

Přehled hlavních způsobů výpočtu dávek chmele a chmelového extraktu při racionálním chmelovaru

663.444.2.66.028

Ing. VLADIMÍR ČERNOHORSKÝ, Pokusné a vývojové středisko, OŘPS Praha

ÚVOD

Toto sdělení tematicky navazuje na dříve uvedený příspěvek k otázkám soudobých názorů na chmelový extrakt jako náhradu chmele při výrobě piva [1, 2].

1. Vyjádření hodnoty hořkosti

Z rozdílných kvalitativních a kvantitativních znaků organoleptické hořkosti jednotlivých skupin hořkých látek vznikl problém posoudit hodnotu hořkosti chmele a chmelového extraktu na základě jejich analytického složení. Jinými slovy jde o to, určit vhodný vztah mezi analytickými hodnotami a organoleptickou hořkostí, jež vede k správné volbě dávek chmele a chmelového extraktu nejrůznější jakosti.

Wöllmer [3] na podkladě studia německých chmelů odvodil vztah pro vyjádření hodnoty hořkosti. Nejvyšší hořkost 100 přisoudil α -hořkým kyselinám, ostatním složkám hořkost těmito poměrnými čísly:

β -hořké kyseliny = 0,

β -měkké pryskyřice = 29,

α -měkké pryskyřice = 36,

tvrdé pryskyřice = 12.

Z průměrného zastoupení těchto složek ve chmelu odvodil pro výpočet hodnoty hořkosti (h) vztah

$$h_w = \alpha\text{-hořké kyseliny} + \frac{\beta\text{-podíl}}{9}$$

Pro chmel českého původu modifikovali Dyr a Salač [podle cit. 4] Wöllmerův vztah ve tvar

$$h_{D/S} = \alpha\text{-hořké kyseliny} + \frac{\beta\text{-podíl}}{3}$$

Učinili tak na základě odlišného složení β -podílu u českých chmelů. Uvedené vzorce platí jen pro čerstvý chmel. Skladováním chmele vznikají rozpustné, hořce chutnající oxidační produkty α -hořkých kyselin (z malé

části i β -hořkých kyselin], které za jistých okolností zvyšují hořkost vvarovaného piva [5]. Kolbach [6] navrhl stanovit jako hranici pro „čerstvý chmel“ obsah tvrdých pryskyřic ve výši 15 % z celkových pryskyřic. Vypracoval též vzorec pro hodnotu hořkosti starého chmele

$$h_k = \frac{a(100 - 0,4b)}{100 - 2,2}, \text{ kde}$$

a je hodnota hořkosti podle Wöllmera,

b — tvrdé pryskyřice v % veškerých pryskyřic minus 15,

0,4 a 2,2 — konstanty.

Krauss [7] popisuje pokusné várky s dávkováním chmele v provozním měřítku. Hodnota hořkosti používaných chmelů byla stanovena podle vztahu

$$h_{kr} = \alpha + 0,85$$

α = % obsah α -hořkých kyselin (stanovený spektrofotometricky).

Prozatím uvedený vzorec se v zásadě nehodí pro výpočet hodnot hořkosti chmelových extraktů. Baetsle [8] sice navrhl vzorec vycházející ze zjištěné hořkosti podle Wöllmera

$$h_B = \frac{h_w \cdot 100}{100 - E}$$

h_w je hodnota hořkosti podle Wöllmera,

E — úspora v % chmelu použitím koncentráту,

u kterého však vznikají nejasnosti o velikosti úspor chmele E , což omezuje praktické použití tohoto vztahu.

Mikschik [9] na základě nových výzkumů v chemii hořkých látek a chemických změn při chmelovarů doporučil vycházet při výpočtu dávky chmele a chmelového extraktu z tzv. „individuální hodnoty hořkosti“ (IBW)

$$\text{IBW} = 2,2 \cdot \alpha\text{-hořké kyseliny} - 0,3 \cdot \text{podíl rozpustný v hexanu.}$$

Tento vztah upravil Mikschik později ve tvar

$$\text{IBW} = \alpha\text{-hořké kyseliny} + \frac{\text{Re}}{3,3}$$

IBW zahrnuje pouze hořké látky, kterých se ve výrobním procesu skutečně využije. Re je označení pro resupply, což je autorem navržený krátký název všech tzv. nespecifických měkkých pryskyřic skupiny α - a β -hořkých kyselin včetně izohumulonů, které se jako celek odvozují od obecně definované substituované kyseliny 5-A, 4-B humulinové. Analyticky zahrnují resupply podíl rozpustný v hexanu minus α - a β -hořké kyseliny. Později Mikschik bral v úvahu i hodnotu hořkosti tvrdých pryskyřic a rozšířil vzorec pro výpočet IBW na tvar

$$\text{IBW} = \alpha + \frac{\text{Re}}{3,3} + \frac{(\gamma + \delta)\text{-tvrdé pryskyřice}}{10}$$

Dále Mikschik zavedl pojem „degustačně zjištěná hodnota hořkosti“ (DBW). Za základ DBW = 100 vzal organoleptickou hořkost piva při dávce chmele 150 g/hl a jakosti chmele rovnající se hodnotě IBW = 6,6 při vlhkosti 10 %. Potom empiricky stanovil vztahy mezi IBW, DBW a mezi dávkou chmele (d) v g/hl

$$d = \frac{15(\text{DBW} - 33,3)}{\text{IBW}}$$

Na základě prací souvisejících se spektrofotometrickým určováním hořkých látek v pivu byly zavedeny jak v Americe, tak v Evropě „Mezinárodní jednotky hořkosti“ (u nás označované zkratkou MJH). Mikschik odvodil vztahy mezi touto veličnou, dávkou chmele a hodnotou IBW

$$d = \frac{56,25 \cdot \text{MJH} - 500}{\text{IBW}}$$

Tak lze celkem exaktně na základě znalosti IBW chmele nebo extraktu a požadované intenzity hořkosti vyjádřené mezinárodními jednotkami stanovit potřebnou dávku chmele. Podle autora platí uvedené vztahy pro dávky chmele v rozmezí 120 až 250 g/hl nebo pro odpovídající dávky chmelového extraktu.

Analytickou zajímavostí je dvojí způsob stanovení individuální hodnoty hořkosti navržený Mikschikem [9]. První je založen na znalosti obsahu α - a β -hořkých kyselin, popř. obsahu tvrdých pryskyřic ve výchozím chmelu nebo extraktu, přičemž jmenované frakce se stanovují spektrofotometricky modifikovanou Wöllmerovou metodou. Druhý způsob vychází z určení mezinárodních jednotek hořkosti a pH mladiny připravené způsobem tzv. „malých várek“, kdy povařujeme 1 g chmele s 500 ml sladiny koncentrace 8 % hm po dobu 60 minut.

Individuální hodnota hořkosti se potom vypočte takto:

$$\text{IBW} = \frac{56,25 \cdot (\text{MJH} - 8,88) - 197 \cdot d \text{ pH}}{h \cdot 200 (1 - 0,4 \cdot d \text{ pH})}$$

h je navážka chmele (chmelového extraktu) v gramech,

$d \text{ pH}$ — 4,40 minus pH čirého filtrátu mladiny.

Jak autor sám ověřil, poskytuje tato metoda technologicky správnější (vyšší) hodnoty než metoda Wöllmerova-Aldertonova, a to hlavně při posuzování hodnoty hořkosti chmelových extraktů.

Schur a Pfeninger [10] zavedli metodu, při které se vzorek chmele nebo chmelového extraktu vaří určitou dobu v roztoku pufru o pH blízkém praxi. Z tohoto vodného roztoku se extrahují chloroformem hořké látky a provede se jejich spektrofotometrické stanovení. Naměřenou hodnotu extinkce autoři matematicky zpracovali a získaný vztah nazvali „univerzální hodnotou hořkosti“ (UB):

$$\text{UB} = \frac{115 \cdot E_{279}}{\text{navážka v g}} \quad [\text{mg/g}]$$

Statistické vyhodnocení analýz ukázalo úměrné vztahy mezi hodnotami UB a obsahem celkových a měkkých pryskyřic, ne však s množstvím α -hořkých kyselin.

2. Způsoby určení dávek chmele a chmelového extraktu

Použití vzorců Wöllmera, Dyra, Kolbacha a Krausse, platících pro výpočet dávek hlávkového chmele, je zřejmé. Jde o přepočet standardní dávky chmele d_1 o standardní hodnotě hořkosti h_1 na dávku d_2 nově používaného chmele o jiné hodnotě hořkosti h_2 podle rovnice:

$$d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2$$

přičemž hodnoty hořkosti (h_1 , h_2) jsou stanoveny některým ze způsobů uvedených autorů. Dávka chmele d_1 je dávkou pivovarem již dříve používanou a ověřenou v praxi. Součin $d \cdot h$ je někdy nazýván číslem hořkosti a měl by být z hlediska vyrovnání jakosti piva konstantní.

Stejně lze použít pro výpočet dávek chmele, ale i chmelového extraktu, hodnoty hořkosti zjištěné způsobem navrženým Mikschikem, který byl zde již vysvětlen.

Vančura [11] navrhl jako směrné hodnoty pro výpočet dávky chmelu obsah měkkých pryskyřic a obsah δ -tvrdých pryskyřic. Součtem procentního obsahu jmenovaných frakcí se získá procentní obsah pivovarsky účinných látek v použitém chmelu

$$\% \text{ hm} = \% \text{ VMP} - \% \delta\text{-pryskyřic}$$

Obsah $\% \delta$ -tvrdých pryskyřic se vypočítává z následujícího jím odvozeného vztahu:

$$\% \delta\text{-pryskyřic} = \frac{x \cdot \text{VP}}{100},$$

kde

VP jsou veškeré pryskyřice zjištěné v původním vzorku,

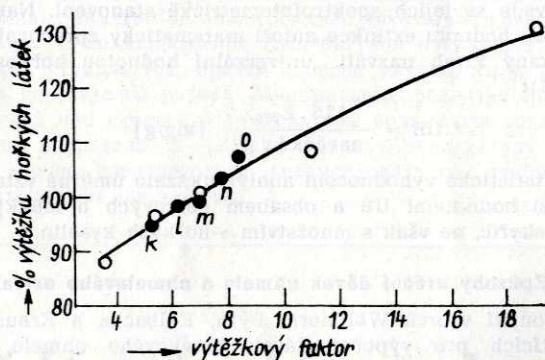
$$x = \frac{\log y - 0,65402}{0,05341}$$

y = množství tvrdých pryskyřic v procentech veškerých pryskyřic.

Zavedením korekce pro δ -tvrdé pryskyřice je možno dosáhnout vyrovnané hořkosti piva s nižšími náklady za chmel. Může být použit chmel s nižším obsahem humulonů, neboť se uvažuje i hořkost způsobená tvrdými pryskyřicemi. Pro chmelové extrakty autor tuto metodu nedoporučuje. Doporučuje ověřovat výši dávek chmelového extraktu pokusnými várkami, neboť běžné analytické metody nedovolují stanovit všechny oxidační produkty původních hořkých látek chmele.

Zajímavý i když poněkud pracný způsob výpočtu dávek chmele a chmelového extraktu, navrhuje Weyh [12] a svá zjištění dokládá řadou pokusů.

Weyh navrhuje, aby k výpočtu dávky extraktu byl vzat za základ obsah α -hořkých kyselin. Dále zjistil, že výťažky hořkých látek v pivu byly tím větší, čím více bylo při chmelovaru dodáno tvrdých pryskyřic, které vlastně vyjadřují stupeň oxidace chmelového extraktu. Proto Weyh zavedl tzv. výtěžkový faktor, udávající závislost stupně oxidace extraktů (čili % tvrdých pryskyřic z celkových pryskyřic) na výtěžku hořkých látek v mladém pivu, a to při konstantní dávce α -hořkých kyselin. Zpracováním 25 druhů používaných extraktů dosáhl zobecnění této závislosti pro libovolnou dávku α -hořkých kyselin dodanou v podobě chmele nebo extraktu. Obdržel relativní výtěžkovou křivku platící pro různé dávky α -hořkých kyselin (obr. 1).



Obr. 1. Relativní výtěžková křivka

Prakticky se dávka chmelového extraktu potom vy počítá tak, že se nejprve určí taková dávka chmelového extraktu, aby odpovídala svým obsahem α -hořkých kyselin nahrazovanému chmelu, popř. dříve používanému chmelovému extraktu. Zjištěná dávka se násobí poměrem výtěžků hořkých látek z chmele nebo z extraktu doposud používaného a z extraktu, který má být použit. Výťažky hořkých látek zaměňovaných surovin se odečtou z grafu na základě výtěžkových faktorů VF, které se vypočítají podle vzorce

$$VF = \frac{\text{stupeň oxidace v \%} \cdot \% \text{ obsah m\acute{e}k. pryskyřic} \cdot 0,15}{\% \alpha\text{-hořkých kyselin}}$$

Schmid a Ganzlin [13] se pokusili na základě výsledků Wöllmerovy analýzy odvodit vzorec, který by umožnil vypočítat poměr záměny chmelového extraktu k čerstvému chmelu. Vyšli z předpokladu, že 70 % hořkosti představují α -hořké kyseliny a o zbývajících 30 % se dělí frakce β -podílu a tvrdých pryskyřic. Pro zaměňovaný chmel a extrakt stanovili tzv. „relativní číslo hořkosti“ (RCH) podle vzorce

$$RCH = \frac{4\alpha + 3VP}{10}, \text{ kde}$$

 α jsou α -hořké kyseliny,

VP — veškeré pryskyřice.

Vzhledem k lepšímu využití chmelového extraktu doporučili autoři zvýhodnit RCH chmelového extraktu koeficientem 1,4. Jejich vzorec pro záměnný poměr má potom tento tvar:

$$ZP = \frac{RCH \text{ extraktu} \cdot 1,4}{RCH \text{ chmele}}$$

V poslední době Krauss et al. [14] prověřovali některé z uváděných výpočtových vztahů. Konali pokusy s 12 druhy chmelových preparátů a chmelů. Pro čerstvou nebo jen málo starou surovinu doporučují k výpočtu hořkosti jak vztahu pro univerzální hořkost (UB), vzorce Wöllmera (h_w), Kolbacha (h_w/K), tak i výpočtu podle obsahu α -hořkých kyselin. Méně přesné jsou výsledky u starých materiálů.

Rovněž navrhli vzorec pro výpočet jednotek hořkosti piva [IH] na základě analýzy chmele. Jde o poměrně složitý vztah, založený na komplexním rozboru chmele

$$IH = 0,156 \cdot UB + 0,183 \cdot h_w/K - 6,37$$

kde

UB je univerzální hodnota hořkosti,

 h_w/K — hodnota hořkosti podle Kolbacha.

Literatura

- [1] ČERNOHORSKÝ, VL.: Kvasný průmysl 18, 1972, č. 11 s. 243
- [2] ČERNOHORSKÝ, VL.: Kvasný průmysl 18, 1972, č. 12 s. 245
- [3] WÖLLMER, W.: Wo. f. Br. 47, 1930, s. 521
- [4] MOŠTEK, J.: Biochemie a technologie sladu a piva, SNTL 1969
- [5] WEYH, H.: Brauwiss. 20, 1937 č. 1, s. 13
- [6] KOLBACH, P.: Brauerei-Wiss. Beilage 7, 1954, s. 15
- [7] KRAUSS, G.: Monatschr. f. Brau. 19, 1966 č. 10, s.
- [8] BAETSLE, G.: Echo Brass., 21, 1935 č. 49/50, s.
- [9] MIKŠCHIK, E.: Brauereitechniker 19, 1967, č. 19, s. 145
- [10] SCHUR, F.: Schweiz. Brauerei-Rdsch. 75, 1964, s. 254
- [11] VANČURA, M.: Brauwelt 107, 1967, č. 6/7, s. 70
- [12] WEYH, H.: Brauwiss. 20, 1967, s. 101
- [13] SCHMID, J. - GANZLIN, G.: Brew. Gward. 93, 1969, č. 19 s. 41
- [14] KRAUSS, G. - ZÜRKER, CH. - HERTZSCH, V.: Monatsch. f. Brau. 25, 1972, č. 4, s. 93

Černohorský, V.: Přehled hlavních způsobů výpočtu dávek chmele a chmelového extraktu při racionálním chmelovaru. Kvas. prům. 19, 1973, č. 6, s. 124—127.

V krátkém přehledu jsou shrnuty matematické formy vyjádření velikosti dávek chmele a chmelového extraktu při výrobě piva. Jednotlivé vztahy jsou odvozeny na podkladě analytického zjištění skladby hořkých látek, přičemž je přihlédnuto k jejich vlivu na tvorbu organoleptické hořkosti. Rovněž je brán v úvahu stupeň využitelnosti hořkých látek v praxi. Z přehledu je patrný časový vývoj názorů na nejvhodnější způsob dávkování chmele a chmelového extraktu.

Черногорски, В.: Основные методы расчета доз хмелевого экстракта и хмеля при рациональном охмеливании сусла. Квас. прум. 19, 1973, № 6, 124—127.

В статье дается краткий обзор математических формул, применяемых для расчета доз хмелевого экстракта и хмеля при охмеливании пивного сусла. Формулы базируются на аналитическом определении состава горьких веществ хмеля, причем учитываются влияние этих веществ на органолептические свойства пива и мера их практически возможного использования. Формулы наглядно показывают, как постепенно изменялись мнения об оптимальных дозах хмелевого экстракта и хмеля.

Černohorský, V.: Formulae Used for Calculating Hop and Hop Extract Rates for Economical and Sufficient Hopping. Kvas. prům. 19, 1973, No. 6, 124—127.

The author comments briefly various mathematic formulae which have been elaborated for calculating hop and hop extract rates for economical and sufficient hopping. The discussed formulae are based upon the analyses of the composition of hop bitter substances

and take into account their effects upon the organoleptic properties of beer, as well as limits to which they can be utilized in practice. The survey shows, how the opinions as to what is the optimum hop rate have been gradually revised and adjusted.

Černohorský, V.: Übersicht der Grundmethoden zur Errechnung der Hopfen- und Hopfenextraktgabe bei dem rationellen Hopfenkochen. Kvas. prům. 19, 1973, No. 6, 124—127.

In einer kurzen Übersicht sind die mathematischen Formen zur Ermittlung der Grösse der Hopfen- und

Hopfenextraktgabe bei der Bierherstellung zusammengefasst. Die einzelnen Beziehungen werden auf Grund der analytischen Bestimmung der Struktur der Bitterstoffe abgeleitet, wobei ihr Einfluss auf die Bildung der organoleptischen Bitterkeit in Betracht genommen wird. Zugleich wird auch der Grad der Ausnützbarkeit der Bitterstoffe in der Praxis in Betracht gezogen. Aus der Übersicht ist die zeitliche Entwicklung der Ansichten auf die optimale Hopfen- und Hopfenextraktdosierung ersichtlich.