-nitrogen (FAN):** With the dropping mash-in temperature the content of FAN in wort ranged from 175 to 200 mg/L in or-

Tab.1 Fyzikální a chemické parametry při různých technologiích / *Physical and chemical parameters of individual mashing method*

	<b>Infuze / Infusion</b>	<b>Jednormut / Single mash decoction</b>	<b>Dvourmut / Double mash decoction</b>	<b>Třírmut / Triple mash decoction</b>
<b>Volný aminodusík / FAN [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	178	160	190	207
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	100	109	123	122
Pivo na konci ležení / <i>Finished unfiltered beer</i>	106	104	130	124
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	102	107	126	128
<b>Celkový rozpustný dusík / Total soluble nitrogen [mg/100 ml]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	93.5	92.4	98.3	91
<b>Koagulovatelný dusík / Coagulable nitrogen [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	28	27	25	24
<b>Barva / Colour [EBCU]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	15.9	15.7	18.6	19.9
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	12.5	12.7	14.9	16.0
Pivo na konci ležení / <i>Finished unfiltered beer</i>	12.7	12.6	14.9	17.3
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	10.7	10.6	12.8	14.1
<b>pH</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	5.39	5.51	5.37	5.53
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	4.65	4.57	4.60	4.62
Pivo na konci ležení / <i>Finished unfiltered beer</i>	4.75	4.68	4.79	4.54
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	4.65	4.62	4.71	4.53
<b>Hořkost / Bitterness [BU]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	60.5	61.4	65.1	64.8
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	38.1	38.9	45.3	42.6
Pivo na konci ležení / <i>Finished unfiltered beer</i>	42.2	43.2	45.9	43.7
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	36.6	39.7	43.1	39.8
<b>Studené kaly / Cold break content [g/50 g]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	0.449	0.418	0.34	0.313
<b>Kaly ve válci dle Imhoffa / Wort solid content in Imhoff's cone [ml]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	2.95	2.11	1.83	0.84
<b>Celkové polyfenoly / Total polyphenols [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	226	267	293	286
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	177	233	256	241
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	184	191	224	216
<b>Oxidovatelné polyfenoly / Oxidizable polyphenols [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	7.25	7.81	9.89	8.03
<b>Oxidované polyfenoly / Oxidized polyphenols [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	4.12	3.37	4.76	3.64
<b>Tanoidy / Tannoids [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	126	151	123	134
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	52.9	88.4	92.4	85.8
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	28.5	35.6	37.8	36.8
<b>Anthokyanogeny / Anthocyanogens [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	44.2	79.4	90.4	88.2
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	55.2	70.2	73.4	75.1
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	40.1	50.3	65.4	59.4
<b>Alfa-glukany / Alpha-glucans [mg/l]</b>				
Mladina / <i>Hopped wort</i>	0.59	0.21	0.16	0.09
<b>Diacetyl / Diacetyl [mg/l]</b>				
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	0.352	0.261	0.231	0.294
Pivo na konci ležení / <i>Finished unfiltered beer</i>	0.064	0.067	0.052	0.092
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	0.062	0.058	0.045	0.068
<b>Vyšší alkoholy / Higher alcohols [mg/l]</b>				
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	75.2	75.6	79.4	64.5
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	77.7	65.8	76.3	65.6
<b>Estery / Esters [mg/l]</b>				
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	18.27	17.9	17.78	14.21
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	17.59	18.35	14.81	14.54
<b>Poměr vyšší alkoholy/estery / Higher alcohols/esters ratio</b>				
Mladé pivo / <i>Green beer</i>	4.12	4.22	4.47	4.54
Filtrované pivo / <i>Filtered beer</i>	4.42	3.59	5.15	4.51

<b>Acetaldehyd / Acetaldehyde [mg/l]</b>				
Mladé pivo / Green beer	11.3	10.2	8.1	7.2
Filtrované pivo / Filtered beer	10.7	10	8.3	6
<b>Dimethylsulfid (DMS) / Dimethylsulphide (DMS) [mg/l]</b>				
Mladina / Hopped wort	18	15	14	12
Filtrované pivo / Filtered beer	46	38	36	33
<b>Prekursory dimethylsulfidu (PDMS) / Dimethylsulphide precursors (PDMS) [mg/l]</b>				
Mladina / Hopped wort	42	38	26	23
<b>Číslo kyseliny thiobarbiturové (TBA) / Thiobarbituric acid index (TBI)</b>				
Mladé pivo / Green beer	50.4	52.4	57.6	63.2
Pivo na konci ležení / Finished unfiltered beer	50.2	52.1	52.7	51.4
Filtrované pivo / Filtered beer	48.2	49	50.6	46.6

kvašení obsah aminodusíku neměnil. Vyšší obsahy aminodusíku byly na konci kvašení u piv připravených dvou- a třířmutovým postupem. U třířmutu a infuze byl pozorován výraznější úbytek aminodusíku v průběhu kvašení.

**Celkový rozpustný dusík:** V pořadí infuze-jednorřmut-třířmut došlo k poklesu celkového rozpustného dusíku v mladině, výjimkou v této řadě byl dvourřmut, který dosáhl nejvyšších hodnot. Tato zdánlivá anomálie u dvourřmutového postupu je dána dlouhou prodlevou při 52 °C bez předchozí inaktivace části enzymů, ke které dochází u třířmutu.

**Koagulovatelný dusík v mladině:** V případě koagulovatelného dusíku byla nalezena očekávaná závislost na rmutovacím procesu, tj. pokles v řadě od infuze ke třířmutu, která odpovídala délce povarování při rmutování.

**Barva:** Byla nalezena jednoznačná závislost barvy mladiny a piva na délce procesu rmutování. Dle předpokladů došlo k úbytku barvy během kvašení a při filtraci.

**pH:** Mladiny jednorřmutu a třířmutu měly vyšší hodnoty pH než infuze a dvourřmut, ale při kvašení došlo k vyššímu úbytku. V dalších fázích již bylo pH téměř beze změn.

**Hořkost:** Projevil se jasný trend nárůstu hořkosti v mladinách v řadě od infuze ke třířmutu, přičemž hodnoty u dvou- a třířmutu byly srovnatelné. Stejný trend se projevil i v pivu, kde při kvašení došlo k očekávanému poklesu a pak již byly rozdíly minimální.

**Studené kaly:** Obsah studených kalů klesal v řadě od infuze ke třířmutu.

**Kaly ve válci podle Imhoffa:** Stanovení kalů ve válci podle Imhoffa potvrdilo jednoznačnou závislost poklesu obsahu kalů v řadě od infuze ke třířmutu.

**Celkové polyfenoly:** Obsah celkových polyfenolů v mladině zřetelně rostl od infuze ke třířmutu, přičemž hodnoty u dvou- a třířmutu byly srovnatelné. Při kvašení i ležení došlo k jejich úbytku. Pouze v případě infuze nebyl zaznamenán úbytek při ležení.

**Oxidované a oxidovatelné polyfenoly:** U obsahu oxidovatelných polyfenolů byl patrný rostoucí trend směrem ke třířmutu. Nejvyšší výsledky u dvourřmutu odpovídaly výsledkům celkového rozpustného dusíku. Patrně došlo k naštěpení bílkovin na frakce, které se nesráží s polyfenoly, ale rovněž nejsou rozštěpené až na aminodusík.

Rovněž obsah oxidovaných polyfenolů byl nejvyšší u dvourřmutu, dále klesal v řadě infuze, třířmut a jednorřmut.

**Tanoidy:** Obsah tanoidů v mladině byl vyšší u jednorřmutu a třířmutu, po hlavním kvašení byl nejnižší u infuze a srovnatelný u dekokčních postupů.

**Anthokyanogeny:** U anthokyanogenů byla zejména ve filtrovaném pivu patrna stejná závislost jako u celkových polyfenolů, tj. rostoucí trend v řadě od infuze ke třířmutu, přičemž hodnoty u dvou- a třířmutu byly srovnatelné.

**Alfa-glukany:** Obsah alfa-glukanů signifikantně klesal od infuze ke třířmutu.

**Diacetyl:** Diacetyl a pentadion patří mezi produkty vznikající při kvašení, a proto zde nebyla nalezena závislost jejich obsahu na rmutovacím postupu. Lze předpokládat, že vyšší hodnoty na konci hlavního kvašení u infuzního postupu byly způsobeny vyšší produkcí tohoto prekurzoru aminokyselin díky nižšímu množství aminokyselin v mladině (viz FAN) a rychlejším kvašením vlivem vyššího obsahu kalů. U třířmutu se naopak lze domnívat, že díky vyššímu FAN mohla být vyšší

der of infusion, double mash decoction and triple mash decoction. The single mash decoction was an exception, it provided the lowest content of FAN in the wort of 160 mg/L. The content of FAN did not change since the end of the main fermentation. At the end of fermentation, the highest content of FAN was found in beers prepared using double and triple mash decoction. The most significant drop in the content of FAN during the fermentation was found in triple mash decoction and infusion worts.

**Total soluble nitrogen:** In the order infusion, single mash decoction and triple mash decoction, the total soluble nitrogen in the wort dropped, an exception to this order pattern was the double mash decoction, which reached the highest levels. The cause of this phenomenon in the case of the double mash decoction was a long break at 52 °C without previous partial enzyme inactivation, which occurs during triple mash decoction.

**Coagulable nitrogen in the wort:** In the case of coagulable nitrogen, the expected relation with the mashing method was confirmed. The relation shows the decrease in the order infusion to triple mash decoction, mash boiling time determined the level of coagulable nitrogen.

**Colour:** A strong relation between the colour of the wort and the beer and the length of the mashing cycle was found. As expected, the colour decreased during fermentation and filtration.

**pH:** Initially, the single and triple mash decoction worts had higher pH levels than infusion and double mash decoction, but the level dropped more during fermentation. The pH level was almost without change in the next phases.

**Bitterness:** A clear tendency of growth of the bitterness level in worts was measured in the order from infusion to triple mash decoction, while the double and triple mash decoction levels were comparable. The same tendency appeared in the beer as well, where the expected decrease was observed during fermentation and thereafter the differences were minuscule.

**Cold break:** The content of cold break decreased in the following order: infusion to triple mash decoction.

**Wort solids content in Imhoff's cone:** The wort solids confirmed a decreasing trend in the wort solids in the order infusion to triple mash decoction.

**Total polyphenols:** The total polyphenol content in the wort visibly increased in the order infusion to triple mash decoction, while the double and triple mash decoction levels were comparable. The levels dropped during fermenting and aging. Only in the case of infusion no drop was measured during aging.

**Oxidized and oxidizable polyphenols:** A visible increasing trend was seen in the content of oxidizable polyphenols from infusion to triple mash decoction. The highest levels measured in double mash decoction wort concur with the content of total soluble nitrogen. Apparently, the protein was broken down into fractions, which do not precipitate with polyphenols, but nor are they broken down into amino-nitrogen.

The content of oxidized polyphenols was also the highest using double mash decoction, and decreased in the order infusion, triple mash decoction and single mash decoction.

**Tannoids:** The tannoid content was the highest in single and triple mash decoction worts. After the main fermentation, the tannoid content was the lowest in infusion and comparable amongst the individual decoction methods.

**Anthocyanogens:** Particularly in filtered beer, the same trend as with total polyphenols was observed. That is, the content increased

hodnota způsobena vyšší produkcí během delšího využití aminokyselin 1. skupiny. Během ležení došlo k poklesu a vyrovnání hodnot.

**Vyšší alkoholy:** Přestože těkavé látky zastoupené estery a vyššími alkoholy patří mezi produkty vznikající při hlavním kvašení, byl zde (s výjimkou dvourmutu) nalezen určitý trend poklesu obsahu těchto látek v řadě od infuze ke třírmutu.

**Estery:** Obsah esterů v mladém pivu byl s výjimkou třírmutu srovnatelný, ve filtrovaném pivu došlo u dvourmutu k jeho poklesu na hodnotu srovnatelnou s třírmutem.

**Poměr vyšší alkoholy/estery:** Nebyla pozorována žádná závislost. V hotovém pivu byl poměr nejnižší u jednormutu a nejvyšší u dvourmutu. U infuze a třírmutu byl tento poměr srovnatelný.

**Acetaldehyd:** Obsah acetaldehydu v mladém pivu zřetelně klesal v řadě od infuze ke třírmutu. Podobně, avšak v menším měřítku, klesal u hotového piva.

**Dimethylsulfid (DMS) a jeho prekursory (PDMS):** U obsahu DMS i PDMS byl v mladině pozorován klesající trend v řadě od infuze ke třírmutu. Podobný trend byl pozorován i ve filtrovaném pivu.

**Číslo kyseliny thiobarbiturové:** Číslo TBA vzrůstalo v mladině v řadě od infuze ke třírmutu, v mladém a filtrovaném pivu však byly rozdíly minimální.

Byly sledovány ještě další parametry, u nichž však byly mezi jednotlivými postupy jen minimální rozdíly nebo nebyla sledována žádná závislost (v tab. 1 nejsou zahrnuty):

**Čirot filtrovaného piva** – při 90° – 0,4±0,1, při 15° – 0,2±0,1, bez závislosti

**Hrubé kaly v mladině** – bez závislosti

**Oxaláty** – bez závislosti

**Beta-glukany** – bez závislosti

**Cukry v mladině** – srovnatelné obsahy, pouze u dvourmutu a třírmutu byl nalezen vyšší obsah glukosy

**Cukry v mladém a filtrovaném pivu** odpovídají prokvašení

Maštné kyseliny v mladině a ve filtrovaném pivu – srovnatelné obsahy, bez závislosti v mladině i v pivu.

### 3.2 Senzorická analýza

**Základní chuťové vlastnosti (obr. 3):** V řízu a ve sladové chuti a vůni byl rozdíl minimální, kvalita a intenzita hořkosti, chmelové vůně a chuti byla hodnocena s rostoucím trendem od infuze ke třírmutu, který byl v těchto parametrech hodnocen nejlépe.

**Cizí vůně a chuti:** (obr. 4a, 4b)

**Esterová chuť** se snižovala v pořadí jednormut, dvourmut, infuze, třírmut.

**Svíravá chuť** se zvyšovala v pořadí infuze, jedno- a dvourmut, ale u třírmutu byla prakticky stejná jako u infuze.

in the order infusion to triple mash decoction, while the double and triple mash decoction levels were comparable.

**Alpha-glucans:** The content of alpha-glucans significantly decreased from infusion to triple mash decoction.

**Diacetyl:** Diacetyl and pentadion are by-products of fermentation, thus no relation of their content to the mashing method was found. One may assume, that the higher levels of diacetyl found in infusion beer after the main fermentation were caused by the increased production of the aminoacid precursor due to the lower content of the aminoacids in the wort (see FAN) and faster fermenting caused by the higher wort solids. In the triple mash decoction, which, on the other hand, has higher levels of FAN, it can be assumed that the longer utilization of the 1. group aminoacids was the cause for the high diacetyl level. During aging, the level of diacetyl dropped to similar levels in all cases.

**Higher alcohols:** Although, volatile substances represented by esters and higher alcohols are by-products of the main fermentation, a certain trend was found (with the exception of double mash decoction) indicating a decrease in content of these substances in the order infusion to triple mash decoction.

**Esters:** The esters content in green beer was with the exception of triple mash decoction comparable. In filtered beer, the esters content for double mash decoction decreased to a level comparable with triple mash decoction.

**Higher alcohols/esters ratio:** No relation was observed. In finished beer, the ratio was the lowest in single mash decoction and the highest in double mash decoction. The ratio was comparable for infusion and triple mash decoction.

**Acetaldehyde:** The acetaldehyde content in green beer was dramatically decreasing in the order infusion to triple mash decoction. Similarly, although in a smaller scale, it was decreasing in finished beer as well.

**DMS and PDMS:** A decreasing trend of the DMS and PDMS content in worts was observed in the order infusion to triple mash decoction. A similar trend was also observed in filtered beer.

**Thiobarbituric acid index (TBI):** The TBI increased in worts in the order infusion to triple mash decoction. Nevertheless, in green and filtered beer the differences were minor.

More parameters were monitored, however, only minor differences or no relation at all were found amongst the individual methods (not included in tab. 1):

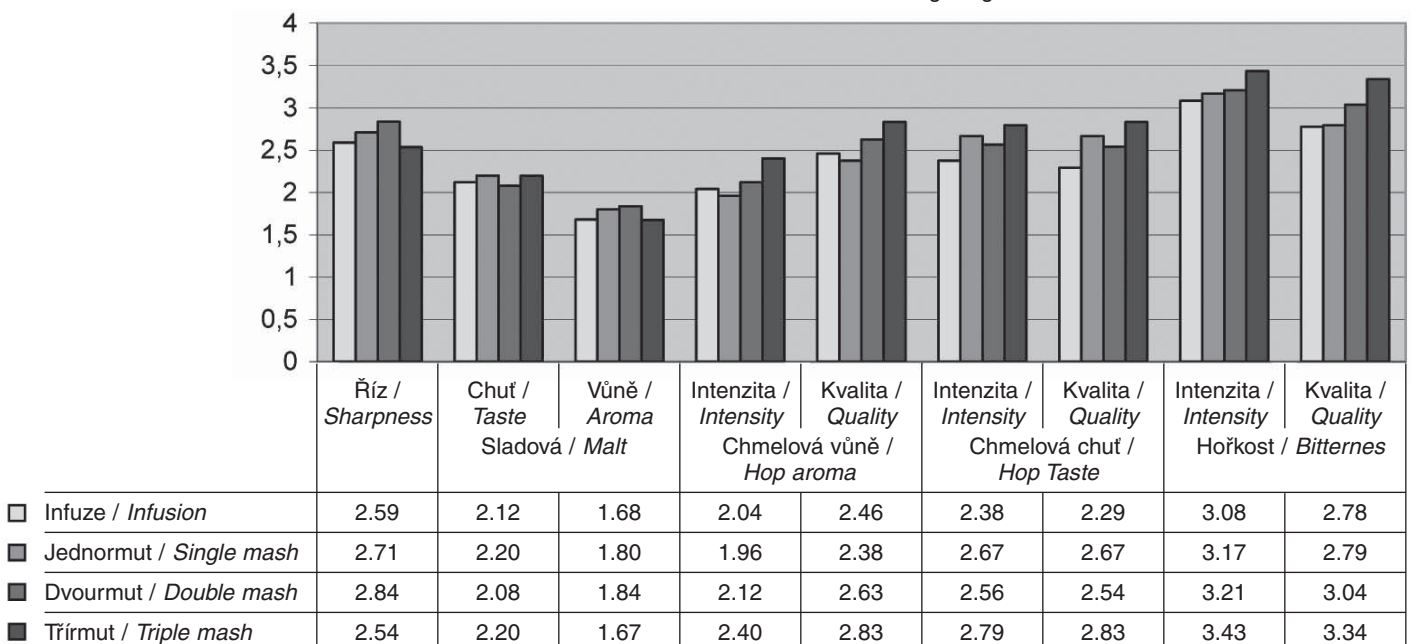
**Filtered beer clarity** – at 90° – 0.4±0,1, at 15° – 0.2±0,1, no relation

**Hot break in wort** – no relation

**Oxalates content** – no relation

**Beta-glucans** – no relation

**Wort carbohydrates** – comparable contents, only in double and triple mash decoction a higher glucose content was measured



Obr. 3 / Fig. 3 Základní senzorické vlastnosti / Fundamental sensory characteristics

**Karamelová chuť** byla vyšší u jednormutu a třírmutu, nižší pak u infuze a dvourmutu.

**Trpká chuť** se snižovala v pořadí jednormut, infuze, dvourmut, třírmut.

**Diacetylová vůně** klesala v pořadí infuze, jednormut, dvourmut, ale u třírmutu byla téměř stejná jako u infuze.

**Připálená vůně** se zvyšovala od infuze ke třírmutu (mezi dvourmutem a třírmutem byl velký rozdíl).

U ostatních cizích chutí bylo jen minimum připomínek degustátorů. Nejvíce připomínek bylo k **dimethylsulfidu**, u nějž klesala intenzita v pořadí infuze, jednormut a u dvou- a třírmutu byla srovnatelná.

**Pítelnost:** (obr. 5) Pítelnost odpovídala pořadí hodnocení vzorků a stoupala v pořadí jednormut, infuze, dvourmut, třírmut.

#### 4 NEJVÝRAZNĚJŠÍ ODLIŠNOSTI MEZI JEDNOTLIVÝMI POSTUPY

Z provedených pokusů vyplynuly následující nejuvýraznější závěry pro jednotlivé varní postupy:

##### Infuze

U tohoto postupu byla pozorována **nejnižší** barva, hořkost a obsahy

**Green and filtered beer carbohydrates** – concur with the degree of attenuation

**Fatty acids in worts and filtered beer** – comparable contents, no relation in worts or beer

#### 3.2 Sensory evaluation

**Fundamental taste characteristics** (Fig. 3): Minor differences were found for crispiness and malt taste and flavour. Quality and intensity of bitterness, hop aroma and taste was evaluated to have an increasing tendency in the order infusion to triple mash decoction, which received the best results in these parameters.

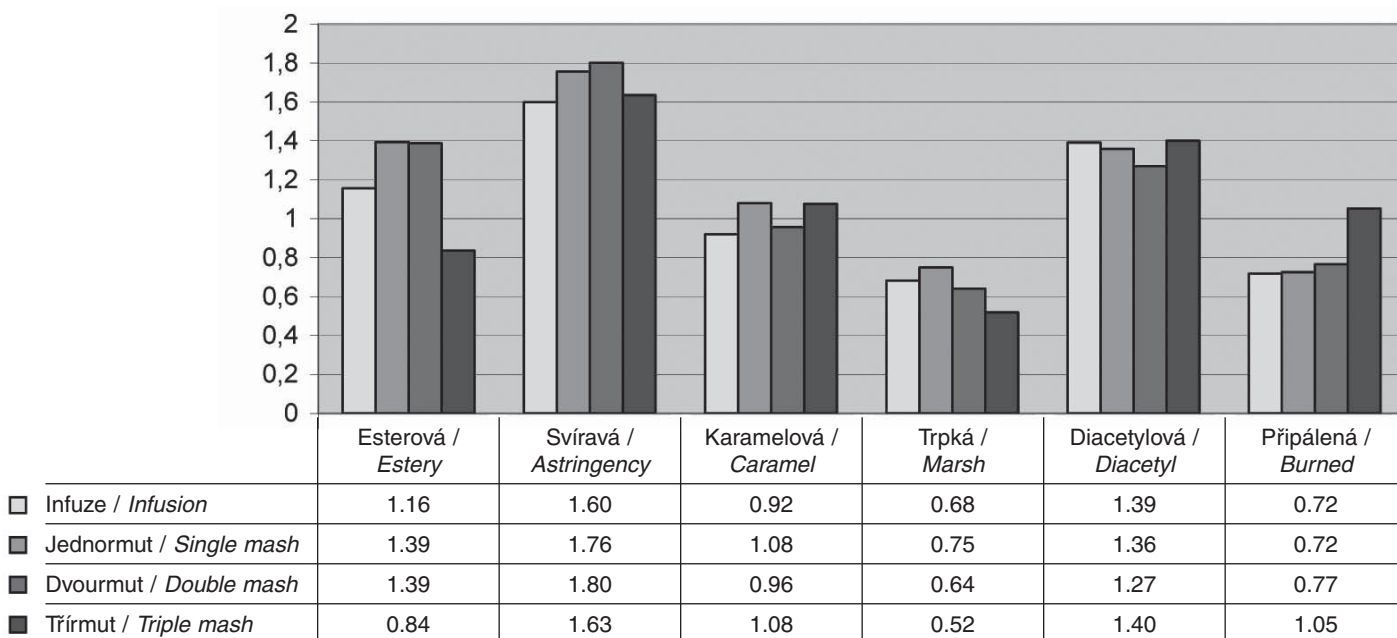
**Foreign tastes and flavours:** (Fig. 4a, 4b)

**Estery taste** decreased in the order single, double mash decoction, infusion and triple mash decoction.

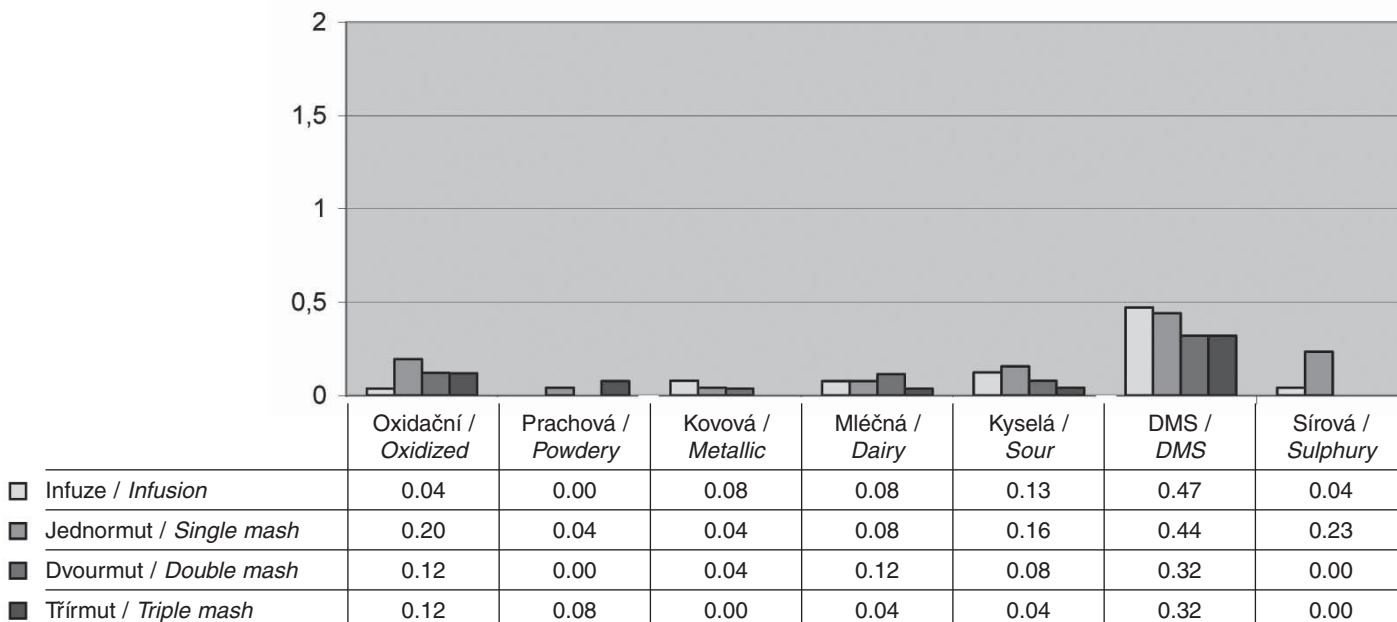
**Astringency** increased in the order infusion, single and double mash decoction, but was practically the same for triple mash decoction and infusion.

**Caramel taste** was higher in single and triple mash decoction, lower in infusion and double mash decoction.

**Harsh taste** decreased in the order single mash decoction, infusion, double and triple mash decoction.

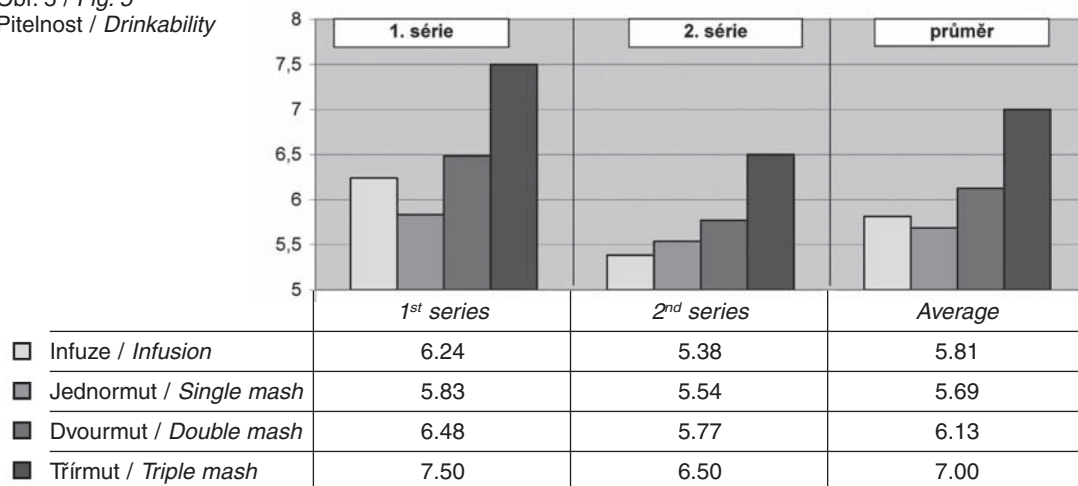


Obr. 4a / Fig. 4a Cizí vůně a chutě / Foreign tastes and flavours



Obr. 4b / Fig. 4b Cizí vůně a chutě / Foreign tastes and flavours

Obr. 5 / Fig. 5  
Pitelnost / Drinkability



celkových i oxidovatelných polyfenolů, tanoidů, anthokyanogenů, koagulovatelného dusíku, studených kalů i kalů ve válci podle Imhoffa. **Nejvyšší** byly obsahy alfa-glukanů, DMS a PDMS v mladině a DMS v pivu. Při sensorické analýze byl tento postup hodnocen jako v pořadí třetí.

#### Jednormut

U tohoto postupu nebyly zaznamenány žádné extrémní výsledky, při sensorické analýze byl vyhodnocen jako nejhorší.

#### Dvourmut

U tohoto postupu byly pozorovány **nejvyšší obsahy** celkového rozpustného dusíku, celkových polyfenolů a oxidovatelných i oxidovatelných polyfenoly. Při sensorické analýze se tento postup umístil na druhém místě.

#### Třírmut

U tohoto postupu byly nalezeny **nejnižší** obsahy alfa-glukanů, DMS a PDMS v mladině, DMS v pivu, studené kaly, kaly ve válci podle Imhoffa, naproti tomu **nejvyšší** byly hodnoty barvy, hořkosti a obsahy volného aminodusíku, koagulovatelného dusíku, tanoidů a anthokyanogenů. Při sensorické analýze byl tento postup vyhodnocen jako nejlepší.

## 5 ZÁVĚR

Vlastnosti hotového piva jsou výrazně ovlivněny rmutovacím procesem, a proto je pro udržení charakteru každého piva nutné zachovávat tradiční postup.

Ačkoliv lze při rozdílných technologických postupech dosáhnout podobných analytických výsledků, je zřejmé, že výsledná kombinace účinků jednotlivých složek piva zásadně ovlivní celkové hodnocení při sensorické analýze. Zejména u českých piv, vyráběných dekokčním postupem, která mají vysokou pitelnost, může mít změna varního postupu fatální následky.

#### Poděkování

Děkuji všem spolupracovníkům, kteří se na tomto úkolu spolupodíleli, zejména pak všem pracovníkům laboratoří Plzeňského Prazdroje, a. s., kteří provedli většinu analýz.

#### Literatura

- [1] Basařová, G., Čepička, J.: Sladařství a pivovarství. SNTL, Praha, 1985.
- [2] Kosař, K., Procházka, S. (ed.): Technologie výroba sladu a piva. VÚPS, Praha, 2000, ISBN 80-902658-6-3.
- [3] Faus, F., Šebelík, J., Vlček, V.: Technologie sladu a piva – Díl II., Práce 01, Praha 1953.
- [4] Kunze, W.: Technology Brewing and malting. VLB, Berlin, 1996, ISBN 3-921690-34-X.

Předneseno na 32. pivovarsko-sladařském semináři,  
Plzeň 13–14. 10. 2004

**Diacetyl flavour** decreased in the order infusion, single and double mash decoction, but was almost the same for triple mash decoction and infusion.

**Burned flavour** increased from infusion to triple mash decoction (there was a major difference between double and triple mash decoction)

Little comments were made about other off-flavours. But the most comments were towards DMS, in which the intensity decreased in the order infusion, single mash decoction and was comparable in double and triple mash decoction.

**Drinkability:** (Fig. 5) The drinkability increased in the order single mash decoction, infusion, double mash decoction and triple mash decoction, and completely confirmed the individual sample preferences.

## 4 MAJOR DIFFERENCES BETWEEN THE INDIVIDUAL METHODS

Based on the conducted experiments, these are the most significant conclusions for each individual mashing method:

#### Infusion

This method showed the **least** colour, bitterness and contents of total and oxidizable polyphenols, tannoids, anthocyanogens, coagulable nitrogen, cold break and wort solids in the Imhoff's cone. It was the **highest** in the contents of alpha-glucans, DMS and PDMS in the wort and DMS in beer. Overall, this method ranked third in the sensory evaluation.

#### Single mash decoction

No extreme results were observed; the method was assessed as the worst in the sensory evaluation.

#### Double mash decoction

This method showed the **highest contents** of total soluble nitrogen, total polyphenols and oxidizable as well as oxidized polyphenols. Overall, this method ranked second in the sensory evaluation.

#### Triple mash decoction

This method showed the **lowest** contents of alpha-glucans, DMS and PDMS in the wort, DMS in beer, cold break, wort solids in Imhoff's cone. On the other hand, the **highest** were the levels of colour, bitterness and content of FAN, coagulable nitrogen, tannoids and anthocyanogens. Overall, this method ranked first in the sensory evaluation.

## 5 CONCLUSION

The mashing process significantly affects the character of the finished beer and that is why it is important to follow the traditional mashing method.

Although it is possible to achieve similar analytical results using different technological (mashing) processes, it is obvious that the final effect of the individual beer components will dramatically influence the sensory evaluation. A change of the brewing process can have fatal consequences especially for Czech beers, which are traditionally brewed using decoction mashing resulting in their exceptional drinkability.

#### Acknowledgments

We express our thanks to all colleagues, who participated in this project, especially to the Pilsner Urquell laboratory staff, who performed most of the analyses.

Translated by Marek Mikunda