

O CHMELOVÝCH HLÁVKÁCH DO ZLATAVÉHO MOKU

MICHAL JURÁŠEK^a, ADOLF RYBKA^b,
LUBOMÍR OPLETAL^c a PAVEL DRAŠAR^a^a Ústav chemie přírodních látek, Vysoká škola chemicko-
technologická, Technická 5, 166 28 Praha 6-Dejvice,^b Katedra zemědělských strojů, Technická fakulta, Česká
zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00
Praha 6-Suchdol, ^c Katedra farmakognozie a farmaceu-
tické botaniky, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové,
Univerzita Karlova, Heyrovského 1203, 500 05 Hradec
Královémichal.jurasek@gmail.com, rybka@tf.czu.cz,
opletal@faf.cuni.cz, drasarp@vscht.cz

Došlo 18.7.22, přijato 25.8.22.

Klíčová slova: chmel, pivo, biologická aktivita, lidové
léčitelství● <https://doi.org/10.54779/chl20220668>

Chmel otáčivý¹ (*Humulus lupulus* L., obr. 1) je vytrvalá dvoudomá pravotočivá popínavá liána z čeledi konopitých (Cannabaceae). Je pěstován od nepaměti a lze najít, že za starých časů byl používán jako bylina mnohého užití, jako např. k barvení vlasů (česáči chmele potvrdí pohledem na své ruce), k „čištění krve“, jako krmivo pro dobytek, k výrobě lan, látek a papíru, pro balení křehkých předmětů a i k „odpuzování démonů“ v noci³.

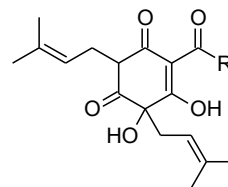
Pokud se týče použití chmele v humánní medicíně, již Dioscorides⁴ radí přimíchávání do hmoty na přípravu čípků, do mastí s adstringentními účinky, do parfémů, do léčivých přípravků k odstranění únavy, dále pak použití chmele v odvarech na koupele za tepla nebo za studena v okolí ženského přirození; poslední doporučuje i Matthioli⁵, např. proti „otoku a tvrdosti lůna“. Jarní salát z výhonků považuje za dobrý prostředek k „otevření zacpaných jater“ (zřejmě prostředek pro uvolnění žluči); jinak chmelem léčí mj. žloutenku, malomocenství, francouzskou nemoc. Pak tvrdí: „pítí odvaru vršků chmelových činí tělo pěkným“, což i dnes lze vidět na pivařích. Též vnitřně pomáhá ke

Obr. 1. Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L., cit.²)

zmírnění pohlavního pudu (anafrodiziakum)⁶, kupodivu i v homeopatických přípravcích (dokonce i proti „bolestivým erekcím“⁷). V lidovém léčitelství se také využívá jako sedativum a prostředek povzbuzující chuť k jídlu. Pomáhá proti nespavosti, působí močopudně a užívá se při křečích svalů⁸. Používá se při potížích v menopauze ke zlepšení psychického stavu. Příznivě působí na hladinu cholesterolu v krvi. Evropská encyklopedie léčivých bylin uvádí⁹ mnohé použití a účinky, mj. i jako léčivou drogu s estrogenní aktivitou. Droga je používána pro zmírnění slabších příznaků psychického stresu a k navození spánku.

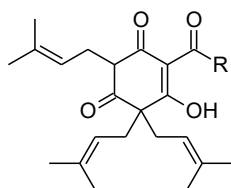
Chmel není u nás příliš znám jako potrava, nicméně je to jedno z nejstarších a tradičních využití rostliny¹⁰, je konzumován na jaře, podobně jako chřest, kdy se sbírají mladé chmelové výhonky (pazoušky). Ty pak jsou křehkou zeleninou a jsou užívány, divoké i pěstované, buď jako salát nebo jako vařené (podobně chřestu) nebo jako nakládané. Po uvaření mají mladé výhonky nízký obsah tuku, energetickou hodnotu (104 kJ/100 g) a jsou dobrým zdrojem vlákniny. Obsahují vitamin C a kyselinu listovou, ale i kyselinu šťavelovou. Výhonky mají krátkou trvanlivost, proto by měly být spotřebovány krátce po sklizni¹¹. Dnes patří k nejdražším zeleninám svého typu, protože jeden výhonek délky do 10 cm váží pouze cca 1 gram. Starší části rostliny již jedlé nejsou, ale poslouží k dekoraci svým aroma.

Nejvíce použití nalézá samotná léčivá droga: chmelové hlávky (vejčité šištice samičího květenství; světle zelená šišticovitá plodenství), *Lupuli flos* (jsou to usušená, zpravidla celá samičí květenství druhu *Humulus lupulus* L.), *Flores lupuli* (chmelové květy), *Fructus lupuli* (chmelový plod), *Strobuli lupuli* (chmelové šištice), skládající se z až 2 cm dlouhých šupin se zlatožlutými lupuliovými žlázkami (*Glandulae lupuli* nebo *Lupulinum* (lupulin)). Chmelové hlávky slouží zejména k výrobě piva¹². Droga obsahuje floroglucinoly (do 20 %), a to humulonový typ (= α -kyseliny, do ~17 %), tj. humulon, kohumulon, prehumulon, posthumulon, adhumulon (obr. 2),



humulon	R = CH ₂ CH(CH ₃) ₂
kohumulon	R = CH(CH ₃) ₂
adhumulon	R = CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃
prehumulon	R = CH ₂ CH ₂ CH(CH ₃) ₂
posthumulon	R = C ₂ H ₅

Obr. 2. Chmelové α -hořké kyseliny



lupulon	R = CH ₂ CH(CH ₃) ₂
kolupulon	R = CH(CH ₃) ₂
adlupulon	R = CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃
prelupulon	R = CH ₂ CH ₂ CH(CH ₃) ₂

Obr. 3. Chmelové β -hořké kyseliny

a lupulonový typ (= β -kyseliny, do ~10 %), tj. lupulon, kolupulon, prelupulon, postlupulon a adlupulon (obr. 3). Dále pak silici (0,5–3 %), obsahující β -myrcen (monoterpen), β -karyofylen, humulen (seskviterpeny) tvoří 57–82% podíl v silici, dále flavonoidy (0,5–1,5 %) – prenylované flavanony: 6-prenylnaringenin, 8-prenylnaringenin, isoxanthohumul) a chalkony: xanthohumul, desmethylxanthohumul. Droga obsahuje polysacharidy (50–60 %), nalézá se zde i 2–6 % tříslovin a dusíkaté látky⁶, cholin či adenin. Z chmele bylo dosud izolováno a charakterizováno více než 1000 sloučenin⁹. Pokud se týče aromatických látek, lze z hlávek získat extrakt či destilaci s vodní parou velmi aromatický produkt, který je již vyráběn od časného 19. století.

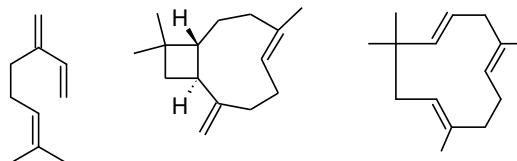
Směs těkavých složek (silice) a pryskyřic chmele (oleopryskyřice 3–20 %) sestává⁹ z různých prenylovaných derivátů floroglucinu zvaných „hořké kyseliny“. Jsou klasifikovány buď jako „ α -kyseliny“ nebo „ β -kyseliny“, které se rozlišují skutečností, že ty první jsou vysráženy z hrubého extraktu chmele přidáním octanu olovnatého. β -Kyseliny by podle definice měly zůstat v roztoku. α -Kyseliny jsou humulony (2–12 % sušených šištic), zatímco β -kyseliny se nazývají lupulony (1–10 % sušených šištic). α -Kyseliny jsou považovány za nejdůležitější složky při určování kvality chmele. Přispívají ke stabilitě pěny a také k antibakteriálním vlastnostem. I když jsou považovány za hlavní „hořké kyseliny“ z chmele, paradoxně nemají hořkou chuť, a to ani při koncentracích 100 $\mu\text{g ml}^{-1}$.

Chmelové α -kyseliny (humulony) isomerizují na odpovídající „iso- α -kyseliny“ za různých reakčních podmínek, např. při vyšších hodnotách pH. Tyto hořké iso- α -kyseliny jsou artefakty a tvoří více než 80 % látek z chmele, obsažených v typických pivech. Mohou být i oxidovány na humulinony a 4'-hydroxyallohumulinony. Za stejných okolností jsou β -kyseliny (lupulony) transformovány na tzv. hulupony.

Z uvedených důvodů je droga relativně nestabilní a po určité době (podle způsobu skladování) ztrácí kvalitu. Čerstvá droga má ostrou aromatickou chmelovou vůni, droga, u níž došlo ke tvorbě oxidačních produktů pak výrazný sýrovitý zápach; tyto rozkladné produkty snižují

biologickou aktivitu. Podle dřívějších lékopisů mohla být droga používána maximálně 1 rok po její adjustaci, v současné době však Český lékopis tento požadavek neobsahuje.

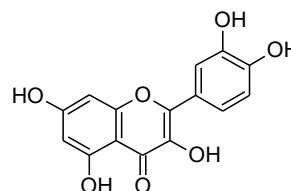
Silice (0,5–1,5 %) sestává hlavně z jednoduchých oxidovaných alkanů, monoterpenů a seskviterpenů. Primárními těkavými složkami ve všech kultivarech chmele jsou monoterpen myrcen a seskviterpeny β -karyofylen a humulen (57–82 % silice), obr. 4. Pokud jde o tradiční ekonomickou hodnotu, silice a hořké kyseliny představují nejvýznamnější součásti chmele.

Obr. 4. Struktury složek silice: (zleva) myrcen, β -karyofylen a humulen

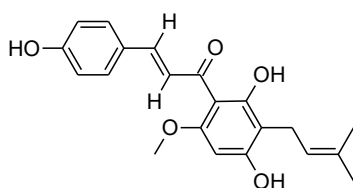
Jako složky se sedativní aktivitou jsou uváděny humulon a lupulon z hořkých kyselin, jejich degradační produkt 2-methyl-3-buten-2-ol a myrcen (7-methyl-3-methylen-1,6-oktadien). Oba poslední jsou známé hmyzí feromony¹³. Zmíněný alkohol je však přítomen pouze ve stopových množstvích v čerstvě sklizených chmelech, ale zvyšuje se po dvou letech až na 20 % z obsahu těkavých látek v důsledku degradace hořkých kyselin.

Třetí skupina sloučenin sestává z flavonoidů (0,5–1,5 %) včetně kvercetinu (obr. 5) a glykosidů kempferolu (kaempferol) a z asi 30 prenylovaných, oxidovaných a/nebo cyklizovaných chalkonů. Nejhojnějšími chalkony jsou xanthohumul (až 1 % ze suchých šištic a 80–90 % celkových flavonoidů, obr. 6) a desmethylxanthohumul. Tyto chalkony jsou snadno isomerizovány na odpovídající flavanony, resp. na isoxanthohumul a směs (cca 3:2) 6-prenylnaringeninu a 8-prenylnaringeninu (25–60 mg/kg), obr. 7.

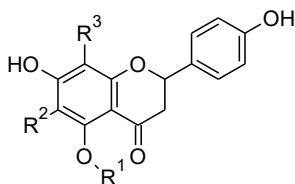
Látkou z chmelových šištic s estrogení aktivitou je racemický 8-prenylnaringenin, vytvořený spolu s méně aktivním 6-prenylnaringeninem. Isoxanthohumul je hlavní prenylovaný flavonoid v pivu, protože xanthohumul je v průběhu vaření při zvýšených teplotách do značné míry isomerizován. Těchto pět prenylovaných flavonoidů, tj. xanthohumul, desmethylxanthohumul, isoxanthohumul,



Obr. 5. Kvercetin



Obr. 6. Xanthohumul



isoxanthohumul $R^1 = \text{CH}_3$, $R^2 = \text{H}$, $R^3 = \text{prenyl-}$
 6-prenylnaringenin $R^1 = R^3 = \text{H}$, $R^2 = \text{prenyl-}$
 8-prenylnaringenin $R^1 = R^2 = \text{H}$, $R^3 = \text{prenyl-}$

Obr. 7. Flavonoidy

6-prenylnaringenin a 8-prenylnaringenin (obr. 6 a 7) představuje sadu zajímavých bioaktivních sloučenin, protože prokázaly schopnost inhibovat proliferaci několika nádorových buněčných linií *in vitro*. Mezi další složky chmele patří aminokyseliny a proteiny (15 %), polysacharidy (50–60 %), minerály, fenolové kyseliny, jako jsou chlorogenová a kávová, lipidy a kondenzované třísloviny (2–4 %)⁹.

Evropská encyklopedie léčivých drog uvádí⁹ u látek z chmele velmi mnoho různých aktivit, jako sedativní, estrogenní, antimikrobiální, antidiabetickou (a s tím spojenými pozitivními účinky na hypertriacylglycerolemii včetně sníženého rizika souvisejících onemocnění, jako je ateroskleróza), antiosteoporotickou, protizánětlivou, antiproliferační, antiangiogenní, protinádorovou.

Je záslužné, že přípravu, jak bychom řekli dnes „cereálně-chmelového smoothie“, které již samotný Odin vařil ve Walhalle, upravuje i první zákoník našeho světa, který vydal král Chamurapi. Jeho přípravu chápali vladaři jako mimořádně důležitou a mnohý zákoník a soupis práv ji reguluje. V českém prostředí se dokonce vždy tradovalo, že která vláda dovolí zdražení piva, do roka padne (to ale mohlo souviset s dobovými sny za časů budování lepšího příštího). Ovšem, pokud by to platilo, museli bychom asi mít v současnosti novou vládu několikrát za rok. Než vzdejme hold léčivé bylině, která dala vzniknout našemu „tekutému chlebu vezdejšímu“.

Přinášíme tento příspěvek jako učební text popisující různé zajímavé aspekty chemie přírodních látek^{14–16} i pro-

to, že chceme takto reagovat na množství smyšlenek, polopravd a nesmyslů, které jsou kolem přírodních sloučenin dnes šířeny. Je nabíledni, že zkoumání přírodních látek, jakožto látek z obnovitelných zdrojů, je jednou z cest, jak laciným a efektivním způsobem přispět ku všeobecnému prospěchu^{17,18}. Pokud se tak činí s přírodninou, která byla oblíbená bohy i králi a která je lidstvem používána po tisíce let, je jen dobře.

LITERATURA

1. Neve R. A.: *Hops*. Springer Dordrecht 1991.
2. Thomé O. W.: *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Gera 1885.
3. Korpelainen H., Pietiläinen M.: *Econ. Bot.* 75, 302 (2021).
4. Dioscorides P.: *De materia medica* (Διοσκοριδής Π.: Περὶ ὕλης ἰατρικῆς), Kilikie mezi roky 50 až 75 n.l.; anglický komentovaný překlad Osbaldeston T. A., Ibis Press, Johannesburg South Africa 2000; https://ia802907.us.archive.org/16/items/de-materia-medica/scribd-download.com_dioscorides-de-materia-medica.pdf, staženo 5. 4. 2022.
5. Mathioli P. O. v knize: *Commentarrii in sex libros Pedacii Dioscoridis*. Praha 1562; český překlad Herbář neboli Bylinář, str. 411. Levné knihy, Praha 2003.
6. Vydržel A., *Codex Agrol*, Codex Agrol-Vydržel, Olomouc 1935.
7. https://www.webhomeopath.com/homeopathy/homeopathic-remedies/homeopathy-remedy-Lupulus_humulus.html, staženo 11. 7. 2022.
8. Krejča J., Kresánek J.: *Atlas léčivých rostlin a lesních plodov*. Osveta, n.p., Martin 1982.
9. EMEA: *Humulus (Lupuli flos) - Herbal medicines for human use - European Drugs Reference Encyclopedia Community Herbal Monograph on Humulus lupulus L., flos*, 2008; <https://theodora.com/drugs/eu/index.html>, staženo 29. 5. 2022.
10. Ruggeri R., Loreti P., Rossini F.: *Eur. J. Agron.* 93, 11 (2018).
11. Rossini F., Virga G., Loreti P., Provenzano M. E., Danieli P. P., Ruggeri R.: *Agronomy* 10, 1547 (2020).
12. Rybáček V.: *Chmelářství*. Agroscience, Chrásťany 1980.
13. <https://www.pherobase.com/>, staženo 1. 6. 2022.
14. Bejček J., Spiwok W., Kmoníčková E., Ruml T., Rimpelová S.: *Chem. Listy* 115, 4 (2021).
15. Jurášek M., Opletal L., Kmoníčková E., Drašar P.: *Chem. Listy* 115, 363 (2021).
16. Jurášek M., Opletal L., Drašar P.: *Chem. Listy* 115, 458 (2021).
17. Kaczorova D., Beres T., Zeljkovic S. C., Bjelkova M., Kuchar M., Tarkowski A. P.: *Chem. Listy* 114, 277 (2020).
18. Rádl S.: *Chem. Listy* 115, 246 (2021).

M. Jurášek^a, A. Rybka^b, L. Opletal^c, and P. Drašar^a (^a *Department of Chemistry of Natural Compounds, University of Chemistry and Technology, Prague,* ^b *Department of Agricultural Machines, Faculty of Engineering, Czech University of Life Sciences Prague,* ^c *Department of Pharmacognosy and Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy in Hradec Králové, Charles University, Hradec Králové*): **About Hop Cones for a Golden Brew**

As a component of drinks, food, cosmetics, and spice, hops yields a plethora of biologically active compounds. This plant, which was valued by gods and kings through the history, may serve as a basis for pharmaceutical exploitation: not only as a healthy folk medicine but also in a search for the effective sedative, estrogenic, antimicrobial, antidiabetic, and cancerostatic compounds.

Full text English translation is available in the on-line version.

Keywords: hops, beer, biological activity, folk medicine

● Jurášek M., Rybka A., Opletal L., Drašar P.: Chem. Listy 116, 668–671 (2022).

● <https://doi.org/10.54779/chl20220668>