

Kvalita piva z hlediska náhrady chmele chmelovým extraktem

663.41
663.423
663.424

Doc. Ing. JOSEF MOŠTEK, CSc., katedra kvasné chemie a technologie, VŠCHT Praha

Zpracováním hlávkového chmele na chmelový extrakt se mění všechny složky jeho pivovarsky cenných látek, tj. hořké látky, látky polyfenolového typu i silice. α -hořké i β -hořké kyseliny se mění především izomerací [1–15], nespecifické měkké pryskyřice zčásti izomerují, zčásti polymerují a kondenzují [16, 17], obsah tvrdých pryskyřic se jednak zvyšuje přeměnami měkkých pryskyřic [18, 19], jednak klesá částečnou eliminací nedokonalou extrakcí chmele [11, 16, 20, 21]. Polyfenolové látky hlavně polymerují a kondenzují [22, 23]. Silice se zčásti frakcionují použitým typem rozpouštědla, zčásti se ztrácejí vytěkáním [24–26].

Chemismus těchto tří hlavních skupin pivovarsky cenných látek chmele a jejich hlavních typů přeměn jsme podrobně charakterizovali v dřívějších našich pracích [17, 22, 26, 27].

Ekonomické přednosti posklizňového zpracování hlávkového chmele na chmelový extrakt jsou dnes již mimo pochybnost. Vedle podstatného rozdílu v manipulaci a skladování chmele na jedné straně a chmelového extraktu na druhé straně, je předností u chmelového extraktu ještě částečná preizomerace hořkých látek a tím snadnější převedení jeho pivovarsky cenných látek do rozto-ku, resp. do mladiny [28–31].

Z technologického hlediska jde však o to, jaký podíl chmele při chmelovaru lze nahradit chmelovým extraktem bez výraznějšího porušení senzorického a fyzikálně chemického charakteru piva. Této otázce bylo věnováno již mnoho pozornosti [32–39], přesto však zůstává stále aktuální, zejména z hlediska vlivu podstatně sníženého obsahu látek polyfenolového typu, zvláště α -antokyanogenů ve chmelových extraktech a tím tedy i v mladině a pivě.

Otázka vlivu různého obsahu tříslovin chmelových extraktů na jakost vyráběných piv byla také již podrobně studována [20, 23, 32, 34, 35, 38]. Se stoupajícím podílem látek polyfenolového typu byla hotová piva hořčí,

pěna a stálost pěny byla menší, chladová stabilita byla lepší; chuťově byla piva při klesajícím obsahu hořkých látek tím hořčí, čím více obsahovala antokyanogenů [38]. Bylo zjištěno, že se stoupající dávkou tříslovin v mladině se zvyšovala výtěžnost hořkých látek v pivě.

Weyh [30] při zpracovávání chmelových extraktů s různým obsahem látek polyfenolového typu zjistil pří-mou souvislost mezi vyšším obsahem polyfenolových látek, resp. antokyanogenů a sklonem k chladovým zákalům piva. Moštek [40, 41], Narziss a Reicheneder [38] zjistili opačné závislosti.

Příčinám tvorby a charakteru nebiologických zákalů piva obecně jsme věnovali hodně pozornosti v dřívějších letech [40, 42–48], kdy jsme také navrhli některé způsoby ke zvýšení koloidní i senzorické stability piva [49]. V posledních letech přistupuje k obecnému problému stability koloidních a senzorických vlastností piva nesurogovaných várek ještě stále silící trend neodkladné postupné intenzifikace a racionalizace sladařské a pivovarské výroby. Významným prvkem tohoto trendu soudobého pivovarství je obecná tendence částečného, ale trvale se zvyšujícího podílu náhrady hlávkového chmele chmelovými extrakty různého typu. Této aktuální otázky je i v odborné literatuře věnována trvalá pozornost [20, 23, 32–39, 50, 51].

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Sledovaný cíl

Stanovení vlivu čtyř chmelů výrazně odlišné světové proveniencie (ČSSR, NSR, SSSR, USA) a z nich připravených chmelových extraktů dvoustupňovou extrakcí (CH_2Cl_2 — voda) na fyzikálně chemické a senzorické vlastnosti 10° světlého piva a na obsah potenciálních zákalotvorných komponent těchto piv.

Materiál

Chmel a chmelové extrakty. K našim studiím sloužily

Tabulka 1. Analytické hodnoty použitých chmelů a z nich připravených chmelových extraktů

Druh analýz chmelů a chmelových extraktů v původním stavu		Původ chmelů a z nich připravených chmelových extraktů							
		ČSSR		NSR		SSSR		USA	
		CH*	CHE**	CH	CHE	CH	CHE	CH	CHE
Veškeré pryskyřice	%	17,53	44,30	15,86	38,40	13,97	47,68	14,21	49,21
Celkové měkké pryskyřice (n-hexanový podíl)	o/o	12,20	29,40	10,35	32,30	8,71	30,25	10,19	31,54
α -hořké kyseliny	o/o	3,43	10,11	2,18	8,72	2,45	9,71	4,09	8,71
β -hořké kyseliny	o/o	4,34	7,53	3,24	11,32	2,75	5,57	3,66	8,46
β -podíl měkkých pryskyřic	o/o	8,77	19,29	8,17	23,58	6,26	20,54	6,10	22,83
Celkové tvrdé pryskyřice	o/o	5,33	14,90	5,51	6,10	5,26	17,43	4,02	17,67
Třísloviny	o/o	4,2	8,9	4,4	9,7	3,7	7,8	3,2	7,1
Antokyanogeny (jako delphinidinchlorid)	%	4,65	10,32	4,47	9,54	4,12	11,17	3,84	7,63
Hořkost podle Wöllmera [59]		4,40	12,25	3,09	11,34	3,15	11,99	4,77	11,24
Hořkost podle Mikschika [60]		5,30	15,16	4,22	13,05	4,04	15,99	5,23	14,83

*) CH — chmel;

**) CHE — chmelový extrakt připravený z příslušného chmele.

postupně vzorky chmelů z ČSSR, NSR, SSSR a USA téhož sklizňového roku, které byly záhy zpracovávány na tzv. dvousložkové chmelové extrakty určené k těmto studiím. Jejich analýzy jsou zřejmé z tab. 1.

Sladiny. K chmelovarům sloužily vodou (o zbytkové alkalitě + 2,8°n) asi na 9° ředěné čerstvé předky sladiny 10° světých provozních várek surovaných 6 % rýže (podle váhy). Tyto sladiny byly po zředění rychle zchlazeny na cca 10 °C a do 3 h svařeny.

Aparatura. Přípravu čtvrtprovozních várek od chmelovarů až po stáčení a pasteraci piva jsme prováděli na zařízení Pokusného pivovarského střediska OŘ PS v Praze - Braníku [52].

K fotometrickým měřením při jednotlivých analýzách sloužil UV-spektrofotometr zn. VSU-2, Carl Zeiss, Jena; k separaci nebiologických zákalů piva sloužila ultraodstředivka zn. Janicki K-24 při provozu na 18 000 ot/min. Ke stanovení aminokyselin v kyselých hydrolyzátech nebiologických zákalů sloužil automatický analyzátor typ 6020, výrobce vývojové dílny ČSAV Praha [53].

Metodika. Objem čtvrtprovozních várek byl po 35 l studené mladiny. Každá série těchto várek měla tuto skladbu:

- a) várka chmelená původním chmelem určité jednotlivé proveniencce,
- b) várka chmelená chmelovým extraktem připraveným z chmele odpovídající proveniencce,
- c) slepá — nechmelená várka téže sladiny.

Jednotnou výchozí „sladinou pohromadě“ jsme dosáhli vždy pro všechny tři chmelovary srovnatelných podmínek ke studiu varního využití aplikovaných chmelových látek a pro jejich bilancování za použití slepé várky.

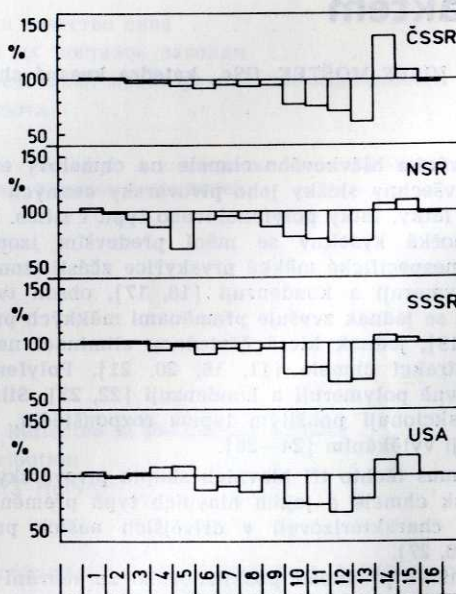
Stupeň chmelení byl zvolen na hodnotu hořkosti studené mladiny cca 40 mg izohumulonů (podle Kloppe) na litr, resp. 35 MJH či 40 EJH. Ekvivalentní dávka chmele či chmelového extraktu (předem stanovená experimentálně laboratorními chmelovary za použití navržených vztahů [54] se pak aplikovala ve dvou částech, a to první polovina po zahrnutí sladiny na cca 90 °C, druhá polovina po 45 min chmelovaru, jehož celková doba byla 90 min. Hlavní kvašení bylo vedeno při teplotním režimu 6—9—6 °C. Dokvašování probíhalo 21 dnů při teplotě 2—3 °C a hradicím tlaku 0,6 kp/cm².

K vyvolávání tvorby nebiologických zákalů piva (stčeného do skleněných lahví obsahu po 0,5 l za přetlaku vzduchu a tepelně pasterovaného) jsme pivo uložili po dobu 12 měsíců v temnu při teplotě místnosti.

Analytické metody. Základní analýzy chmelů, sladiny, mladiny a piv jsme prováděli metodami analytiky EBC [55], ostatní analýzy podle speciálních metodik — blíže viz cit. [56, 57].

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky z této naší rozsáhlé experimentální studie jsou podrobně číselně a literárně zpracovány a technologicky vyhodnoceny v jiných našich pracích [56, 57]. Zde pouze uvádíme v tab. 1 analytické hodnoty výchozích zdrojů chmelových látek a na obr. 1 až 3 grafické vyjádření obecných trendů pro jednotlivé analytické hodnoty, resp. jejich průměry z násobně opakovaných jednotlivých sérií várek.



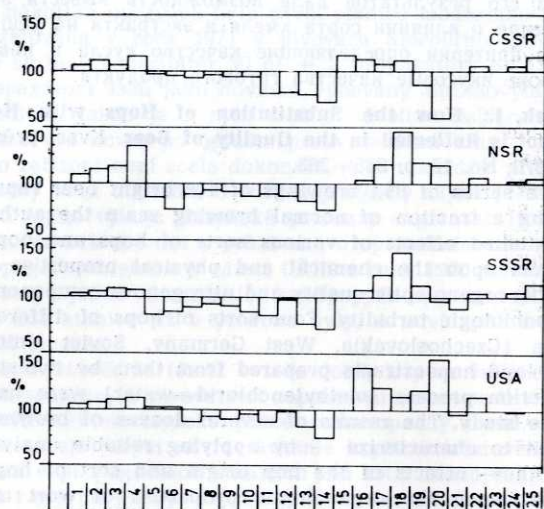
Obr. 1. Změny důležitých analytických hodnot 10° světých mladiny vyvolané náhradou chmelů z ČSSR, NSR, SSSR a USA chmelovými extrakty z nich vyrobenými

Popis: 1 — celkové N-látky, 2 — Lundin, dusík, A-fraze, 3 — bílkoviny stanovené polarograf, Brdicovou reakcí, 4 — celkové hořké látky (chloroformový eluát), 5 — molekul. formy hořkých látek podle Salače, 6 — izohumulony (Klopper), 7 — mezinár. jednotky hořkosti, 8 — evropské jednotky hořkosti, 9 — hořkost podle Schilda, 10 — třísloviny podle DeClercka, 11 — hořkost oxidimetricky, 12 — třísloviny podle Diemayera, 13 — antokyanogeny, 14 — barva, 15 — ITT, 16 — pH.

Z obr. 1 až 3 je zřejmé, že náhrada chmelů chmelovými extrakty vyrobenými z těchto původních hlávkových chmelů se projevuje změnou řady důležitých analytických hodnot u mladiny a hotových piv.

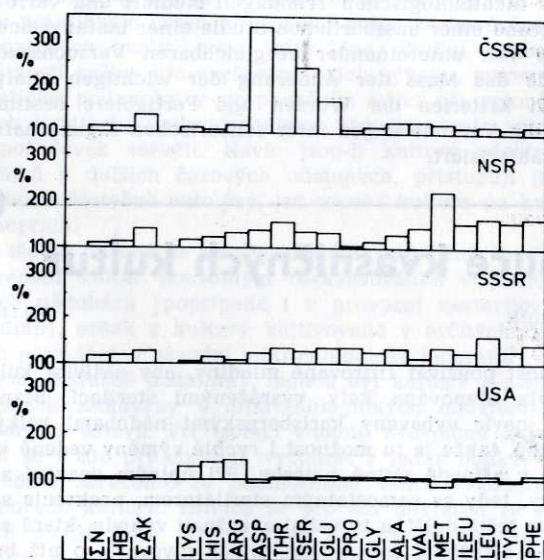
Sladiny se vyznačovaly snížením obsahu celkových hořkých látek v průměru o 3 %, jejich molekulárních forem o 10 %, izohumulonů o 10 %, tříslovin (DeClerck) o 24 %, antokyanogenů o 33 %, redoxní kapacity o 9 %,

pH nebylo prakticky ovlivněno, barva mladiny byla o 1 až 4 jednotky EBC tmavší, obsah celkových dusíkatých látek byl v průměru o 2 % vyšší v důsledku sníženého obsahu tříslovin a tím i menšího srážení bílkovin při chmelovaru; proporcionalita Lundinových bílkovinných frakcí byla však poměrně vyrovnána.



Obr. 2. Změny důležitých analytických hodnot 10° světlých pív vyvolané náhradou chmelů z ČSSR, NSR, SSSR a USA chmelovými extrakty z nich vyrobenými

Popis: 1, 2, 3 — viz obr. 1; 4 — varem koagul. N-látky, 5 — celkové hořké látky, 6 — molekul. formy hořkých látek, 7 — izohumulony (Klopper), 8 — mezinár. jednotky hořkosti, 9 — evropské jednotky hořkosti, 10 — hořkost podle Schilda, 11 — třísloviny podle DeClercka, 12 — třísloviny oxidimetricky, 13 — třísloviny podle Diemayera, 14 — antokyanogeny, 15 — barva, 16 — ITT, 17 — vyšší alifat. alkoholy, 18 — β -fenyletanol, 19 — tryptofol, 20 — tyrosol, 21 — diacetyl, 22 — acetoín, 23 — povrchové napětí, 24 — pěnivost, 25 — stálost pěny.



Obr. 3. Změny obsahu celkových dusíkatých látek nebibiologických zátahů a jednotlivých aminokyselin jejich kyselých hydrolyzátů vyvolaných u 10° světlých pív náhradou chmelů z ČSSR, NSR, SSSR a USA chmelovými extrakty z nich vyrobenými

Popis: N — celkové N-látky, HB — hrubá bílkovina (N. 6,25), AK — celkový obsah aminokyselin; LYS, ... PHE = lysin, ... fenylalanin jako jednotlivé aminokyseliny

Hotová piva se vyznačovala zvýšeným obsahem celkových dusíkatých látek v průměru o 6 %, Lundinových A-frakcí o 3 %, bílkovin stanovených Brdičkovou reakcí

o 10 %, varem koagulovatelných N-látek o 18 %, vyšších alifatických alkoholů v průměru o 19 %, z aromatických alkoholů např. obsah β -fenyletanolu o 30 %, obsah acetoínu o 8 %; a naopak snížením obsahů celkových hořkých látek v průměru o 10 %, jejich molekulárních forem o 13 %, izohumulonů o 12 %, tříslovin (DeClerck) o 18 %, antokyanogenů o 31 %, hodnoty redoxní kapacity o 15 %, diacetylů o 9 %, snížením zdánlivého prokvašení v průměru o 1 %.

V barvě, pH a povrchovém napětí všech hotových pív byly hodnoty vzájemně velmi vyrovnané; tvorba a stálost pěny byly však lepší u pív z várek chmelových chmelovými extrakty.

Senzoricky byla piva chmelovaná chmelovým extraktem hodnocena v čerstvém stavu na jedné straně jako piva dokonale harmonická, na druhé straně však jako velmi jemné až mdlé chuti, s málo výraznou řízností. Jak v původním, tak i v pasterovaném stavu měla sklon k rychlejšímu stárnutí senzorických i koloidních vlastností, neboť se výrazně zvýšil obsah potenciálních zákalotvorných dusíkatých látek a zhoršily podmínky, zejména redoxní kapacity, pro stabilitu jejich lyofilních vlastností a také pro stabilitu senzorických vlastností piva.

V nebiologických zákalech pív chmelovaných pouze chmelovými extrakty byl v průměru až o 10 % vyšší podíl celkových dusíkatých látek a o 26 % vyšší podíl aminokyselin, což svědčí zejména o zvýšeném podílu koloidně nestálých poměrně čistých dusíkatých frakcí. Jednoznačně a výrazně byly v nich zvýšeny obsahy kyseliny asparagové, kyseliny glutamové, alaninu, valinu a leucinu.

Všechny tyto změny vlastností mladiny a hotových pív, vyvolané úplnou náhradou chmelů jednotlivými (z nich vyrobenými) chmelovými extrakty, byly potvrzeny paralelními čtvrtprovozními várkami chmelovými jednak pouze preparátem humulonů, jednak tímto preparátem a odpovídajícím množstvím odhořčeného chmele [56–58].

Literatura

- [1] COOK, A. H. - HARRIS, G. J., J. Chem. Soc. 1950, s. 1873
- [2] TATCHELL, A. R., J. Inst. Brew. 60, 1954, s. 460
- [3] SPETSIG, O. L. - et al., Congr. EBC, Copenhagen 1957, Proc. p. 22
- [4] RIEDL, W. - HÜBNER, H., Chem. Ber. 90, 1957, s. 2870
- [5] LLOYD, R. O. V., Cong. EBC Wien 1961, Proc. p. 112
- [6] HARTL, A. - KLEBER, W., Cong. EBC Wien 1961, Proc. p. 139
- [7] MIKŠCHIK, E., Mitt. Versuchst. Gär.-gew. Wien 19, 1965, s. 122
- [8] STAVENS, R. - WRIGHT, D., J. Inst. Brew. 71, 1965, s. 232
- [9] HUDSON, J. R., J. Inst. Brew. 71, 1965, s. 482
- [10] MIKŠCHIK, E., Mitt. Versuchst. Gär.-gew. Wien 20, 1966, s. 36
- [11] WEYH, H., Brauwiss. 20, 1967, s. 13
- [12] VERZELE, M. - KHOKHER, A., J. Inst. Brew. 73, 1967, s. 255
- [13] MILLS, A. K., Tagesztg. f. Brau. 65, 1968, s. 795
- [14] MILLS, A. K., Brauereitechniker 20, 1968, s. 159
- [15] LAWS, D. R. J., J. Inst. Brew. 74, 1968, s. 178
- [16] COOK, A. H., Brauwelt 109, 1969, s. 766
- [17] MOŠTEK, J. - ČEPIČKA, J., Kvasný průmysl 15, 1969, s. 145
- [18] KLEBER, W., Brauwelt 94, 1954, s. 1190
- [19] Report: Intern. Brw. J. 1968, s. 25
- [20] MASIOR, S., Schweiz. Brau. Rdsch. 75, 1964, s. 21
- [21] MOŠTEK, J. et al.: Výzkumná zpráva úkolu ev. č. IV-2/602/119, VŠCHT Praha 1971
- [22] MOŠTEK, J. - ČEPIČKA, J., Kvasný průmysl 15, 1969, s. 169, 218
- [23] NARZIŠ, L. - REICHENEDER, E. - HAMACKER, H., Brauwelt 109, 1969, s. 773
- [24] SILBEREISEN, K. et al., Monatsschr. f. Brau. 21, 1968, s. 206
- [25] MIKŠCHIK, E., Mitt. Versuchst. Gär.-gew. Wien 23, 1969, s. 64
- [26] MOŠTEK, J. - ČEPIČKA, J., Kvasný průmysl 15, 1969, s. 259
- [27] ČEPIČKA, J.: Scientific Paper's Chem. Inst. Technol. Prague, Food, E 32, 1971, s. 5
- [28] THOMAS, F. - KOLBACH, P., Monatsschr. f. Brau 14, 1961, s. 192
- [29] BAESTLE, G., Echo Brass. 21, 1965, č. 59/60
- [30] WEYH, H., Brauwiss. 20, 1967, s. 144
- [31] ČERNOHORSKÝ, V., Kvasný průmysl 18, 1972, s. 243, 265
- [32] SALAČ, V. et al., Brauwiss. 8, 1965, s. 5
- [33] SCHURR, F., Schweiz. Brau. Rdsch. 75, 1964, s. 255
- [34] SCHILFARTH, H., Monatsschr. f. Brau. 18, 1965, s. 65
- [35] HADLER, H. - HIEFNER, R., Monatsschr. f. Brau. 18, 1965, s. 149
- [36] WEYH, H., Brauwiss. 20, 1967, s. 63
- [37] NARZIŠ, L. - REICHENEDER, E. - BAUER, K., Brauwelt 108, 1968, s. 921, 1057
- [38] NARZIŠ, L. - REICHENEDER, E., Brauwelt 109, 1969, s. 366
- [39] NARZIŠ, L. - KIENINGER, H., Brauwelt 109, 1969, s. 62
- [40] MOŠTEK, J.: Kandidátská disert. práce, VŠCHT Praha 1960
- [41] MOŠTEK, J., Brauwiss. 21, 1968, s. 253

- [42] MOŠTEK, J. - DYR, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food Technol. 6 Part 2, 1962, s. 195
- [43] MOŠTEK, J. - DYR, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food Technol. 8, Part 2, 1964, s. 89
- [44] MOŠTEK, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food E 12, 1966, s. 75
- [45] MOŠTEK, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food E 15, 1967, s. 17
- [46] MOŠTEK, J. - JANDA, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food E 18, 1967, s. 5
- [47] MOŠTEK, J. - ČEPIČKA, J. - DAVIDEK, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food E 26, 1970, s. 19
- [48] MOŠTEK, J. - DYR, J. - ČEPIČKA, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food E 27, 1970, s. 27
- [49] MOŠTEK, J. - DYR, J.: Čs. patent Nr. 135 203, vyd. 15. 2. 1970
- [50] ISEBAERT, L. Brauwelt 103, 1963, s. 756
- [51] GRAMSHAW, J. W., Techn. Quart. MBAA 7, 1970, s. 122—133; Ref. in: Monatsschr. f. Brau. 24, 1971, s. 200
- [52] KLAZAR, G., Kvasný průmysl 9, 1963, s. 119
- [53] MOŠTEK, J. - ŠOLÍNOVÁ, H. - ČEPIČKA, J., Kvasný průmysl 17, 1971, s. 121
- [54] MOŠTEK, J. et al.: Dosud nepublikovaná zpráva VŠCHT Praha
- [55] Analytica EBC 2. Auflage, Nürnberg Verlag H. Carl 1963
- [56] MOŠTEK, J. - ČÍŽKOVÁ, H. - SVOBODA, J., Monatsschr. f. Brau. 24, 1973, v tisku
- [57] MOŠTEK, J. - JANOŠTÍK, St., ČEPIČKA, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food 1973 (v tisku)
- [58] MOŠTEK, J. - MAREK, M. - ČEPIČKA, J.: Scientific Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Food 1973 (v tisku)
- [59] PAWŁOWSKI - SCHILD: Die brautechnischen Untersuchungsmethoden, 8. Auflage, Verlag Hans Carl, Nürnberg, 1961
- [60] MIKŠCHIK, E., Brauereitechniker 19, 1967, s. 145

Moštek, J.: Kvalita piva z hlediska náhrady chmele chmelovým extraktem. Kvas. prům. 19, 1973, č. 12, s. 265—268.

V měřítku čtvrtprovozních 10° světlých várek objemu po 35 l byl studován vliv čtyř chmelů výrazně odlišné světové provenience (ČSSR, NSR, SSSR, USA) a z nich záhy připravených chmelových extraktů dvoustupňovou extrakcí (metylenchlorid—voda) na fyzikálně chemické a senzorické vlastnosti hotových piv a na dusíkatou skladbu jejich nebiologických zákalů. Na základě rozsáhlé studie několika desítek vzájemně srovnatelných zkušebních várek byl vymezen rozsah změn řady důležitých analytických kritérií mladín a hotových piv a charakterizovány změny jejich senzorických vlastností.

Моштек, И.: Влияние замены хмеля хмелевым экстрактом на качество пива Квас. пр. 19, 1973, № 12, стр. 265—268.

Автор изучал влияние применения хмеля разного происхождения и изготовленного из него экстракта на химический состав, физические свойства и органолептические качества пива, а также на состав азотистых компонентов его небиологического помутнения. Светлое

10-градусное пиво варилося партиями по 35 л, т. е. в масштабе $\frac{1}{4}$ -производственного. Применялся хмель следующего происхождения: чехословацкий, германский, советский и американский. Экстракт изготовлялся двухступенчатым процессом (хлористый метилен — вода). Анализ нескольких десятков партий и обработка его результатов дали возможность вывести заключения о влиянии сорта хмеля и экстракта на решающие критерии определяющие качество сусла и пива, а также вкусовые качества готового продукта.

Moštek, J.: How the Substitution of Hops with Hop Extract is Reflected in the Quality of Beer. Kvas. prům. 19, 1973, No. 12, p. 265—268.

In a series of 35 l brewings of 10° bright beer representing a fraction of normal brewing scale the author has studied effects of various sorts of hops and hope-extracts upon the chemical and physical properties of beer, its organoleptic quality and nitrogenous components of nonbiologic turbidity. Four sorts of hops of different origin (Czechoslovakia, West Germany, Soviet Union, USA) and hopeextracts prepared from them by two-step extraction process (methylenechlorid—water) were used in the study. The results of several dozens of brewings permit to characterize — by applying reliable analytic criteria — effects of the hop origin and sort of hope-extract upon the organoleptic properties of wort and beer.

Moštek, J.: Die Qualität des Bieres vom Standpunkt des Ersatzes des Doldenhopfens durch Hopfenextrakt. Kvas. prům. 19, 1973, No. 12, S. 265—268.

Im $\frac{1}{4}$ -betrieblichen Maßstab von 10° hellen 35-Liter-Suden wurde der Einfluss von 4 Hopfenpartien markant verschiedener Weltprovenienz (ČSSR, BDR, USSR, USA) und von Hopfenextrakten, die aus diesen Hopfen durch zweistufige Extraktion (Methylenchlorid-Wasser) bald hergestellt wurden, auf die physikalchemischen und sensorischen Eigenschaften der Fertigbiere und die Stoffe ihrer nichtbiologischen Trübungen studiert und verfolgt. Aufgrund einer ausführlichen Studie einer umfangreichen Serie von untereinander vergleichbaren Versuchssuden wurde das Mass der Änderung der wichtigen analytischen Kriterien der Würzen und Fertigbiere bestimmt und die Veränderungen ihrer sensorischen Eigenschaften charakterisiert.