

# OBSAH XANTHOTHUMOLU V ČESKÝCH CHMELECH

## XANTHOTHUMOL CONTENT IN CZECH HOPS

KAREL KROFTA, Chmelářský institut s.r.o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec

**Klíčová slova:** chmel, prenylované flavonoidy, xanthohumol,  $\alpha$ -hořké kyseliny, chmelové extrakty

**Keywords:** hop, prenylated flavonoids, xanthohumol,  $\alpha$ -bitter acids, hop extracts

### 1 ÚVOD

Xanthohumol náleží do skupiny chmelových polyfenolů chalconové řady. Tvůrčí majoritní složku skupiny látek, nazývaných prenylované flavonoidy [1]. Protože se při biosyntéze sekretují společně s pryskyřicemi a silicemi do lupulinových žláz, tvoří jakýsi přechod mezi chmelovými pryskyřicemi a polyfenoly. S chmelovými pryskyřicemi mají tyto látky i jiné společné vlastnosti, jako je například izomerace při chmelovaru nebo extrakce organickými rozpouštědly při analytickém stanovení [2]. Z chmele bylo dosud izolováno devět prenylovaných flavonoidů, jejichž názvy jsou uvedeny v tab. 1 [1]. Kromě již zmíněného xanthohumolu, který tvoří 80 až 90 % obsahu prenylovaných flavonoidů ve chmelu, náleží k minoritně zastoupeným složkám desmethylxanthohumol (2 až 3 %), dehydrocykloxanthohumol (2 až 4 %) a dehydrocykloxanthohumol-hydrát (3 až 6 %). Ostatní prenylované flavonoidy se ve chmelu nachází ve stopovém množství. Obsah xanthohumolu v různých odrůdách chmele bezprostředně po sklizni se pohybuje v rozmezí 0,2 až 1,1 % hm. [3, 4]. V průběhu stárnutí chmele dochází ke ztrátám flavonoidů. Hänsel a Schulz [5] pozorovali 50 % úbytek xanthohumolu během šestiměsíčního skladování, produkty rozpadu však dále nezkoumali. K významným změnám obsahu prenylovaných flavonoidů dochází při zpracování chmele na chmelové výrobky, především chmelové extrakty. Zatímco při výrobě ethanolových extraktů se do výrobku dostává min. 90 % prenylovaných flavonoidů chmele, při výrobě  $\text{CO}_2$ -extraktů se tyto látky prakticky neextrahují a zůstávají ve zbytku [6].

Tab. 1 Prenylované flavonoidy chmele podle Stenese [1]

Název flavonoidu	Molekulová hmotnost
Xanthohumol	354
Desmethylxanthohumol	340
3'Geranylnaringenin	408
5'Prenylnaringenin	422
Dehydrocykloxanthohumol	352
Dehydrocykloxanthohumol hydrát	370
Isoxanthohumol	354
8-Prenylnaringenin	340
6-Prenylnaringenin	340

Rozpustnost xanthohumolu ve vodě je 1,3 mg/l při 8 °C, v 5 % ethanolu 3,5 mg/l a v pivu při teplotě 8 °C 4 mg/l [7]. Ve vroucí mladině se izomeruje na isoxanthohumol (obr. 1). Ostatní prenylované flavonoidy se izomerují na prenylnaringeniny a geranylnaringeniny [7]. Při výrobě piva však dochází u prenylovaných flavonoidů ke značným ztrátám. Kromě omezené rozpustnosti je nejvýznamnějším zdrojem ztrát adsorpce na hrubé a jemné kaly (18 až 32 %) a pivovarské kvasinky (11 až 32 %) [8]. K dalším ztrátám dochází při filtraci a stabilizaci piva, čímž celkový stupeň využití může podle Forstera [2] klesnout na pouhých 10 %.

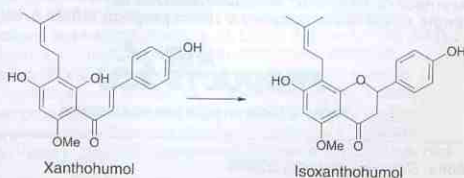
Prenylované flavonoidy chmele jsou v posledních letech středem zájmu lékařského výzkumu, protože byly u nich objeveny významné antioxidační, protizánětlivé, protivirové a antikarcinogenní účinky. Například u xanthohumolu a dehydrocykloxanthohumolu bylo prokázáno aktivní působení na chinonreduktázu. Zmíněný enzym chrání buňky proti toxickým xenobiotikům tím, že redukuje chinony na hydrochinony, které se v těle savců snadněji odbourávají [9]. U isoxanthohumolu a 8-prenylnaringenu byly zjištěny inhibiční účinky na cytochrom P450 enzymy, které aktivují působení různých karcinogenů [10]. Tobe et. al. [11] zjistili, že kostní resorpce je významně inhibována některými látkami z chmele, především xanthohumolem a humulemem. Uvedené sloučeniny jsou v současné době považovány za perspektivní terapeutické látky proti osteoporóze. Antioxidační vlastnosti prenylovaných flavonoidů byly objeveny při inhibici oxidace „low density“ lipoproteinů, která snižuje riziko vzniku kardiovaskulárních chorob [12]. Cytotoxický vliv xanthohumolu, dehydroxanthohumolu

a isoxanthohumolu na lidské rakovině buňky několika orgánů byl prokázán v koncentracích 0,1 až 100  $\mu\text{M}$  [13]. Testování pozitivních vlastností xanthohumolu a dalších příbuzných látek stále pokračuje v „in vitro“ i „in vivo“ podmínkách. S ohledem na uvedené skutečnosti lze očekávat, že množství chmele, které se využívá mimo pivovarský průmysl, do budoucna poroste [14, 15].

Nejvhodnější metodou stanovení prenylovaných flavonoidů ve chmelu, chmelových výrobcích i pivu, je kapalinová chromatografie. Zatímco pro analýzu xanthohumolu postačuje k detekci UV detektor, další, minoritně zastoupené prenylované flavonoidy, je nezbytné analyzovat například ve spojení s hmotnostním detektorem (LC/MS) [16]. O obsahu xanthohumolu v českých chmelech jsou dosud k dispozici pouze omezené údaje. Od roku 2000 se obsah xanthohumolu rutinně stanovuje ve Chmelářském institutu v Žatci jako součást hodnocení chemického složení českých i zahraničních odrůd chmele, perspektivních novoslechtěnců a chmelových výrobků. V průběhu tří sklizní 2000, 2001 a 2002 byl získán poměrně rozsáhlý soubor dat charakterizujících obsah xanthohumolu v různých chmelech a chmelových výrobcích. Údaje o obsahu uvedené látky strukturované podle odrůd, ročníků a lokalit i některé obecné závislosti z nich vyplývající jsou předmětem tohoto dělení.

### 2 METODIKA

Ke studiu dané problematiky byly použity chmele ze sklizní 2000 až 2002 většinou v nepracované hlávkové formě. Kromě všech českých odrůd chmele byly zkoumány i novoslechtěné hybridy Chmelářského institutu v Žatci. Pro po-



Obr. 1 Schéma izomerace xanthohumolu na isoxanthohumol

Tab. 2 Obsah xanthohumolu v Žateckém červeňáku v letech 2000 až 2002

Pořadí	2000		2001		2002	
	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr $X/\alpha \cdot 10^3$	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr $X/\alpha \cdot 10^3$	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr $X/\alpha \cdot 10^3$
1	0,30	9,2	0,36	8,5	0,33	10,2
2	0,34	11,2	0,38	10,4	0,41	7,9
3	0,36	10,9	0,39	8,5	0,27	9,7
4	0,31	11,8	0,37	9,4	0,34	10,1
5	0,30	8,7	0,31	9,7	0,32	10,5
6	0,36	7,9	0,38	8,7	0,34	13,9
7	0,31	9,2	0,34	8,8	0,33	11,4
8	0,31	9,9	0,33	9,7	0,37	10,6
9	0,36	7,9	0,41	9,1	0,33	11,6
10	0,40	8,4	0,40	9,1	0,34	9,3
11	0,35	8,4	0,35	8,6	0,32	10,5
12	0,42	9,2	0,33	9,2	0,38	10,1
13	0,36	9,8	0,34	8,7	0,26	10,7
14	0,36	8,5	0,38	11,9	0,32	8,8
15	0,37	9,4	0,38	10,5	0,27	10,0
16	0,36	8,3	0,45	10,2	0,36	9,8
17	0,32	8,3	0,36	11,2	0,30	10,2
18	0,32	8,5	0,31	10,2	0,32	10,2
19	0,30	8,8	0,34	9,6	0,33	11,5
20	0,37	8,8	0,3	18,8	0,32	9,8
21	0,35	8,8	0,33	10,5	0,29	11,3
22	0,33	9,5	0,41	9,4	0,32	8,9
23	0,36	8,0	0,38	9,3	0,34	9,9
24	0,38	8,4	0,40	9,0	0,37	10,3
25	0,35	8,7	0,40	9,4	0,37	15,4
26	0,35	9,1	0,43	9,1	0,28	14,0
27	0,41	8,0	0,44	8,6	0,34	9,0
28	0,33	8,3	0,32	10,4	0,30	10,8
29	0,34	8,8	0,38	10,8	0,28	13,0
30	0,35	8,6	0,38	9,8	0,30	12,4
31	0,32	9,0	0,38	9,6	0,42	8,6
32	0,36	10,3	0,42	9,9	0,32	11,8
33	0,34	9,2	0,36	8,5	0,32	11,7
34	0,38	9,6	0,36	8,8	0,32	9,9
35	0,42	9,9	–	–	0,34	9,0
36	0,38	8,9	–	–	0,33	9,7
37	0,34	8,0	–	–	0,30	9,6
38	0,36	8,8	–	–	0,32	11,7
39	0,32	8,4	–	–	0,33	10,6
40	0,36	8,5	–	–	0,34	8,1
41	0,33	9,0	–	–	0,28	13,0
Aritmetický průměr	0,35	9,0	0,37	9,5	0,33	10,6
Medián	0,35	8,8	0,38	9,4	0,32	10,2
Minimální hodnota	0,30	7,9	0,31	8,5	0,26	7,9
Maximální hodnota	0,42	11,2	0,45	11,2	0,42	15,4

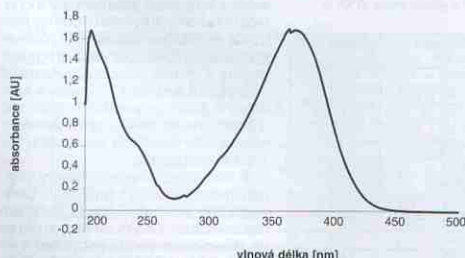
rovnání byly dále zkoumány i četné zahraniční chmelé z USA, Německa, Anglie, Slovinska a Polska. Z chmelových výrobků byly analyzovány chmelové extrakty odrůdy Agnus ze sklizně 2002.

Xanthohumol byl z chmelu a upravených chmelových výrobků extrahován směsí diethylether-methanol. Získaný extrakt se dělí na chromatografické kolony NUCLEOSIL RP C<sub>18</sub>, 5 µm, 250 x 4,6 mm (Macherey Nagel). Xanthohumol eluovaný z kolony byl spektrometricky detegován při vlnové délce 370 nm. Vlastní pracovní postup byl stejný jako při přípravě vzorku pro analýzu hořkých kyselin metodou HPLC, EBC 7.7 [17]. Chromatografické stanovení xanthohumolu a α- a β-hořkých kyselin bylo prováděno simultánně tak, že analytický signál byl snímán při dvou vlnových délkách 314 a 370 nm. Při první vlnové délce se detegovaly α-hořké a β-hořké kyseliny, při druhé xanthohumol, jehož absorpční spektrum s typickým maximumem při 370 nm, je na obr. 2. Kvantifikace xanthohumolu byla provedena externí kalibrací na analytický čistý standard o čistotě 99,5 %, který byl získán darem z Oregon State University (USA) [18]. Kalibrační roztok xanthohumolu byl připraven rozpouštěním 4 mg látky ve 100 ml methanolu o HPLC čistotě. Ze záznamu simultánní analýzy hořkých kyselin a xanthohumolu, který je uveden na obr. 3, je patrné, že flavonoid se eluuje přibližně v šesté minutě analýzy, hořké kyseliny se vydělují postupně od desáté do dvaceti minut. Absorbance xanthohumolu při vlnové délce 370 nm je v porovnání s absorbancí při 314 nm přibližně trojnásobná. Obsah xanthohumolu ve vzorku se zpravidla stanovuje s přesností na dvě desetinná místa. Rozšířená nejistota měření, tj. 95% interval spolehlivosti střední hodnoty, byla pro xanthohumol stanovena ± 3,5 % rel. Statistické zpracování experimentálních dat bylo provedeno pomocí programu QC.Expert 2.5 (TriloByte s.r.o., Pardubice).

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

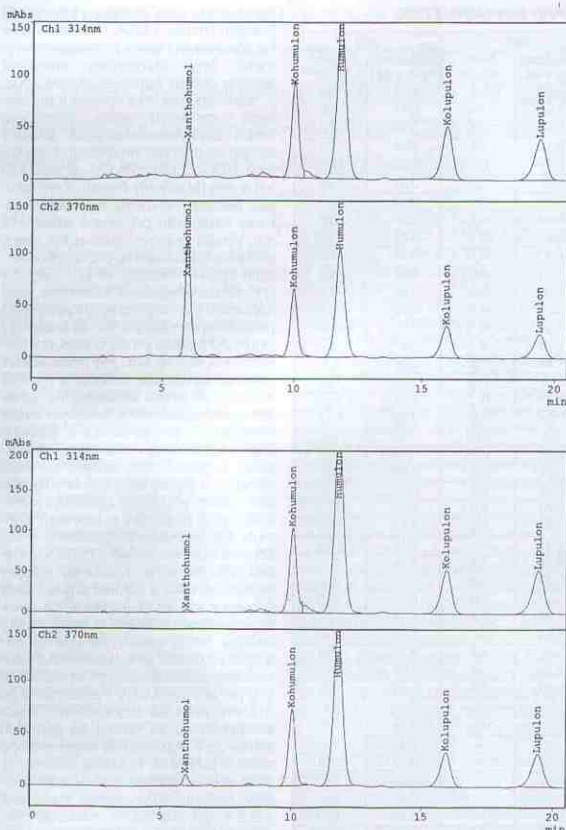
Výsledky stanovení obsahu xanthohumolu ve všech českých odrůdách chmelu jsou uvedeny v tabulkách 2 až 7. Vzorky analyzovaných chmelů pocházely převážně z provozních chmelnic. Do hodnocení odrůd Bor a Agnus byly vzhledem k omezenému pěstování v provozních podmínkách zařazeny i vzorky z odrůdových a rajonizačních pokusů založených ve všech chmelářských oblastech ČR.

Výsledky stanovení xanthohumolu v Žateckém poloraném červeňáku ze sklizně 2000 až 2002 jsou uvedeny v tab. 2. Z naměřených dat je patrné, že průměrný obsah flavonoidů v roce 2000 činil 0,35 % hm. v suš., 0,37 % hm. v roce



Obr. 2 Absorpční spektrum methanového roztoku xanthohumolu





Obr. 3 Záznamy chromatografické HPLC analýzy pryskyřičného alkoholového extraktu (horní obr.) a  $\text{CO}_2$ -extraktu (dolní obr.) odrůdy *Agnus* ze sklizně 2002

Tab. 3 Obsah a složení hořkých kyselin a obsah xanthohumolu v ozdraveném ŽPC

Číslo vzorku	$\alpha$ -hořké kyseliny [% hm.]	$\beta$ -hořké kyseliny [% hm.]	Xanthohumol $X/\alpha \cdot 10^2$	Poměr
1	6,3	6,7	0,44	7,0
2	7,1	6,9	0,48	6,8
3	6,9	6,2	0,40	5,8
4	7,2	8,3	0,45	6,2
5	6,7	5,9	0,45	6,7
6	5,7	5,2	0,43	7,6
7	6,2	5,2	0,51	8,2
8	6,0	5,5	0,46	7,7
9	6,6	6,0	0,43	6,5
10	7,3	7,3	0,55	7,5
Aritm. průměr	6,59	6,31	0,46	7,0
Medián	6,63	6,10	0,45	6,9

2001 a 0,32 % hm. v roce 2002. Rozmezí všech experimentálních hodnot se ve zkoumaném období pohybovalo v intervalu 0,26 až 0,45 % hm. v suš. Naměřená data jsou v dobré shodě s údaji, které byly dosud publikovány. Kamhuber [3] uvádí pro obsah xanthohumolu v Zateckém červeňáku hodnotu 0,37 % hm., Biendl [4] 0,33 % hm. Závislost obsahu xanthohumolu a  $\alpha$ -hořkých kyselin uvedená na obr. 4 ukazuje, že mezi oběma parametry existuje statisticky významná pozitivní korelace, tj. že s narůstajícím obsahem  $\alpha$ -hořkých kyselin se zvyšuje obsah xanthohumolu ve chmelu. Regresní koeficient  $r$  pro data ročníku 2002 je roven hodnotě 0,85. Obsah xanthohumolu by se proto měl vztahovat k určitému obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin. V tab. 2 a dalších je uveden další významný parametr, poměr obsahů xanthohumolu a  $\alpha$ -hořkých kyselin  $X/\alpha$ , který je z pivovarského hlediska cennější, protože umožňuje porovnat různé chmelové z hlediska množství xanthohumolu vneseného do varního procesu v průběhu chmelovaru. Hodnota zmíněného parametru pro Zatecký červeňák (9,0 až 11,10<sup>-2</sup>) je vyšší v porovnání s převážnou většinou zahraničních odrůd uvedených v tab. 8.

V Zateckém poloraném červeňáku ozdraveném od virových a viroidních patogenů se s obsahem  $\alpha$ -hořkých kyselin zvyšuje i obsah xanthohumolu. Údaje uvedené v tab. 3 ukazují, že při obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v rozmezí 5,7 až 7,3 % hm. se množství xanthohumolu v ozdraveném ŽPC pohybuje převážně v rozmezí 0,43 až 0,55 % hm. Průměrné zvýšení obsahu xanthohumolu však není úměrné zvýšení obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin, což má za následek, že hodnoty poměrového parametru  $X/\alpha$  v rozmezí 5,8 až 8,2 · 10<sup>-2</sup> jsou nižší než u neoazdravené formy ŽPC.

Hodnoty obsahu xanthohumolu a poměrového parametru  $X/\alpha$  odrůdy Premiant ze sklizni 2000 až 2002 jsou uvedeny v tab. 4. Obsah xanthohumolu se v tomto období pohyboval v rozmezí 0,25 až 0,53 % hm. v suš. při obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v intervalu 5,9 až 12,8 % hm. v suš. Podobně jako u Zateckého červeňáku byla mezi obsahem xanthohumolu a  $\alpha$ -hořkých kyselin i u odrůdy Premiant prokázána významná pozitivní korelace ( $r = 0,78$ ), graficky znázorněná na obr. 5. Poměr  $X/\alpha$  odrůdy Premiant v intervalu 3,3 až 5,8 · 10<sup>-2</sup> se střední hodnotou 4,2 · 10<sup>-2</sup> je podstatně nižší než u Zateckého červeňáku, přestože absolutní obsahy flavonoidů jsou v obou odrůdách srovnatelné.

V tab. 5 jsou uvedeny obsahy xanthohumolu a hodnoty poměrového parametru  $X/\alpha$  ze sklizni 2000 až 2002 pro odrůdu Sládek. Obsah xanthohumolu se ve zkoumaném období pohyboval v intervalu 0,51 až 0,88 % hm. v suš. při obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v rozmezí 3,7 až

Tab. 4 Obsah xanthohumolu v odrůdě Premiant v letech 2000 až 2002

Lokalita	2000		2001		2002	
	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr $X/\alpha \cdot 10^2$	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr $X/\alpha \cdot 10^2$	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr $X/\alpha \cdot 10^2$
Hředle	—	—	—	—	0,35	4,1
Janov	0,47	4,7	0,48	4,7	0,45	4,1
Kněžves	—	—	—	—	0,42	4,4
Kolečovice	0,44	4,2	0,53	5,6	0,37	5,0
Koumov	—	—	—	—	0,32	4,2
Kozojedy	0,43	4,9	0,45	4,3	0,41	4,1
Krypy	—	—	—	—	0,39	4,2
Lenešice	0,38	4,1	0,38	4,0	0,33	3,7
Liběšovice	—	—	—	—	0,33	3,7
Nesuchyně	0,41	4,3	0,46	4,6	0,50	3,9
Početčice	0,45	4,0	—	—	0,37	3,3
Podmokly	0,45	4,3	0,41	4,6	0,41	4,1
Smilovice	0,41	4,7	0,47	5,2	0,49	4,0
Staňkovic	—	—	0,26	3,8	0,34	3,9
Stekník I	—	—	0,46	4,3	0,32	3,6
Stekník II	0,38	3,6	0,40	4,4	0,30	3,5
Brožany	—	—	—	—	0,25	3,7
Dolní Újezd	0,37	3,7	0,36	4,2	0,34	5,8
Tršice	0,32	3,6	0,36	3,5	0,30	3,5
Doloplazy	—	—	0,33	3,6	0,32	4,7
Aritmetický průměr	0,41	4,2	0,41	4,4	0,37	4,1
Medián	0,41	4,2	0,41	4,3	0,35	4,1
Minimální hodnota	0,32	3,6	0,26	3,5	0,25	3,3
Maximální hodnota	0,47	4,9	0,53	5,6	0,50	5,8

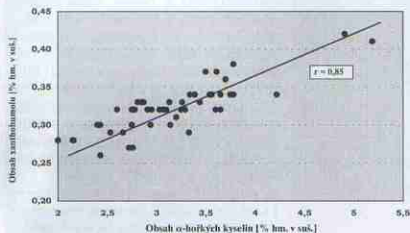
8,8 % hm. v suš. Poměr  $X/\alpha$ , který většinou přesahuje hranici  $10 \cdot 10^{-2}$ , je nejvyšší nejen v porovnání s ostatními českými odrůdami, ale i všemi zahraničními odrůdami uvedenými v tab. 8. Odrůda Sládek je v tomto ohledu zcela výjimečná. Tato bezesporu pozitivní skuteč-

nost nabývá na významu v souvislosti s probíhajícím diskusí o pozitivním vlivu moderovaného pití piva na lidské zdraví a úvahách o pěstování vybraných chmelů pro lékařské a farmaceutické účely [14, 19].

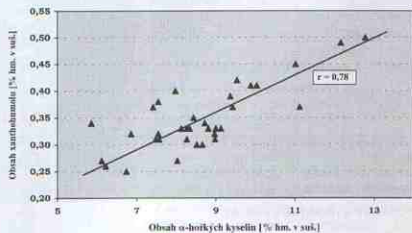
V tab. 6 a 7 jsou uvedeny obsahy

xanthohumolu a hodnota poměru  $X/\alpha$  v odrůdách Bor a Agnus. Odrůda Bor obsahuje xanthohumol v množství 0,34 až 0,63 % hm. v suš. při obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v intervalu 7,2 až 13,2 % hm. v suš. Průměrná hodnota obsahu xanthohumolu v odrůdě Bor činí 0,48 % hm. při obsahu 9,1 % hm.  $\alpha$ -hořkých kyselin. Poměrový parametr  $X/\alpha$  je v porovnání s odrůdou Premiant zhruba o 30 % vyšší.

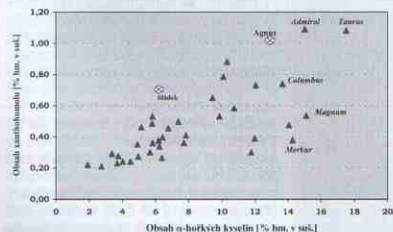
Absolutně nejvíce xanthohumolu ze všech českých chmelů obsahuje odrůda Agnus, v průměru 1,0 % hm. při rozmezí experimentálních hodnot v intervalu 0,70 až 1,17 % hm. v suš. a obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v intervalu 9,6 až 16,2 % hm. v suš. V tomto ohledu je tato odrůda srovnatelná s nejlepšími světovými odrůdami, jako jsou například německá odrůda Taurus nebo anglická odrůda Admiral. Na stávajících produkčních chmelnicích ve Stekniku se obsah xanthohumolu v odrůdě Agnus pohybuje na úrovni 0,7 až 0,9 % hm. při obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v rozmezí 10 až 11 % hm. I přes vysoký obsah xanthohumolu je poměrový parametr  $X/\alpha$  odrůdy Agnus a dalších vysokoobsažných odrůd hluboko pod hodnotou  $10 \cdot 10^{-2}$ . Vysoký obsah xanthohumolu v odrůdě Agnus a vysoká hodnota poměru  $X/\alpha$  odrůdy Sládek jsou natolik mimořádné, že je lze použít společně s obsahem a složením hořkých kyselin, jako další kritérium při chemotaxonomické identifikaci a popisu zmíněných odrůd.



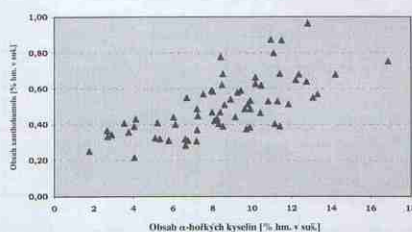
Obr. 4 Závislost obsahu xanthohumolu a obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v Zateckém červeňáku ze sklizně 2002



Obr. 5 Závislost obsahu xanthohumolu a obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v odrůdě Premiant ze sklizně 2002



Obr. 6 Závislost obsahu xanthohumolu a obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin v zahraničních chmelech ze sklizně 2002



Obr. 7 Závislost obsahu xanthohumolu a  $\alpha$ -hořkých kyselin v hybridech HSKM ze sklizně 2002



Tab. 5 Obsah xanthohumolu v odrůdách Sládek v letech 2000 až 2002

Lokalita	2000		2001		2002	
	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>
Blšary	0,78	9,6	0,78	10,4	0,83	11,2
Čáslav	0,71	10,6	0,62	10,0	0,62	12,0
Hředle	0,65	11,6	0,81	13,1	0,74	12,3
Chudeřín	0,51	12,1	0,55	11,7	0,64	16,8
Kněžice	0,73	10,0	0,80	12,3	0,77	12,7
Krupá	0,74	11,7	0,78	14,2	0,77	12,6
Krypy	—	—	—	—	0,67	9,3
Malnice	0,54	10,6	—	—	0,62	14,6
Měcholupy	0,71	9,0	0,77	9,6	0,82	11,4
Milostín	0,69	11,5	0,68	9,1	0,77	12,0
Nesuchyně	—	—	0,68	10,3	0,80	9,1
Očihov	—	—	—	—	0,70	10,8
Oplopy	0,73	10,4	0,66	11,2	0,80	12,1
Ročov	0,71	12,7	0,64	10,7	0,84	9,7
Sedčice	0,52	9,6	0,68	11,3	0,67	10,2
Stekník I	0,59	9,7	0,69	12,4	0,72	11,4
Stekník II	0,51	10,0	0,65	11,1	0,70	10,7
Třeskonice	0,68	12,4	0,64	12,5	0,65	12,8
Zatce	0,55	9,3	0,41	10,5	0,55	13,3
Brožany	0,56	11,6	0,63	10,6	0,64	12,4
Suchonice	0,68	11,3	0,73	11,9	0,68	14,0
Aritmetický průměr	0,64	10,8	0,70	11,3	0,71	12,0
Medián	0,68	10,6	0,69	11,2	0,70	12,0
Minimální hodnota	0,51	9,0	0,55	9,1	0,55	9,1
Maximální hodnota	0,78	12,7	0,88	14,2	0,84	14,9

Tab. 6 Obsah xanthohumolu v odrůdách Bor v letech 2000 až 2002

Lokalita	2000		2001		2002	
	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>
Stekník	0,43	4,3	0,52	5,0	0,34	4,7
Třeboc	0,53	6,6	0,45	6,7	0,49	5,9
Čáslav	0,44	6,0	—	—	0,57	7,9
Nesuchyně	0,63	5,9	0,53	5,4	0,55	4,9
Třeboc*	—	—	—	—	0,51	4,9
Staňkovic*	—	—	0,60	5,7	0,49	6,1
Očihov*	—	—	—	—	0,53	5,0
Liběšice (LT)*	0,42	4,8	0,52	4,9	0,57	5,9
Ročov*	0,45	5,1	0,40	5,7	0,50	5,0
Horní Počaply*	0,30	4,2	0,42	5,3	0,40	5,6
Velká Bystřice*	—	—	0,52	6,3	0,52	5,8
Kolešovice*	0,40	3,9	0,49	5,0	0,63	4,8
Stekník*	0,40	5,9	0,44	6,0	0,47	5,1
Nesuchyně*	0,38	4,6	—	—	0,59	5,3
Blšary	0,42	5,0	0,51	6,0	—	—
Tupec	0,45	6,3	—	—	—	—
Aritmetický průměr	0,44	5,2	0,49	5,6	0,49	5,4
Medián	0,43	5,1	0,51	5,7	0,51	5,1
Minimální hodnota	0,38	3,9	0,40	4,9	0,34	3,7
Maximální hodnota	0,63	6,60	0,60	6,7	0,63	7,9

\* odrůdové a rajonizační pokusy

Tab. 7 Obsah xanthohumolu v odrůdách Agnus v letech 2000 až 2002

Lokalita	2000		2001		2002	
	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>3</sup>
Stekník I	0,70	7,3	0,84	6,4	0,80	7,4
Stekník II	0,82	6,3	0,98	7,4	0,79	7,0
Brloh*	—	—	—	—	1,09	7,0
Staňkovic*	—	—	0,94	6,4	1,01	7,6
Liběšice (LT)*	0,98	6,8	1,11	7,8	1,08	8,6
Ročov*	0,95	6,9	1,05	7,2	1,05	7,5
Horní Počaply*	0,76	5,8	1,03	8,1	1,03	7,8
Velká Bystřice*	0,85	5,8	1,07	8,0	0,92	9,7
Kolešovice*	0,93	6,0	1,12	6,9	1,17	7,4
Stekník*	0,86	6,4	0,85	6,2	1,03	7,4
Blšary	0,94	6,0	1,15	8,4	—	—
Nesuchyně*	0,86	6,8	1,02	7,6	1,11	6,7
Aritmetický průměr	0,87	6,5	1,01	7,3	1,01	7,6
Medián	0,86	6,4	1,03	7,4	1,03	7,4
Minimální hodnota	0,70	5,8	0,84	6,2	0,79	6,7
Maximální hodnota	0,98	7,3	1,12	8,4	1,17	9,7

\* odrůdové a rajonizační pokusy

V tab. 8 jsou uvedeny obsahy xanthohumolu a hodnoty poměru X/α v zahraničních odrůdách chmele ze sklizni 2000 až 2002. V souboru německých, amerických, anglických, polských a slovenských chmelů, které vesměs pocházely ze země původu, jsou zastoupeny všechny skupiny odrůd od aromatických po vysokoobsažné. Kromě řady tradičních odrůd jsou v tabulce zastoupeny i odrůdy nové, uvedené na trh nedávno, např. americké odrůdy Millennium, Newport, německé Merkur a Saphir, anglické chmele Pilot a Pilgrim či polské Zula a lunga. Rozpětí obsahů xanthohumolu je široké od 0,20 % (odrůda Fuggle, Anglie/2002) až 1,09 % (Admiral/2002) a dojde souhlasi s údaji publikovanými v odborné literatuře [3, 4]. Na obr. 6 je uvedena závislost obsahu xanthohumolu a α-hořkých kyselin v zahraničních odrůdách chmele, zpracovaná z dat ročníku 2002 (tab. 8). Do grafu jsou pro srovnání zaneseny i české odrůdy Agnus a Sládek. Trend vyššího obsahu xanthohumolu s rostoucím podílem α-hořkých kyselin je na první pohled zřejmý, ale rozptýl obsahů flavonoidů u odrůd s vyšším obsahem α-hořkých kyselin významně narůstá. Z toho lze usuzovat, že v obsahu xanthohumolu ve chmelu hraje důležitou roli například genetické vlivy, což lze dokumentovat na německých odrůdách Magnum a Merkur s podstatně nižší hladinou xanthohumolu v porovnání s anglickými odrůdami Admiral a Target. Nižší hodnoty xanthohumolu v odrůdách Perle a Nugget pěstovaných v podmínkách severozápadních států USA, které jsou nižší v porovnání s obsahy ve stejných odrůdách pěstovaných v Evropě, ukazují na významný vliv prostředí. Na stejný faktor ukazuje i velmi nízký obsah xanthohumolu v odrůdách Magnum vypěstované v Polsku v roce 2002 a rozdílné obsahy flavonoidů v odrůdách Fuggle z USA a Anglie. Z uvedených poznatků vyplývá, že pozitivní korelace mezi obsahem xanthohumolu a α-hořkých kyselin nemá zcela obecnou platnost, ale omezuje se pouze na jednotlivé odrůdy či skupiny odrůd geneticky příbuzných.

Obsahy xanthohumolu v novověleštěných křížích z hybridní školký kmeňových matek (HŠKM) Chmelářského institutu v Zlatci se nalézají v hodnotách zjištěných u registrovaných odrůd chmele. Například v roce 2001 činil průměrný obsah xanthohumolu v bezmála 70 hybridních odrůd v bezmála 70 hybridních odrůd 0,49 % hm. při rozmezí 0,22 až 0,96 % a obsahu α-hořkých kyselin v intervalu 1,8 až 16,9 % hm. v suš. V roce 2002 činil průměrný obsah xanthohumolu souboru hybridů HŠKM 0,45 % hm. při rozmezí 0,15 až 0,90 % hm. v suš. a obsahu α-hořkých kyselin v intervalu 2,9 až 15,7 % hm. v suš. Korelační závislost obsahu xanthohumolu a obsahu

Tab. 8 Obsah xanthohumolu v zahraničních odrůdách chmele v letech 2000 až 2002

Odrůda	2000		2001		2002	
	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>2</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>2</sup>	Xanthohumol [%hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>2</sup>
<b>N Ě M Ě C K O</b>						
Hallertau Tradition	0,44	6,4	0,48	7,9	0,41	5,2
Hersbrucker	0,30	4,7	0,27	8,3	0,23	6,2
Magnum	0,57	3,8	0,64	4,0	0,54	3,5
Merkur	0,41	2,5	0,32	2,9	0,38	2,7
Nugget	0,88	5,8	0,96	6,2	0,73	6,0
Perle	0,60	6,9	0,63	7,8	0,46	6,7
Saphir	—	—	—	—	0,33	7,7
Spalter Select	0,52	8,10	0,43	12,0	0,48	8,3
Taurus	0,96	6,4	1,03	6,2	1,08	6,2
Tettnang	0,37	6,8	—	—	—	—
<b>U S A</b>						
Cascade	0,26	4,5	0,30	3,9	0,36	4,6
Columbus	0,78	5,3	0,79	5,3	0,74	5,4
Fuggle	0,29	5,2	0,24	5,4	0,37	6,1
Galena	0,50	4,1	0,48	3,7	0,39	3,2
Chinook	0,47	3,7	0,45	3,8	0,47	3,4
Liberty	0,22	4,9	0,24	5,4	0,27	5,5
Millennium	—	—	—	—	0,59	3,7
Mount Hood	0,26	5,2	0,37	5,1	0,30	5,3
Newport	—	—	—	—	0,55	5,8
Nugget	0,66	5,4	0,72	5,1	0,58	5,4
Perle	0,41	5,5	0,46	6,1	0,40	6,1
Sterling	0,37	5,2	—	—	0,26	4,1
Tettnanger	0,37	5,8	0,27	5,9	0,24	6,0
Warrior	0,41	3,1	—	—	0,52	2,9
Willamette	0,33	7,1	0,38	7,7	0,46	8,9
Zeus	—	—	—	—	0,82	4,9
<b>A N G L I E</b>						
Admiral	0,95	6,7	1,08	6,9	1,09	7,3
Bramling Cross	—	—	0,27	4,4	0,25	3,7
First Gold	—	—	0,43	5,6	0,45	4,9
Fuggle	0,36	5,2	0,28	5,2	0,20	4,1
Goldings	—	—	0,32	4,4	0,32	4,9
Phoenix	0,72	5,8	0,70	6,5	0,55	5,4
Pilgrim	—	—	—	—	0,85	6,0
Pilot	—	—	—	—	0,41	4,0
Progress	0,38	4,9	0,34	5,3	0,36	4,7
Target	0,83	6,3	0,96	7,8	0,79	7,0
Wye Challenger	0,35	4,0	0,32	4,5	0,34	3,7
Wye Northdown	0,49	5,7	0,38	4,8	0,47	5,4
<b>P O L S K O</b>						
Iunga	—	—	—	—	0,88	8,6
Izabela	0,52	6,3	—	—	0,35	7,1
Lubelski	—	—	—	—	0,22	11,4
Magnum	0,58	5,4	—	—	0,30	2,5
Marynka	0,48	6,3	0,54	6,5	0,50	6,7
Zula	—	—	—	—	0,79	7,8
<b>S L O V I N S K O</b>						
Aurora	—	—	0,43	4,8	0,53	5,4
Bobek	—	—	—	—	0,53	9,0
Celeia	—	—	0,25	7,2	0,24	5,4
Savinjski Golding	—	—	0,29	8,0	0,29	8,6

Typická rozmezí obsahu xanthohumolu v českých odrůdách chmele, zjištěná na základě výsledků analýz chmelů ze sklizně 2000 až 2002 (tab. 2 až 7), jsou uvedena v tab. 9.

Změny v obsahu xanthohumolu při zpracování chmele na chmelové extrakty jsou patrné z tab. 10, ve které je uvedeno složení chmelových pryskyřic a obsahu xanthohumolu v ethanolovém a CO<sub>2</sub>-extraktu odrůdy Agnus ze sklizně 2002. Obsah α-hořkých kyselin a jejich transformačních produktů (iso-α-hořkých kyselin) v CO<sub>2</sub>-extraktu je zhruba o 17 % vyšší v porovnání s extraktem alkoholovým, což je dáno vyšší selektivitou extrakčního procesu na bázi oxidu uhličitého. Zatímco pryskyřičný alkoholový extrakt obsahuje veškerý podíl xanthohumolu, CO<sub>2</sub>-extrakt obsahuje pouze stopová množství této látky. Uvedenou skutečnost dokumentují záznamy chromatografické HPLC analýzy hořkých kyselin a xanthohumolu alkoholového a CO<sub>2</sub>-extraktu odrůdy Agnus ze sklizně 2002 (obr. 3). Ethylalkohol na rozdíl od oxidu uhličitého extrahuje ze chmele širší spektrum chmelových pryskyřic, včetně tvrdých. Xanthohumol, jako součást frakce tvrdých pryskyřic, se tak dostává do produktu. S ohledem na výše uvedené pozitivní účinky xanthohumolu a dalších látek ze skupiny prenylovaných flavonoidů je přítomnost těchto látek v pryskyřičných alkoholových extraktech velmi přínosná. Při výrobě piva se transformují, byť v malém množství, do piva a zvyšují tak nutriční hodnotu tohoto nápoje. V tab. 11 jsou uvedeny analytické parametry zbytkového chmele po alkoholové a CO<sub>2</sub>-extrakci.

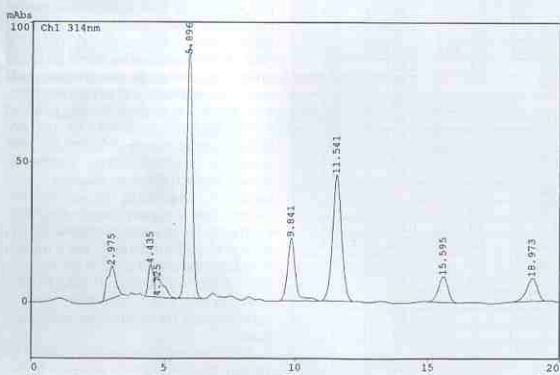
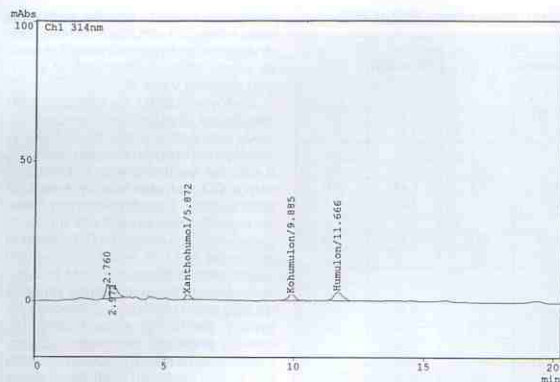
Stopové množství xanthohumolu ve zbytku po alkoholové extrakci potvrzuje, že veškerý xanthohumol byl převeden do produktu. Při extrakci oxidem uhličitým zůstaly xanthohumol a další chmelové polyfenoly obsažené v surovině prakticky beze zbytku v odpadním produktu. Uvedené skutečnosti proto činí z tohoto odpadu potenciálně cennou druhotnou surovinu. Výše popsané skutečnosti dokumentuje obr. 8, na kterém jsou uvedeny záznamy chromatografické analýzy hořkých kyselin a xanthohumolu ve zbytkovém chmelu po alkoholové a CO<sub>2</sub>-extrakci odrůdy Agnus ze sklizně 2002.

α-hořkých kyselin pro hybridy HSKM je na obr. 7. Pozitivní korelace je z množiny experimentálních bodů rovněž patrna, podobně jako u zahraničních odrůd (obr. 6). Vysoký rozptyl hodnot a nižší korelační koeficient  $r = 0,59$  lze v tomto případě přičíst především na vliv genetických faktorů, protože vliv prostředí lze v tomto případě zanedbat.

Tab. 9 Typická rozmezí obsahu xanthohumolu v českých chmelech v období 2000 až 2002

Odrůda	Obsah xanthohumolu [% hm. v suš.]	Obsah α-hořkých kyselin [% hm. v suš.]	Poměr X/α. 10 <sup>2</sup>
Zatecký červeňák	0,30 – 0,40	3,0 – 4,0	9 – 11
Bor	0,40 – 0,60	7 – 10	4 – 7
Sládek	0,55 – 0,80	5,0 – 7,5	9 – 13
Premiant	0,30 – 0,45	7 – 10	3,5 – 4,5
Agnus	0,80 – 1,10	10 – 15	6 – 8





Obr. 8 Záznamy chromatografické HPLC analýzy zbytku po alkoholové extrakci (horní obr.) a  $\text{CO}_2$ -extrakci (dolní obr.) odrůdy Agnus ze sklizně 2002

#### 4 ZÁVĚRY

Obsah xanthohumolu v českých chmelích se pohybuje v intervalu 0,3 až 1,1 %

hm. v suš. Dolní hranice uvedeného rozmezí platí pro Žatecký červenák a odrůdu Premiant. Nejvyšší obsahy xanthohumolu vykazuje odrůda Agnus. Podobně jako u ji-

Tab. 10 Obsah a složení hořkých kyselin a obsah xanthohumolu ve chmelových extraktech odrůdy Agnus ze sklizně 2002

Typ extraktu	$\alpha$ -hořké kyseliny [% hm.]	$\beta$ -hořké kyseliny [% hm.]	ISO- $\alpha$ -hořké kyseliny [% hm.]	Poměr ( $\alpha + \text{ISO-}\alpha$ )/ $\beta$	Xanthohumol [% hm.]
$\text{CO}_2$ -extrakt	43,4	22,7	stopy	1,91	stopy
alkoholový	35,0	19,8	1,8	1,86	4,05

Tab. 11 Obsah hořkých kyselin a xanthohumolu v odpadním chmelu po extrakci odrůdy Agnus ze sklizně 2002

Typ extraktu	$\alpha$ -hořké kyseliny [% hm.]	$\beta$ -hořké kyseliny [% hm.]	Xanthohumol [% hm.]
$\text{CO}_2$ -extrakt	1,04	0,46	1,07
alkoholový	0,08	0	stopy

ných sekundárních metabolitů chmelle je i obsah xanthohumolu v ročníku lokálně proměnlivý a podléhá i meziročníkovým výkyvům. Mezi obsahem xanthohumolu a  $\alpha$ -hořkých kyselin byla prokázána pozitivní korelace. Odrůda Sládek se od všech ostatních českých i zahraničních chmelů liší vysokým poměrem obsahu xanthohumolu a  $\alpha$ -hořkých kyselin, který zpravidla přesahuje hodnotu  $10 \cdot 10^{-2}$ . Vysokou hodnotou uvedeného poměrového parametru v rozmezí 9 až  $10 \cdot 10^{-2}$  se vyznačuje i Žatecký červenák. K výrazným změnám obsahu xanthohumolu ve chmelu dochází při zpracování na chmelové extrakty. Při alkoholové extrakci přechází xanthohumol do produktu, kdežto při extrakci oxidem uhličitým zůstává ve zbytkovém chmelu.

**Tato studie byla vypracována v rámci projektu FF-P/024, finančně podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR.**

#### Literatura

- [1] Stevens, J. F., et al.: Prenylflavonoids from *Humulus Lupulus*. *Phytochemistry* **44**, 1997, s. 1575.
- [2] Forster, A., Köberlein, A.: Der Verbleib von Xanthohumol aus Hopfen während der Bierbereitung. *Brauwelt* **37**, 1998, s. 1677.
- [3] Kammhuber, K., Zeidler, C., Seigner, E.: Stand der Erkenntnisse zum Hopfeninhaltsstoff Xanthohumol. *Brauwelt* **36**, s. 1633, 1998.
- [4] Biendl, M.: Xanthohumol – Content in Hops. *Hopfen-Rundschau Int.*, 2002/2003, s. 72.
- [5] Hänsel, R., Schulz, J.: *Hopfen und Hopfenpräparate*. Deutsche Apoth. **126**, 1986, s. 2033.
- [6] Biendl, M., et al.: Investigations into the production of a xanthohumol-enriched hop products. *World Brewing Congress, Poster P-30*, Orlando, USA, 2000.
- [7] Stevens, J.F., et al.: Fate of xanthohumol and related prenylflavonoids from hops to beer. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 1999, s. 2421.
- [8] Biendl, M., Mitter, W.: Einsatz eines xanthohumolreichen Hopfenproduktes bei der Bierherstellung. *Brauwelt* **46**, 2000, s. 2006.
- [9] Miranda, C.L., et al.: Prenylated chalcones and flavanones as inducers of quinone reductase in mouse Hepa 1c17 cells. *Cancer Letters* **149**, 2000, s. 21.
- [10] Henderson, M.C., et al.: In vitro inhibition of human P 450 Enzymes by prenylated flavonoids from hop, *Humulus Lupulus*. *Xenobiotica* **30**, 2000, s. 235.
- [11] Tobe, H., et al.: Bone resorption inhibitors from hop extract. *Biosci. Biotech. Biochem.* **61**, 1997, s. 158.
- [12] Miranda, C.L., et al.: Antioxidant and pro-oxidant action of prenylated and nonprenylated chalcones and flavanones in vitro. *J. Agric. Food Chem.* **48**, 2000, s. 3876.
- [13] Miranda, C.L., et al.: Antiproliferative and cytotoxic effects of prenylated flavonoids from hop (*Humulus Lupulus*) in human cancer lines. *Food Chem. Toxicol.* **37**, 1999, s. 271.

- [14] Walker, C.: Hops and Health. Proceedings of the Technical Commission IHGC, Canterbury, England, 2001, s. 2.
- [15] Darby, P., Walker, C.: Where next for the hop industry? Brew. Guardian 131, 2002 (2), s. 22.
- [16] Stevens, J. F., et al.: Quantitative analysis of xanthohumol and related prenylflavonoids in hops and beer by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. J. Chromatogr. A, 832, 1999, s. 97.
- [17] Analytica EBC, Method 7.7. European Brewery Convention, Getränke Fachverlag, 1997.
- [18] Křofka, K.: Obsah a složení chmelových pryskyřek žateckých chmelů z pohledu jejich pivovarské hodnoty. Disertační práce, VŠCHT Praha, 2002.
- [19] Matoušek, J.: Ozdravné pivo. Kvasný Prum. 47, 2001, s. 130.

Lektoroval Ing. Jiří Šrogl  
Do redakce došlo 24. 1. 2003

**Křofka, K.: Obsah xanthohumolu v českých chmelech.** Kvasný Prum. 49, 2003, č. 3, s. 62–69.

Práce obsahuje první souhrnné informace o obsahu xanthohumolu ve všech českých odrůdách chmele i perspektivních hybridech. Prezentovaná data, strukturovaná podle ročníků, lokalit a odrůd, charakterizují obsah zmíněné látky v období let 2000 až 2002. Pro srovnání jsou uvedeny údaje o obsahu xanthohumolu v zahraničních chmelech z Německa, USA, Anglie, Polska a Slovinska ve stejném období. Z českých odrůd chmele obsahuje nejvíce xanthohumolu odrůda Agnus (0,8 až 1,1 % hm, v suš.). Odrůda Sládek vyniká vysokým poměrem obsahu xanthohumolu a  $\alpha$ -horčkových kyselin. Hodnoty, většinou přesahující hranici  $10 \cdot 10^{-2}$ , jsou nejvyšší ze všech hodnocených českých i zahraničních odrůd chmele. K vý-

razným změnám obsahu xanthohumolu dochází při extrakci chmele. Pouze při alkoholové extrakci přechází flavonoid do produktu, při extrakci  $\text{CO}_2$  zůstává ve zbytku.

**Křofka, K.: Xanthohumol Content in Czech Hops.** Kvasný Prum. 49, 2003, No. 3, p. 62–69.

The work contains the first recapitulative information of the xanthohumol content in all Czech hop varieties and perspective hybrids. The given data, structured according to the year, locality and variety, define the xanthohumol content in seasons 2000 and 2002. For the purpose of comparison the data of the xanthohumol content for the same seasons in foreign hops from Germany, the USA, England, Poland and Slovenia are also shown. Out of the Czech hop varieties Agnus variety contains most xanthohumol 0,8 – 1,1 % mass in dry matter. Sládek variety excels at the high ratio of xanthohumol content and  $\alpha$ -bitter acids. The values mostly overlapping  $10 \cdot 10^{-2}$  limits are the highest of all evaluated (assessed) Czech and foreign hop varieties. Significant changes of xanthohumol content appear during the hop extraction. Only during the alcoholic extraction flavonoid passes into the product, while during the  $\text{CO}_2$  extraction it stays in a residue.

**Křofka, K.: Xanthohumolgehalt in tschechischen Hopfen.** Kvasný Prum. 49, 2003, Nr. 3, S. 62–69.

Der Artikel enthält die ersten zusammenfassende Informationen über den Gehalt des Xanthohumols in allen tschechischen Hopfensorten sowie auch in den perspektiven Hybriden. Die präsentierten Daten, nach Jahrgängen, Lokalitäten und Sorten strukturiert, charakterisieren den Gehalt der erwähnten Substanz in den Jahren 2000 bis 2002. Zum Vergleich sind weitere Angaben über den Xanthohumolgehalt in ausländischen Hopfen aus

Deutschland, den USA, England, Polen und Slowenien in demselben Zeitabschnitt angeführt. Aus den tschechischen Hopfensorten weist den höchsten Xanthohumolgehalt die Sorte Agnus auf (0,8 bis 1,1 Gew. % in TS). Die Hopfensorte Sládek ist durch ein hohes Verhältnis des Xanthohumols und der  $\alpha$ -Bittersäuren gekennzeichnet. Die meisten die Grenze  $10 \cdot 10^{-2}$  überschreitenden Werte sind die höchsten aus allen ausgewerteten tschechischen und ausländischen Hopfensorten. Zur markanten Änderungen des Xanthohumolgehalts führt die Extraktion des Hopfens. Nur bei der Alkoholextraktion geht das Flavonoid in das Produkt über, bei der  $\text{CO}_2$ -Extraktion bleibt es im Restanteil.

**Крофта, К.: Содержание ксантогумола в чешском хмеле.** Кvasný Prum. 49, 2003, No. 3, стр. 62–69.

В статье подытожены первые данные о содержании ксантогумола во всех сортах хмеля и перспективных гибридах выращиваемых в Чешской Республике. Данные, упорядоченные по году урожая, месту выращивания и сортам, указывают содержание этого вещества в годах 2000–2002. Для сравнения приводятся данные о содержании ксантогумола в хмелях из Германии, США, Англии, Польши и Словении в том же самом периоде. Самые высокие содержание ксантогумола имеют из чешских сортов Agnus – 0,8–1,1 вес. % на сухое вещество. Сорт Сладек отличается высоким отношением содержания ксантогумола и альфа-горчковых кислот. Величины, находящиеся в большинстве случаев выше, чем  $10 \cdot 10^{-2}$ , являются самыми высокими среди всех оцениваемых чешских и зарубежных сортов хмеля. Выразительное изменение содержания ксантогумола происходит в течение экстрагирования хмеля. Только в случае спиртовой экстракции переходит флавоноид в продукт, между тем как при экстракции  $\text{CO}_2$  остается в остатке.