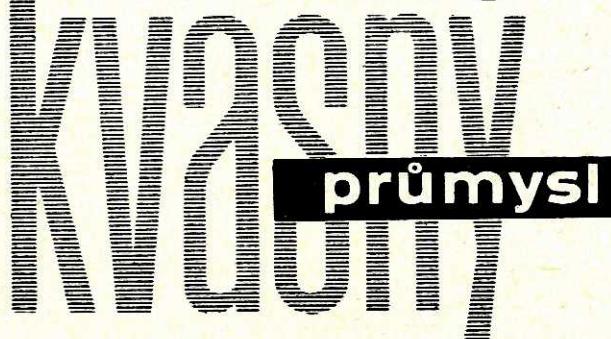


7

červenec 1969

ročník 15

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
PI CVAŘSKÝ A SLADAŘSKÝ V PRAZE
Pracoviště BRNO Mostecká 7



ODBORNÝ ČASOPIS PRO PRACOVNÍKY V KVASNÝCH PRŮMYSLECH

Chemie nespecifických měkkých pryskyřic (resuponů) chmele a jejich pivovarský význam

JOSEF MOŠTEK a JAROSLAV ČEPIČKA, Katedra kvasné chemie a technologie VŠCHT, Praha

863.423
547.914

Nespecifické měkké pryskyřice, které *Mikschik* [1] nazval resupony, jsou ve starší odborné literatuře známy jako α -měkké a β -měkké pryskyřice [2–7]. Tyto látky mají vedle α -hořkých a β -hořkých kyselin chmele veliký význam při posuzování pivovarské hodnoty chmele, zvláště však při tvorbě organoleptické hořkosti (a také pěnivosti) piva. Chemie a pivovarský význam α -hořkých a β -hořkých kyselin byl již z různých hledisek několikrát souborně zpracován v dostupné literatuře [2–9]. Zcela jinak je tomu však s resupony, které mimo *Mikschikův* [1] nástin jejich systematicky nebyly ve smyslu chemie a pivovarského významu souborně zpracovány, a proto bychom předloženou prací k tomu chtěli alespoň částečně přispět. Pozornost však zaměřujeme především na pivovarský význam resuponů, s vědomím, že mají velký význam i ve chmelařsko-pěstitelské praxi.

Soudobé dělení hořkých chmelových látok (pryskyřic)

V roce 1957 bylo na kongresu EBC ve Stockholmu přijato toto (v podstatě dřívější *Hayduckovo* [10]) dělení hořkých chmelových látok doplněné *Wöllmerem* [2]:

Veškeré pryskyřice chmele

(Extrahovatelné z chmele etyléterem a po jeho odpaření rozpustné ve studeném metanolu)

A. Rozpustné v *n*-hexanu: B. Nerozpustné v *n*-hexanu:
Měkké pryskyřice (zv. také: v *n*-hexanu rozpustná metanolová frakce):

- | | |
|---|---|
| 1. α -hořké kyseliny (humulony) | 1. γ -pryskyřice (nerozpustné ve vodě) |
| 2. β -hořké kyseliny (lupulony) | 2. δ -pryskyřice (rozpustné ve vodě) |
| 3. Nespecifické měkké pryskyřice, zvané také resupony | |

V současné době může však toto dělení chmelových hořkých látok sloužit již jenom jako základní orientace pro chemicky velmi složitou, početnou a stále poměrně velmi rychle doplňovanou skupinu, resp. hlavní skupiny organolepticky hořkých, ale i nehořkých látok chmele.

Tabulka 1

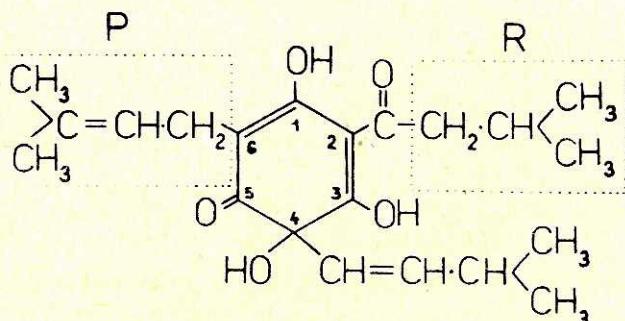
Základní typy resuponů vyvozené *Mikschikem* [1]

A =	Charakter substituentů / B =	Název resuponu	
		α -resupony	
H	CO — CH ₂ — CH = C(CH ₃) ₂	Izo- α -kyseliny	
H	CO — CH ₃	Pryskyřice B	
H	H	Kyseliny humulinové	
H	OH	Re- α -4†)	
OH	CO — CH ₂ — CH = C(CH ₃) ₂	Humulinony ++)	
OH	CO — CH ₃	Re- α -6†	
OH	H	Kyseliny oxyhumulinové	
OH	OH	Re- α -8†	
β -resupony			
P	CO — CH ₂ — CH = C(CH ₃) ₂	Re- β -1†	
P	CO — CH ₃	Re- β -2†	
P	H	Luputriony	
P	OH	Hulupony	

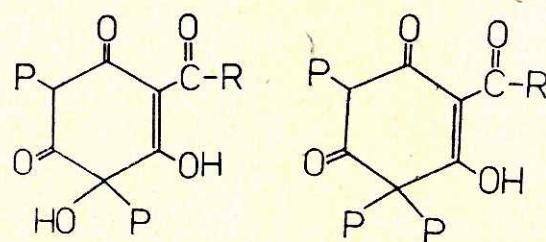
†) Hypotetická jádra dosud neidentifikovaných resuponů
++) viz str. 150

Vlastnímu pojednání o resuponech považujeme za vhodné předřadit vzorce α -hořkých a β -hořkých ky-

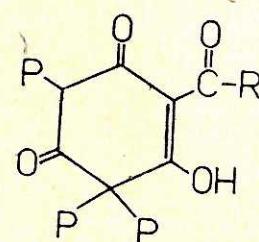
selin, aby byla dostatečně zřejmá geneze různých analogů jednotlivých složek resuponů.



Obecný vzorec α -hořkých kyselin



Obecný zkrácený vzorec (keto-forma)
 α -hořkých kyselin



Obecný zkrácený vzorec
 β -hořkých kyselin

jde o: pro α -kyseliny:

pro β -kyseliny:

Jestliže:

- R = $-\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3 \dots$
- R = $-\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3 \dots$
- R = $-\text{CH} \cdot (\text{CH}_3)_2 \dots$
- R = $-\text{CH} \cdot (\text{CH}_3) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3 \dots$
- R = $-\text{CH}_2 \cdot \text{CH} \cdot (\text{CH}_3)_2 \dots$
- R = $-(\text{CH}_2)_4 \cdot \text{CH}_3 \dots$
- R = $-\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH} \cdot (\text{CH}_3)_2 \dots$

- post-humulon
dosud nespecifikovanou látku
- kohumulon
adhumulon
- humulon
dosud nespecifikovanou látku
- prehumulon

- post-lupulon
- kolupulon
adlupulon
- lupulon
- prelupulon

Proporcionalita jednotlivých složek humulonové řady hořkých kyselin je závislá na odrůdě chmele, stupni jeho zralosti, klimatických a půdních podmínkách pěstování. Žatecké chmele jsou např. proti zahraničním šlechtěným chmelům charakterizovány poněkud nižším obsahem kohumulonu [9, 11].

Nespecifické měkké pryskyřice (resupony) chmelových hořkých látek

Do této skupiny se zahrnovala jednak část celkových měkkých pryskyřic, která je tvořena dosud ještě ne zcela známými látkami pocházejícími jak z α -, tak i z β -hořkých kyselin, jednak dílem v dřívější literatuře [8] označované γ - a δ -kyseliny, které lze považovat zčásti již za poznanou součást nespecifických měkkých pryskyřic.

Skupina resuponů nemá dosud přes svůj velmi rychlý vývoj poznání nejen ucelený, ale ani ustálený klasifikační, nomenklaturní systém. V odborné literatuře vydávané zhruba do roku 1965 se nejčastěji používalo dělení těchto látek jednak na γ - a δ -kyseliny, jednak na α - a β -nespecifické měkké pryskyřice [8]. Velmi rychlým vývojem poznání chemie této skupiny látek a jejich neustále se zvyšujícím počtem se tento systém stal později úzkým a nepoužitelným. Proto v roce 1965 navrhl Mischik [1] nový, širší, obecnější systém, který dobře posloužil alespoň částečně platné klasifikaci této skupiny látek. Jelikož oba systémy je možno spatřit ještě v odborné literatuře posledních tří až pěti

let, považujeme za vhodné pro správné pochopení různých názvů týchž složek hořkých látek tyto systémy alespoň stručně charakterizovat.

I. Starší klasifikační systém nespecifických měkkých pryskyřic [8]

Veškeré nespecifické měkké pryskyřice se dělily na kyseliny γ - a δ - a na měkké pryskyřice α - a β -.

1. γ -kyseliny

K nim se řadily všechny látky se základní cyklopentanovou strukturou, které jsou obsaženy v celkovém podílu měkkých pryskyřic extrahovatelných ze chmelových hlávek petroléterem, z něhož se získávají formou sodných solí jako bílý krystalický prášek. Jsou to oxidační produkty α -hořkých kyselin, mají charakter jednosytných nekarboxylových kyselin (enolová skupina); s nitroprusidem sodným poskytují purpurové zbarvení a jsou dobré rozpustné ve všech organických rozpouštědlech. Z poznaných γ -kyselin šlo o humulinony (viz str. 150).

2. δ -kyseliny

Zahrnovaly složky hořkých látek chmele, které se vyskytovaly v opticky inaktivní, žlutě olejovité formě chloroformového extraktu chmelových hlávek. Jsou to středně silné, jednosytné nekarboxylové kyseliny, odvozené od β -hořkých kyselin. Z poznaných δ -kyselin šlo o hulupony (viz str. 151).

II. Novější klasifikační systém nespecifických měkkých pryskyřic (resuponů) [1]

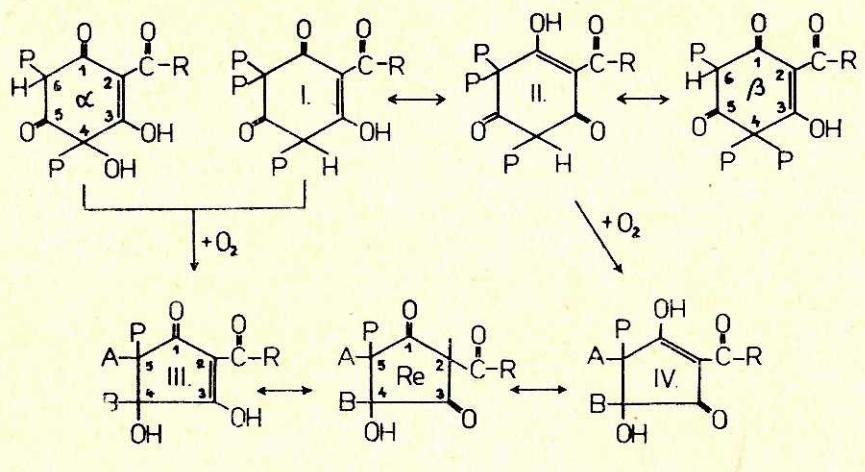
Na základě novějších poznatků chemismu tzv. nespecifických měkkých pryskyřic, získaných především v posledních pěti letech, je *Miksčik* systematicky prostudoval a zjistil, že všechny tyto látky mají společný základní skelet, kyseliny humulinové substituované v poloze 3, 4, resp. tento cyklopentantrionederivát. Označil je proto jednotným skupinovým názvem „resupony“ a podle jejich geneze od α - nebo β -hořkých kyselin je rozdělil do dvou hlavních skupin jako:

α -resupony a

β -resupony

Miksčik dále vyvodil, že teoreticky lze podle různého způsobu a stupně štěpení a tím vznikajících odlišných funkčních skupin na základním cyklopentantrionovém jádře odvodit od α -hořkých kyselin 8 různých typů resuponů a obdobně 4 různé typy resuponů od β -hořkých kyselin (viz tabulku 1).

humulony. Tato skupina resuponů je také nejvíce prozkoumána. Přestože jejich hlavní podíl vzniká až při chmelovaru, v menších množstvích jsou přítomny již ve skladovaném chmelu [1, 12, 13]. Izohumulonů je dnes známo již několik druhů a od každého několik z pěti dosud definovaných analogů α -hořkých kyselin; tvoří cis- a trans-formy, resp. stereoizomery d, l-form, izomery ve smyslu umístění dvojné vazby v izohexenylovém postranním řetězci na C₄-atomu i ve smyslu jejich různých způsobů cyklizace [12–17]. V určité míře to platí i pro ostatní resupony. Tento velký počet izomerů resuponů vytváří akutní nebezpečí konfuze jejich triviálních názvů, které bude muset brzy upřesnit a sjednotit příslušná mezinárodní komise. Prozatím je nutné předpony „izo“ používat jen pro izomerační a degradační produkty humulonů do takového stadia, kdy je ještě uchován jak pětiuhlíkatý kruh, tak i postranní acyl na C₂-atomu, nikoli



Zjednodušené schéma vzniku základního jádra resuponů [1].

α = obecný strukturní vzorec α -hořkých kyselin, β = obecný strukturní vzorec β -hořkých kyselin, R = proměnný uhlovodíkový řetězec acylové skupiny jednotlivých analogů (viz R u α -hořkých kyselin u vzorců 1 až 3), P = prenylskupina, Re = resupony = 5-A, 4-B: kyseliny humulinové (cyklopentantrionederiváty), I, II, III a IV = jednotlivé stupně vzniku resuponů

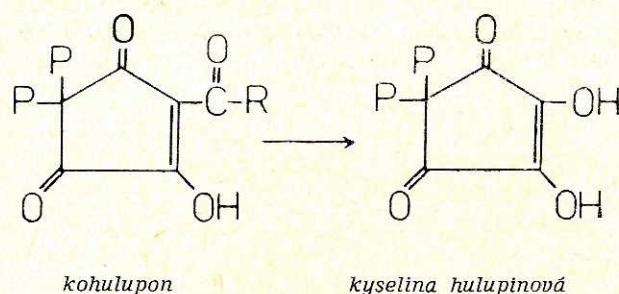
Obecně v původní formě chmele kvalitativně převažují α -resupony. U staršího chmele a chmelových extraktů se může zřetelně zvýšit i podíl β -resuponů.

Fyzikálně chemické a pivovarské vlastnosti resuponů

A. α -resupony

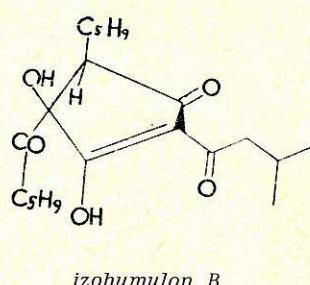
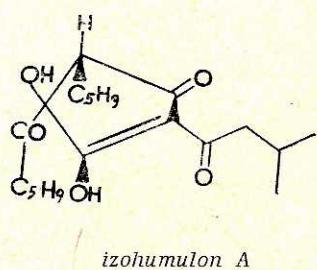
1. **Izohumulony.** Z pivovarského hlediska mají největší význam α -resupony a z nich především izo-

však už pro látky, u kterých byla odštěpena již také acylová skupina (např. kyselina hulupinová) a které již nejsou organolepticky hořké. Jedním ze základních předpokladů skutečné organoleptické hořkosti určité složky chmelových pryskyřic je totiž přítomnost acylové skupiny v její molekule (druhý předpoklad viz níže). Příkladem zde mohou být dva sobě chemicky velmi podobné resupony [12].

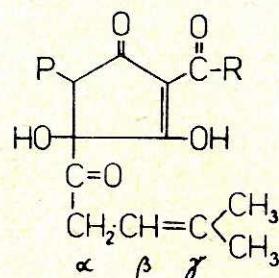
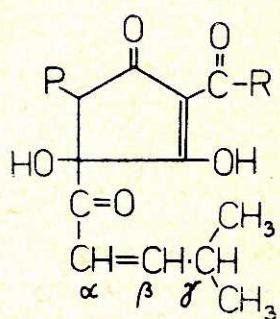


Jestliže se u výrazně hořce chutnajícího kohuluponu odštěpí postranní acylová skupina a nahradí např. skupinou hydroxylovou, krystalující forma vzniklé kyseliny hulupinové již nechutná hořce [12, 18—19].

Izohumulony cis- a -A, trans- a -B jsou tytéž látky a v současné době převažuje snaha označovat je A a B. Jejich třírozměrnou strukturu vyjadřuje Verzele a spolupracovníci [14] takto:



Z pivovarského hlediska má dále veliký význam umístění dvojné vazby v postranním izohexenylovém řetězci:



olejovitá forma organolepticky hořkých izohumulonů (někdy označovaných také γ -izohumulony)

Krystalické formy izohumulonů s dvojnou vazbou v izohexenylovém řetězci v poloze α -, β - nemají z pivovarského hlediska jako zdroje látok příjemné organoleptické hořkosti význam, neboť hořce vůbec nechutnají. V tomto smyslu mají význam pouze olejovité formy izohumulonů s β , γ -polohou dvojné vazby v izohexenylovém postranním řetězci (dříve označovaném také γ -izohumulony). Tento další způsob izomerace α -hořkých kyselin, resp. již jejich izohumulonů A a B, je obvykle vyznačován oddělenou předponou „allo-“. Tím vznikají pro organolepticky nehořké α -resupony chmele nebo mladiny a piva názvy: „allo-izohumulon A“ a „allo-izohumulon B“. Uvádíme vzorce všech těchto čtyř typů izohumulonů:

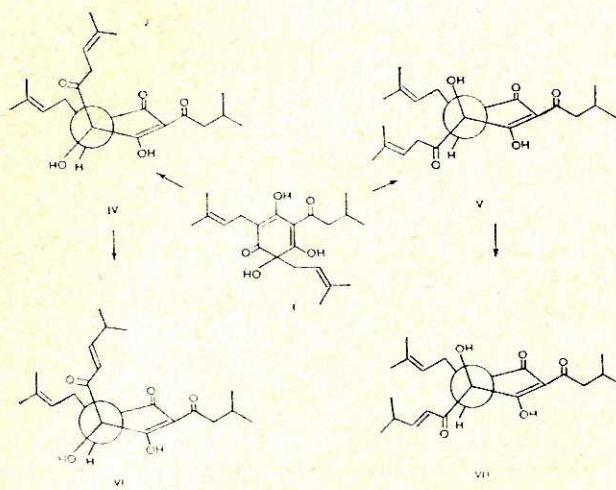
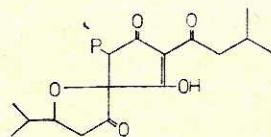


Schéma vzájemných vztahů humulonů a různých forem izohumulonů [14]

I — humulon, IV — izohumulon A, V — izohumulon B, VI — allo-izohumulon A, VII — allo-izohumulon B.

Rozlišení těchto jednotlivých forem izohumulonů se mohlo dosáhnout až použitím nejmodernější laboratorní techniky, jako je spektroskopie nukleární magnetickou rezonancí (dále jen spektra NMR).

Jinou velkou skupinu izohumulonů tvoří „allo“, A a B izohumulony jednotlivých řad apo-, spiro- a nor-izohumulonů, které se podle soudobých poznatků tvoří při chmelovaru, event. při různých procesech tzv. preizomerace hořkých chmelových látek alkáliemi [14], ultrazvukem apod. Povšimněme si ještě alespoň dvou řad izohumulonů, které byly zcela nedávno izolovány z původních chmelových hlávek. Jde především o izohumulony izolované již v roce 1952 Carsonem [20], u nichž teprve v roce 1967 Verzele a Vanhoey [13] zjistili, že jde pravděpodobně o 4 stereoizomery této struktury:

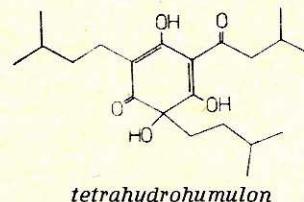


Strukturní vzorec pseudoizohumulonu

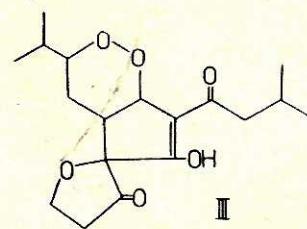
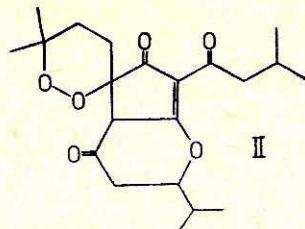
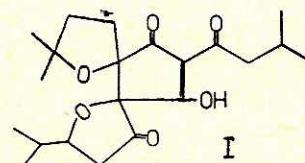
Verzele, Anteunis a Alderweireldt [14] doporučili je označovat pseudo-izohumulony.

Verzele a Vanhoey později [13] zjistili, že tyto bicyklické pseudo-izohumulony tvoří další oxidací také tricyklické sloučeniny se základním cyklopentanovým jádrem, typickým pro resupony, a nazvali je abeo-izo- α -kyseliny (z latinského: „ab eo“ — „odvozeno z“). Tyto abeo-izo- α -kyseliny jsou ve vodě mnohem více rozpustné než izo- α -kyseliny (tj. izohumulony) a z okyselených vodních roztoků jsou extrahovatelné izootkanem jen velmi málo nebo vůbec ne. Verzele a Vanhoey [13] soudí, že analog α -kyseliny dává tři odlišné abeo-izo- α -kyseliny. Jelikož jejich stereochemie není dosud přesně známa, není vhodné na ně aplikovat nomenklaturu A a B a proto ji Verzele a Vanhoey označují zatím jako abeo-izo- α -kyseliny I, II a III. Tyto látky se tvoří z humulonů, ale také izohumulonu A a humulinonu, především při chmelovaru; jsou však již v poměrně velkém množství přítomny i v původním chmelu (viz tabulku 2). Verzele a Vanhoey soudí, že na tomto typu transformací se podílejí dvojné

vazby z postranního izohexenylového řetězce, neboť tetrahydrohumulon při laboratorních zkouškách abeo-izo-humulon neposkytl.



tetrahydrohumulon



Strukturní vzorce abeo-izo-izohumulonu I, II, III [13]

Tabulka 2

Obsah abeo-izohumulonů v různých chmelech [13]

Odrůda chmele sklizeň 1964	Abéo-izohumulony	
	mg/10 g chmele	%
Styrian	81—88	0,85
Northern Brewer	111—120	1,15
Žatecký	73—80	0,76
Bačka	65—66	0,65
Yakima	44—49	0,46

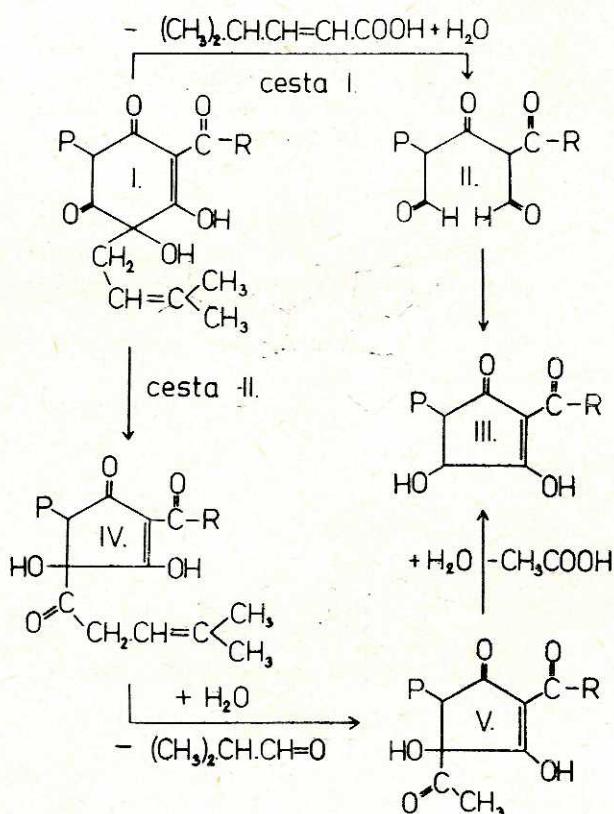
Všechny tři struktury obsahují několik asymetrických center, takže u každého abeo-izohumulonu lze předpokládat řadu stereoizomerů. Spektra NMR skutečně směs látek indikují (tabulka 2).

Verzele a Vanhoey dále zjistili, že prakticky všechny tzv. preexistující i v průběhu chmelovaru vzniklé abeo-izohumulony zůstávají v pivě.

Všechny tři výše popsané abeo-izohumulony tvoří žlutý prášek, jsou prakticky bez chuti, pouze látka II, rozpuštěná v poměru 100 mg/l vody, chutná (velmi slabě) hořce. Všechny tyto tři látky mají

silné pěnotvorné vlastnosti, srovnatelné s izohumulony; pěna tvořená abeo-izohumulony však lepe lne ke sklu.

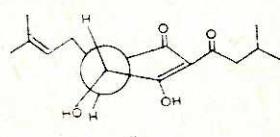
2. Pryskařice B. Pryskařice B jsou dalšími degradačními produkty humulonů, resp. izohumulonů, z nichž vznikají odštěpením izobutylaldehydu (viz vzorec).



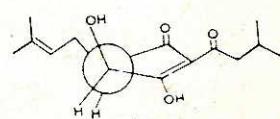
Zjednodušené schéma izomerace α -hořkých kyselin varem ve vodném (popř. zalkalizovaném) prostředí [12]

I — humulon, II — hypotetický produkt izomerace, III — kyselina humulinová, IV — „pryskařice A“, resp. izohumulon, V — „pryskařice B“

3. Kyseliny humulinové. Tyto kyseliny se zpravidla označují za poslední známé degradační produkty



transforma kyseliny humulinové, resp. kyselina humulinová A

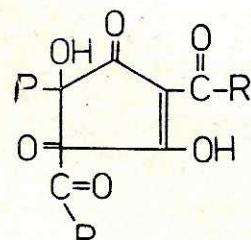


cisforma kyseliny humulinové, resp. kyselina humulinová B [14]

při izomeraci humulonů (viz vzorec 3). Jeden z předpokládaných způsobů jejich vzniku je z pryskařice B. Mají trpce hořkou chut.

4. Kyseliny oxyhumulinové. Nejsou zatím blíže specifikovány. Jejich obecný strukturní vzorec se od kyselin humulinových liší substitucí na C₅-atamu, kde místo -H je -OH skupina.

5. Humulinony



Obecný strukturní vzorec humulinonů (derivátů cyklopentantrionu). Humulinon, ko-, ad-, pre-, post-, ... -humulinon;

R = význam obdobný jako u vzorců 1 až 3 uvedeného pro α -hořké kyseliny

a) **Humulinon.** Je to již středně silná kyselina s hodnotou $pK = 2,8$ a výraznou hořkostí. Jeho bod tání = 72 °C.

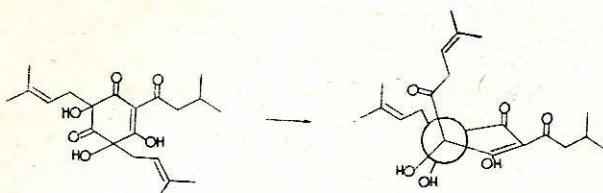
b) ko-humulinon, bod tání = 111 °C, dále nespecifikován

c) ad-humulinon, bod tání = 119 °C, dále nespecifikován

d) pre-humulinon, nespecifikován

e) post-humulinon, nespecifikován.

Verzele a spoluprac. [14] navrhují, aby se výše uvedený vzorec a níže uvedený vzorec pro humulinon A vztahovaly pro izohumulinony a pro humulinony vzorec s šestiuhlíkatým kruhem.



humulinon
izohumulinon A
(humulinon A)

Třírozměrný strukturní vzorec humulinonů

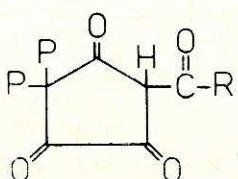
Obsah humulinonů ve chmelu dosahuje až 2 %. Z chmele je v letech 1949 až 1950 izolovali Cook a Harris [21] a synteticky připravili Howard a Slater [22].

6. Izohumulinony. Vedle humulinonů vznikají oxidací humulonů i izohumulinony. Nomenklatura A a B nelze zatím u nich podle současných znalostí jejich chemismu použít, proto se rozlišují jako forma I a II. I u izohumulinonů lze předpokládat obdobnou řadu analogů (-R) jako u α -hořkých kyselin.

B. β -resupony

Skupina dosud poznaných β -resuponů je proti α -resuponům podstatně méně početná. Není to nutně způsobeno existencí menšího počtu transformačních produktů z β -hořkých kyselin, ale především tím, že jim byla věnována vzhledem k menšímu pivovarskému významu β -hořkých kyselin podstatně menší pozornost než α -resuponům.

1. Hulupony. Je to také již středně silná jednosytná nekarboxylová kyselina (enolová skupina) s hodnotou $pK = 2,7$, dobrě rozpustná v organických rozpouštědlech a částečně také ve vodě (30 mg/l).



Obecný strukturní vzorec δ -kyselin, resp. huluponů (derivátů cyklopentantronu)

Hulupon, ko-, ad-, pre-, post-, . . . -hulupon; R = význam obdobný jako u vzorců 1 až 3, uvedeno pro α -hořké kyseliny.

ko-hulupon, ad-hulupon, pre-hulupon a post-hulupon nebyly zatím blíže specifikovány.

Obsah huluponů ve chmelu se pohybuje zpravidla v rozmezí 0,1 — 0,2 % (max. do 0,5 %) a mají zhruba čtvrtinovou až poloviční hořkost ve srovnání s izohumulony [9].

2. Kyselina hulupinová. Její stručná charakteristika byla uvedena výše (str. . .).

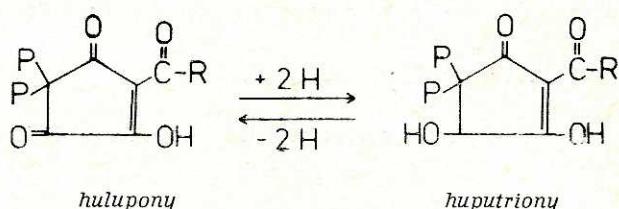
3. Luputriony. Tyto látky bývají podle blízkých redoxních poměrů s hulupony k nim zpravidla počítány (vzorec 22 a 23).

CHEMICAL NATURE OF UNSPECIFIED SOFT RESINS PRÉSENT IN HOP BITTER SUBSTANCE AND THEIR EFFECTS ON BEER

The group of soft resins is an important component of the hop bitter substance, since it determines to a certain degree organoleptic quality of wort and beer. The article deals with the genesis of soft resins originating from α — bitter acid and β — bitter acid, with the classification systems, chemical and physical properties and their effects on beer.

ХИМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА МЯГКИХ СМОЛ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ГОРЬКОГО ВЕЩЕСТВА ХМЕЛЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПИВОВАРЕНИИ

Вещества принадлежащие к группе мягких смол имеют важное значение как одна из составляющих горького вещества хмеля. Они в основном определяют органолептические качества сусла и пива, придавая им нужный горький вкус. В статье рассматривается генезис этих веществ, образующихся из ряда α -горьких и β -горьких кислот хмеля, приводятся системы их классификации, химические и физические характеристики отдельных смол и показывается их роль в пивоварении.



Luputriony ve chmelu stanovil v roce 1932—63 Kuroiwa [23]. Jsou to látky odvozené rovněž od lupulonů a mají asi třetinovou hořkost izohumulonů. Proti lupulonům jsou již středně silnými nekarboxylovými kyselinami s hodnotou $pK \approx 3$.

Toto byly některé hlavní dosud poznané složky hořkých látek chmele skupiny nespecifických měkkých pryskyřic. Jsou to v současné době nejvíce studované látky a proto jejich poznávání se stále poměrně velmi rychle rozšiřuje. V tomto smyslu je nutno chápat i zde uvedené poznatky jejich chemismu.

Lektoroval J. Hubáček

LITERATURA

- [1] MIKSCHIK E.: Mitteilungen der Gär.-Gew. St. Wien, **19**, 1965 : 122.
- [2] WÖLMLER W.: Woch. f. Brau. **42**, 1925 : 1.
- [3] DYR J.: Chmelové pryskyřice. Vesmír, Praha 1945.
- [4] KAHLER M.: Kvásný průmysl **6**, 1960 : 50.
- [5] VENT L. a kol.: Chmelářství, SZN Praha 1963.
- [6] MIKSCHIK E.: Brauwelt **103**, 1963 : 760.
- [7] COOK A. H.: Brauwelt **103**, 1963 : 750.
- [8] STOCKER K. H.: Schweizer Brauerei Rundschau **73**, 1962 : 139, 73, 1962 : 207.
- [9] HOWARD G. A.: Brew. Guard. 1965 : 17.
- [10] HAYDUCK M.: Woch. f. Brau. **5**, 1888 : 973.
- [11] PETŘÍČEK D.: Kandidátská disertační práce na VŠCHT v Praze, 1968.
- [12] MIKSCHIK E.: Mitteilungen der Gär.-Gew. St. Wien, **20**, 1966 : 36.
- [13] VERZELE M., VANHOY M.: J. Inst. Brew. **73**, 1957 : 451.
- [14] VERZELE M., ANTEUNIS M., ADLERWEIRELDT T.: J. Inst. Brew. **71**, 1965 : 232.
- [15] SPETSIG L. O.: Acta Chem. Scand. **12**, 1958 : 592.
- [16] ANTEUNIS M., VERZELE M.: Bull. Soc. Chim. Belg. **68**, 1959 : 102.
- [17] WHITEAR A. L., HUDSON J. R.: J. Inst. Brew. **71**, 1955 : 24.
- [18] BURTON J. S., STEVENS R., ELVIDGE J. A.: J. Chem. Soc. 1964 : 952.
- [19] KUCHINKE E.: Brauwissenschaft **8**, 1955 : 264.
- [20] CARSON J.: J. Amer. Chem. Soc. **74**, 1952 : 4615.
- [21] COOK A., HARRIS G.: Chem. Soc. 1950 : 1873.
- [22] HOWARD G., SLATER L.: J. Chem. Soc. 1957 : 1924.
- [23] KUROIWA J., HASHIMOTO A.: Rept. Res. Lab. Kirin-Brew. Co, Ltd, 27, 1953, Japan.

DIE CHEMIE DER NICHTSPEZIFISCHEN WEICHHARZE (RESUPONE) DES HOPFENS UND IHRE BRAUTECHNOLOGISCHE BEDEUTUNG

Die nichtspezifischen Weichharze (Resupone) bilden einen bedeutenden Anteil der Hopfenbitterstoffe und den Hauptanteil der organoleptisch bitteren Substanzen der Würze und des Bieres. Es wird ihre Genese aus der Reihe der Alpha- und Beta-Bittersäuren des Hopfens deduziert; weiter werden die Klassifikationssysteme angegeben und die chemische und physikochemische Charakteristik der einzelnen Bestandteile der Resupone und ihre brautechnologische Bedeutung angeführt.