

PIVO A SUROVINY K VÝROBĚ PIVA

- voda
jakostní požadavky a nástin analytických metod
- chmel
složení a metody zkoušení
- slad: metody zkoušení
- pivo
složení a metody zkoušení

Voda

- K výrobě potravin a nápojů lze používat pouze vodu zdravotně nezávadnou, která splňuje jakostní požadavky na vodu pitnou (dříve ČSN 75 7111, nyní Vyhláška MZd 252/2004 Sb.)
- Pitná voda je voda zdravotně nezávadná, která ani při trvalém požívání nevyvolává onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým nebo pozdním působením zdraví spotřebitele a jeho potomstva. Smyslově postižitelné vlastnosti pitné vody nesmí bránit jejímu požívání.

Pitná voda – jakostní požadavky

Zkratky: NMH nejvyšší mezní hodnota, MH mezní hodnota,
IH indikační hodnota, DH doporučená hodnota

Ukazatel	ČSN 75 7111	Vyhláška 252/2004
NH ₃ volný	0,01 mg/l (NMH)	
NH ₄ ⁺	0,5 mg/l (MH)	0,5 mg/l (MH)
H ₂ S volný	0,01 mg/l (NMH)	
O ₂ rozpuštěný	nad 50 % saturace (DH)	
CHSK Mn	3 mg/l (MH a IH)	3 mg/l (MH)
CHSK Cr	8 mg/l (IH)	
Cl ₂ aktivní	0,05–0,3 mg/l (DH)	0,3 mg/l (MH)
Cl ₂ org. vázaný	0,005 mg/l (IH)	
Rozpuštěné látky (celk. mineralizace)	100 mg/l (MH)	

Pitná voda – jakostní požadavky

Ukazatel	ČSN 75 7111	Vyhláška 252/2004
Na		200 mg/l (MH)
Ca + Mg (tvrdost)	0,9–5 mmol/l (DH)	2–3,5 mmol/l (DH)
Ca	>20 mg/l (0,5mmol/l)(DH)	30 mg/l (MH) 40–80 mg/l (DH)
Mg	125 mg/l (5,1 mmol/l)(MH)	10–30 mg/l (MH)
KNK 4,5*	> 0,8 mmol/l (DH)	
pH	6–8	6,5–9,5
Vodivost	100 mS/m	125 mS/m

* Kyselinová neutralizační kapacita do pH=4,5 (celková alkalita)

$KNK_{4,5} = [HCO_3^-] + 2 \cdot [CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+]$
stanoví se titrací odměrným roztokem HCl nebo H₂SO₄

Kyselinová neutralizační kapacita do pH=8,3 (zjevná alkalita)

$KNK_{8,3} = [CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+]$

© VŠCHT Praha 2021

Pitná voda – jakostní požadavky

Ukazatel	ČSN 75 7111	Vyhláška 252/2004
Cl ⁻	100 mg/l (MH)	100 mg/l (MH)
F ⁻	1,5 mg/l (NMH) 0,8–1 mg/l (DH)	1,5 mg/l (NMH)
SO ₄ ²⁻	250 mg/l (MH)	250 mg/l (MH)
NO ₃ ⁻	50 mg/l (MH) < 15 mg/l (DH)	50 mg/l (NMH)
NO ₂ ⁻	0,1 mg/l (MH)	0,5 mg/l (NMH)
CN ⁻	0,01 mg/l * (NMH)	0,05 mg/l (NMH)

* u chlorované vody lze tolerovat až 0,1 mg/l

Pitná voda – jakostní požadavky

Ukazatel	ČSN 75 7111	Vyhláška 252/2004
Al	0,2 mg/l (MH)	0,2 mg/l (MH)
As	0,05 mg/l (NMH)	0,01 mg/l (NMH)
Cd	0,005 mg/l (NMH)	0,005 mg/l (NMH)
Cu	0,1 mg/l (NMH)	1 mg/l (NMH)
Fe	0,3 mg/l (MH)	0,2 mg/l (MH)
Hg	0,001 mg/l (NMH)	0,001 mg/l (NMH)
Mn	0,1 mg/l (MH)	0,05 mg/l (MH)
Pb	0,05 mg/l (NMH)	0,01 mg/l (NMH)
Zn	5 mg/l (MH)	

Pitná voda – jakostní požadavky

Ukazatel	ČSN 75 7111	Vyhláška 252/2004
Extr. nepolární látky	0,05 mg/l (NMH)	
Fenoly těkavé	0,05 mg/l (NMH)	
Fenoly celkové	0,001 mg/l (IH)	
Benzen	0,01 mg/l (NMH)	0,001 mg/l (NMH)
PAU	0,04 mg/l (NMH)	0,1 µg/l (NMH)
Fluoranthén	0,04 µg/l (IH)	
Benzo[a]pyren	0,01 µg/l (NMH)	0,01 µg/l (NMH)
Trihalogenmethany	0,1 mg/l (IH)	0,1 mg/l (MH)
CHCl ₃	0,03 mg/l (NMH)	0,03 mg/l (MH)
Huminové látky	2,5 mg/l (MH)	
Tenzidy aniontové	0,2 mg/l (MH)	

Pitná voda – jakostní požadavky

Ukazatel	ČSN 75 7111	Vyhláška 252/2004
Barva	20 mg/l Pt (MH)	20 mg/l Pt (MH)
$A_{254, 1\text{cm}}$	0,08 (IH)	
Zákal	5 mg/l SiO ₂	5 ZF (nefěl. nebo turb.)
Chuť	2°	přijatelná
Pach	2°	přijatelný

Poznámky:

Barva se určuje vizuálním porovnáním vzorku s roztoky K₂PtCl₆ + CoCl₂, případně měřením absorbcí při 436, 525 a 620 nm.

Zákal se určuje porovnáním zdánlivé absorbance vzorku a standardní suspenze SiO₂ ve vodě.

Chuť a pach se hodnotí senzoričky; u chuti je mezní hodnota (2°) charakterizována jako „zřetelná intenzita bez doznívání po vyprázdnění úst“;

u pachu je slabý pach (2°) „postřehnutelný spotřebitelem, je-li na něj upozorněn“.

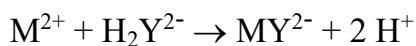
Pitná voda – ukazatele speciálního rozboru

Ukazatel	NMH	Ukazatel	NMH	Ukazatel	NMH
Asbest	3.10 ⁵ vl. / l	benzo(a)pyren	0,01 µg/l	methoxychlor	0,03 mg/l
Ba	1 mg/l	2,4-dichlor-fenoxyoctová kys.	0,1 mg/l	pentachlor-fenol	0,01 mg/l
Be	0,2 µg/l	dichlorbenzeny	0,3 µg/l	PCB	0,05 µg/l
Cr	0,05 mg/l	1,2-dichlorethan	0,01 mg/l	CCl ₄	0,003 mg/l
Ni	0,1 mg/l	1,1-dichlorethen	0,3 µg/l	1,1,2,2-tetra-chlorethen	0,01 mg/l
Se	0,01 mg/l	dichlorfenoly	0,002 mg/l	1,1,2-trichlorethen	0,03 mg/l
Ag	0,05 mg/l	hexachlorbenzen	0,01 µg/l	2,4,5-trichlor-fenol	0,001 mg/l
V	0,1 mg/l	heptachlor	0,1 µg/l		
benzen	0,01 mg/l	vinylchlorid	0,02 mg/l	2,4,6-trichlor-fenol	0,012 mg/l
DDT	0,001 mg/l	lindan (γ-HCH)	0,003 mg/l		

Voda – stanovení některých ukazatelů

Tvrdość

ČSN ISO 6059 (75 7384) Jakost vod. Stanovení sumy Ca a Mg komplexometrická titrace vzorku vody při pH=10 (amoniakální pufr) na eriochromovou čerň T:



vyjádření tvrdosti v mmol/l nebo ve °N (1 °N odpovídá obsahu 10 mg CaO nebo 7,2 mg MgO v 1 litru; 1 °N = 0,179 mmol/l)

Tvrdość: přechodná (karbonátová): obsah Ca(HCO₃)₂ a Mg(HCO₃)₂

trvalá: obsah dalších rozpustných solí Ca a Mg

celková (součet přechodné a trvalé)

Tvrđost

Výpočet přechodné tvrdosti

$$PT = 0,5 \cdot (\text{celková alkalita} - 2 \cdot \text{zjevná alkalita}) \text{ [mmol/l]}$$

Voda podle tvrdosti

měkká: < 1,3 mmol/l (< 7,3 °N)

středně tvrdá: 1,3-2,5 mmol/l (7,3-14 °N)

tvrdá: 2,5-3,8 mmol/l (14-21,3 °N)

velmi tvrdá: > 3,8 mmol/l (> 21,3 °N)

Obsah jednotlivých prvků

- stanovení metodami AAS:
 - ČSN ISO 9964 (75 7378): Na a K F-AAS
 - ČSN EN ISO 15586 (75 7381): stopové prvky GF-AAS
 - ČSN ISO 8288 (75 7382): stopové prvky F-AAS
 - ČSN ISO 7980 (75 7383): Ca a Mg F-AAS
 - ČSN EN ISO 11969 (75 7403): As HG-AAS
- metoda ICP-AES: ČSN EN ISO 11885 (75 7387)
- metoda ICP-MS: ČSN EN ISO 17294-2 (75 7388)

Skupinové stanovení aniontů

- metoda iontové chromatografie pro F^- , Cl^- , NO_2^- , PO_4^{3-} ,
 Br^- , NO_3^- , SO_4^{2-}
ČSN EN ISO 10304-1 (75 7391)
- metoda iontové chromatografie pro CrO_4^{2-} , I^- , SO_3^{2-} ,
 SCN^- a $S_2O_3^{2-}$
ČSN EN ISO 10304-3 (75 7391)
detekce v obou případech konduktometrická

Sírany

- vážkové stanovení jako $BaSO_4$
- srážecí titrace odměrným roztokem 0,01 M $Pb(NO_3)_2$
ve vodně-acetonovém roztoku; indikátor dithizon

Kyanidy (snadno uvolnitelný podíl)

ze vzorku se uvolní HCN při pH 4 za přítomnosti kovového Zn a EDTA, HCN se absorbuje v roztoku NaOH; následuje

- stanovení argentometrickou titrací (větší množství CN^-):
 $Ag^+ + 2 CN^- \rightarrow [Ag(CN)_2]^-$
 $Ag^+ + [Ag(CN)_2]^- \rightarrow Ag[Ag(CN)_2]$ indikace zákalem nebo
 Ag^+ s *p*-dimethylaminobenzylidenrhodaninem \rightarrow č. zbarvení
titrace 0,001M nebo 0,01M $AgNO_3$
- spektrofotometrické stanovení po reakci s chlorem (vzniká
rozkladem chloraminu T) a následně s pyridinem
a barbiturovou kyselinou za vzniku červenofialového barviva
měří se A_{578}

Význam jednotlivých ukazatelů jakosti vody z hlediska technologie výroby piva

- celková tvrdost má vliv na pH sladiny (reakce Ca a Mg solí s fosfáty uvolněnými extrakcí sladu)
 - vyšší obsah Mg^{2+} (> 70 mg/l) → hořká a naskyslá chuť piva
 Mg^{2+} působí jako aktivátor enzymů
 - obsah Ca^{2+} částečně kompenzuje nepříznivý chuťový efekt hořčíku
- vysoký obsah Na cca 150- 200 mg/l → slaná chuť vody nad 250 mg/l ostrá, řezavá chuť
- $pH < 4,0$ → kyselejší chuť, zesílené vnímání hořkosti
- vyšší obsah Fe ($> 0,5$ mg/l) a Mn: nepříznivý vliv na jakost piva (svíravá chuť, hnědnutí pěny, vznik zákalů)
- stopové prvky: stopy Zn potřebné pro růst kvasinek

Složení některých pivovarských vod (mg/l)

Složka	Plzeň	Mnichov	Londýn	Burton
Ca^{2+}	7	80	90	268
Mg^{2+}	1	19	4	62
Na^+	3	1	24	30
HCO_3^-	9	164	123	141
SO_4^{2-}	6	5	58	638
Cl^-	5	1	18	36
NO_3^-	6	3	3	31

Chmel

Základní složení chmele

Složka	Obsah (%)
Voda	8-12
Celkové pryskyřice	15-20
Polyfenoly	2-6
Silice	0,2-2,5
Lipidy včetně vosků	1-3
Dusíkaté látky	12-15
Vláknina	40-50
Popel	6-8

Pryskyřice, zejména tzv. α -hořké kyseliny jsou zdrojem hořké chuti piva. Silice dodávají chmelu aroma. Polyfenolové látky (anthokyaniny, katechiny...) zajišťují oxidační stabilitu piva.

Chmelové pryskyřice

Definice: podíl látek chmele extrahovatelný ethyletherem a po jeho odpaření rozpustný v chladném methanolu nebo extrakt chmele v chladném methanolu, rozpustný v ethyletheru

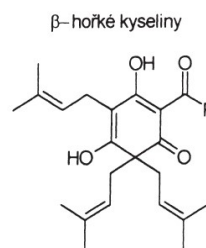
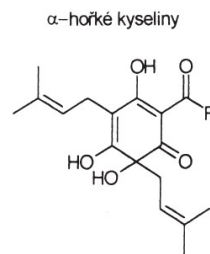
Frakcionace podle rozpustnosti

- měkké pryskyřice: rozpustné v hexanu
 - α -hořké kyseliny
 - β -hořké kyseliny
 - nespecifické měkké pryskyřice
- tvrdé pryskyřice: nerozpustné v hexanu
 - γ -pryskyřice: nerozpustné ve vodě
 - δ -pryskyřice: rozpustné ve vodě

Nejdůležitější „hořké“ látky chmele

- α -hořké kyseliny: ($pK_a \approx 4,8$)
 - žl. krystalické látky, t.t. 63°C (humulon)
 - chemicky nestálé (isomerace, oxidace)
 - z methanolového roztoku se srážejí octanem olovnatým
- β -hořké kyseliny: ($pK_a \approx 5,8$)
 - bezb. krystalické látky, t.t. 93°C (lupulon)
 - chemicky velmi nestálé (oxidace...)
 - téměř nerozpustné ve vodě

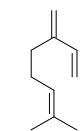
R	α	β
-CH ₂ CH(CH ₃) ₂	humulon	lupulon
-CH(CH ₃) ₂	kohumulon	kolupulon
-CH ₂ CH(CH ₃) ₂ CH ₃	adhumulon	adlupulon
-CH ₂ CH ₃	posthumulon	postlupulon
-CH ₂ CH ₂ CH(CH ₃) ₂	prehumulon	prelupulon
-CH ₂ CH ₂ CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	dosud nepojmenován	dosud nepojmenován



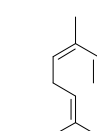
Chmelové silice

lze izolovat z chmele destilací s vodní párou; tvoří je

- uhlovodíková frakce (cca 75 % silic):
alkany (pentan, oktan), isopren, monoterpeny (myrcen...), seskviterpeny (farnesen, humuleny, karyofyleny...)



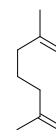
myrcen



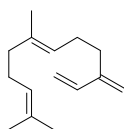
β -ocimene



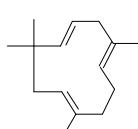
α -pinen



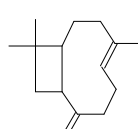
limonen



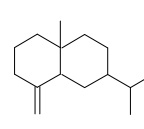
β -farnesen



α -humulen

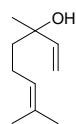


β -karyofylen

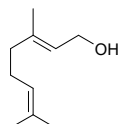


β -selinen

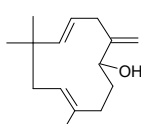
- frakce kyslíkatých sloučenin (cca 25 % silic)
 terpenické alkoholy (linalool, geraniol, humulenol...)
 aldehydy (od C₆ výše, alifatické, aromatické i terpenické)
 ketony (methylketony od C₆ výše, zejména 2-undekanon)
 epoxidy seskviterpenů
 estery (methylestery karboxylových kyselin od C₃ do C₁₃,
 estery terpenických alkoholů)



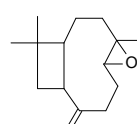
linalool



geraniol



humulenol



karyofylen-epoxid

- frakce sirných sloučenin (cca 0,1 % silic)
 sulfan, thiooly, thioestery, sulfidy (dimethylsulfid, diallylsulfid,
 myrcensulfid...), di- a trisulfidy (dimethyldisulfid, dimethyltrisulfid,
 myrcendisulfid...)

Analýza chmele

Standardní metody

ČSN 46 2519 Odběry vzorků chmele

ČSN 46 2520 Metody zkoušení chmele

Sušina

vážkové stanovení sušením při 105-107 °C, 1 h
 (navážka 5-10 g)

vlhkost skladovaného chmele nesmí přesáhnout 12 %
 (původní vlhkost čerstvého chmele je cca 75 %)

Hořké látky

1. Konduktometrická hodnota chmele

je ukazatel obsahu α -hořkých kyselin stanovený konduktometrickou titrací methanolovým roztokem octanu olovnatého v prostředí toluenu nebo EtOH+DMSO; vyjadřuje se v % (m/m)

Příprava extraktu veškerých pryskyřic:

- extrakce navážky chmele (10 g) směsí MeOH+ ethylether
- roztřepání s 0,1M HCl
- etherová fáze + CH₂Cl₂, oddestilování za sníženého tlaku
- rozpuštění odparku v MeOH (výsledný objem V_1)
- ochlazení na 0 °C (vyloučení vosků v tuhé fázi)
- filtrace, temperace na 20 °C

Stanovení konduktometrické hodnoty (metoda EBC)

V_2 ml filtrátu (zpravidla 1/5 celkového objemu) se zředí směsí EtOH+DMSO a titruje roztokem octanu olovnatého (20 g Pb(CH₃CO₂)₂·3H₂O a 0,5 ml CH₃CO₂H v 1 litru methanolového roztoku) s konduktometrickou indikací; vzniká žlutá sraženina

Titř odměrného roztoku Pb²⁺ se stanoví na 0,05 M kyselinu sírovou ve směsi EtOH+DMSO

$$T = 0,1897 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4} / V_{\text{Pb}}$$

Výpočet KH:

$$\text{KH} = 100 \cdot (V_1/V_2) \cdot 0,04716 \cdot V_{\text{Pb}} \cdot T / m \quad [\%]$$

Běžné obsahy α -hořkých kyselin vyjádřené KH:
2-10 % (nejčastěji 4-5 %)

2. Vážkové stanovení pryskyřic a jejich frakcí

Veškeré pryskyřice (VP)

určí se hmotnost odparku extraktu veškerých pryskyřic, vyjádří se v %

Měkké pryskyřice (MK)

methanolový extrakt VP se okyselí 0,1M HCl a extrahuje hexanem, hexanová fáze se oddělí a stanoví se její odpárek

β -frakce měkkých pryskyřic (β -MP)

$$\beta\text{-MP} = \text{MK} - \text{KH} \quad [\%]$$

Tvrde pryskyřice (TP)

$$\text{TP} = \text{VP} - \text{MP} \quad [\%]$$

3. Spektrofotometrické stanovení α - a β -hořkých kyselin

toluenový extrakt se zředí roztokem NaOH v methanolu a měří se absorbance při 275, 325 a 355 v 1 cm kyvetě proti slepému pokusu

Výpočet:

$$\alpha\text{-HK} = 77,79 \cdot A_{325} - 51,55 \cdot A_{355} - 19,07 \cdot A_{275} \quad [\text{mg/l}]$$

$$\beta\text{-HK} = 55,57 \cdot A_{355} - 47,59 \cdot A_{325} + 5,10 \cdot A_{275} \quad [\text{mg/l}]$$

Poznámka 1:

$$\text{Efektivní hořkost} = \alpha\text{-HK} + (1/9) \cdot \beta\text{-HK}$$

Poznámka 2:

$$\text{Index skladování chmele} = A_{275} / A_{325}$$

vyjadřuje obsah degradačních produktů hořkých kyselin

čerstvě sklizený chmel index 0,18-0,24

déle skladovaný chmel: index až 1,5

4. Stanovení α - a β -hořkých kyselin metodou HPLC

extrakce veškerých pryskyřic

analýza RP-HPLC, mobilní fáze MeOH-0,25M H₃PO₄ (85+15)

detekce UV 314 nm

5. Stanovení univerzální hořkosti

- vzorek (navážka m) se povaří 1h ve fosfátovém pufru pH 5,5
- alikvotní podíl (1/100) primárního extraktu se po okyselení roztokem HCl extrahuje 40 ml chloroformu
- změří se A_{279} chloroformové fáze proti čistému chloroformu

Výpočet:

$$UH = 115 \cdot A_{279} / m \quad [\text{mg/g}]$$

běžné hodnoty 30-120 mg/g

Chmelové silice

- izolace: destilace vzorku s vodní párou
- frakcionace: chromatografie na sloupci silikagelu
hexan eluuje uhlovodíkovou frakci
ethylether eluuje frakci kyslíkatých sloučenin
po odpaření rozpouštědel se frakce stanoví vážkově
- stanovení jednotlivých sloučenin: GC

Celkové polyfenoly (třísloviny)

- extrakce horkou vodou
- spektrofotometrické stanovení na základě tvorby fialového komplexu reakcí s citranem železitým
 $CP = 820 \cdot \Delta A_{600} \quad [\text{mg/l}]$
běžný obsah CP v chmelu 3,5–7,5 %, skladováním klesá

Dusičnany

- extrakce vzorku vodou za varu 30 min
- stanovení NO_3^- iontoměničovou chromatografií, detekce UV 210 nm

Oxid siřičitý (stupeň šíření chmele)

- desorpce SO_2 teplem, absorpce v podchlazeném acetonu
- stanovení GC detekce FPD

Kovy (Cu, Zn, Pb...)

rozklad a stanovení metodou AAS

Další zkoušky chmele

- cizí příměsi (kaménky, dráty...)
- chmelové příměsi (réva, listy a jejich zlomky, řapíky...)
- jemnost věténka chmelové hlávky (jemné věténko má alespoň 6 zalomení na 1 cm délky)
- přítomnost „pecek“ v chmelových hlávkách (= jednosemenná nažka v dolní části pravého listenu hlávky)
- rozplévání hlávek: zjištění hmotnosti volných hlávek a jejich částí z laboratorního vzorku (po odstranění příměsí), které propadnou sítem o délce strany oka 1 cm
- poškození hlávek otluky: hlávky poškozené otlukem (za zhoršené povětrnosti) mají po zaschnutí hnědou nebo šedohnědou barvu
- další poškození: perenosporou (hnědé hlávky), mšicemi (výskyt černých teček), sviluškou chmelovou (cihlově červené zbarvení listenů) nebo fyziologickým vadnutím hlávek

Analýza sladu

- analytické ukazatele běžné pro cereální materiály (sušina, bílkoviny, popel, škrob...) se obvykle stanovují jen ve sladovnickém ječmenu, nikoli v samotném sladu
- pro jakost sladu jsou rozhodující jeho funkční vlastnosti, které se projeví při výrobě mladiny, zejména ve fázi rmutování (stupeň „rozluštění“ obilného zrna, aktivita amylytických enzymů – *diastatická mohutnost*). To ovlivňuje výsledný obsah extrahovaných látek v mladině („extrakt“). Proto se jakost sladu posuzuje z výsledků stanovení „extraktu“ v tzv. *kongesní sladině*, případně stanovením tzv. *Hartongova čísla*.

Standardní metody

ČSN 56 0187 Metody zkoušení sladu a sladových výtažků

Sušina

vázkové stanovení sušením 5 g vzorku při 105-107°C, 3 h;
hvozděné světlé slady mají sušinu cca 96,5 %, tmavé cca 98 %.

Bílkoviny

stanovení dusíku podle Kjeldahla (přepočítávací faktor 6,25)

Kolbachovo číslo

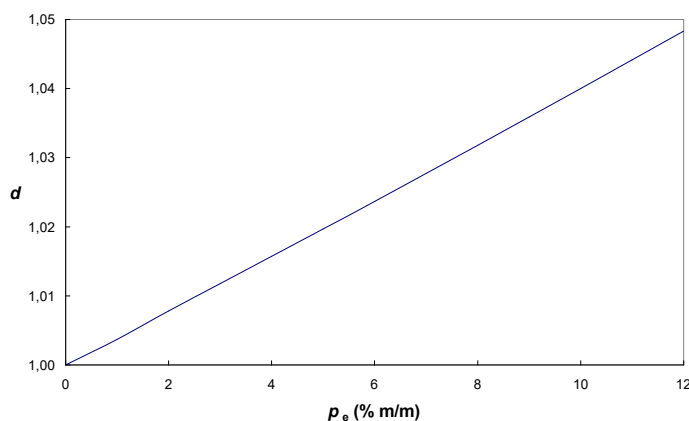
je procentní podíl dusíkatých látek (stanovených Kjeldahlovou metodou) rozpuštěných ve sladině vůči celkovému obsahu ve vzorku sladu. Je ukazatelem proteolytického rozluštění sladu. Hodnoty pod 35 % jsou neuspokojivé, 38-41 % dobré, nad 41 % velmi dobré

Příprava kongresní sladiny a stanovení extraktu sladu

Extrakt = souhrn všech látek, které přejdou ze sladu do roztoku za podmínek metody

- 50 g sladového šrotu se ve rmutovací kádince promíchá s 200 ml dest. vody $t = 45^{\circ}\text{C}$, 30 min udržuje se $t = 45^{\circ}\text{C}$ záhřevem na vodní lázni
- během 25 min se zvýší teplota na 70°C , +100 ml vody $t = 70^{\circ}\text{C}$, teplota se udržuje 1 h
- směs (tzv. rmut) se ochladí a upraví se hmotnost přídavkem dest. vody na 450 g
- promíchaná směs se zfiltruje, filtrát je kongresní sladina
- pyknometricky se stanoví relativní hustota sladiny při 20°C ($d = \rho_{\text{sl}} / \rho_{\text{H}_2\text{O}}$), z tabulek se určí extrakt ve sladine

Vztah mezi obsahem extraktu a relativní hustotou sladiny



Výpočet původního extraktu sladu:

$$p_E = p_e \cdot (800 + p_{\text{H}_2\text{O}}) / (100 - p_{\text{H}_2\text{O}}) \quad [\%]$$

Hartongovo číslo

je hodnota vypočtená z množství látek přecházejících do rozpustné formy činností enzymů při různých teplotách, která jsou vztažena k extraktu kongresní sladiny. Z hodnoty HČ lze usuzovat na stupeň rozluštění sladu.

Postup stanovení:

- připraví se vzorky sladiny rmutováním při 20, 45, 65 a 80°C
- stanoví se pyknometricky extrakty ve sladinách pro každou sladinu se vypočítá poměr x_t

$$x_t = 100 \cdot (\text{extrakt při teplotě } t / \text{extrakt kongresní sladiny})$$

Výpočet:

$$\text{HČ} = (x_{20} + x_{45} + x_{65} + x_{80}) / 4 - 58$$

HČ nabývá hodnot 0-10, optimální hodnoty jsou 4,5-5,5

Diastatická mohutnost sladu

je míra aktivity β -amylasy vyjádřená jako hmotnost maltosy v g, která vznikne ze škrobu působením amylasy ze 100 g sladu (jednotky Windische a Kolbacha)

Stanovení DM Windisch-Kolbachovou metodou:

- připraví se sladina z 20 g sladu a 500 g vody rmutováním při 40 °C a filtrací
- do standardního roztoku škrobu se přidá alikvotní podíl sladiny a inkubuje se 30 min při 20°C, enzymová reakce se ukončí přidáním NaOH
- připraví se slepý vzorek: škrobový roztok + NaOH + sladina
- ve vzorku a slepém vzorku se stanoví redukující cukry oxidací přebytkem jodu a určí se spotřeby a a b ml 0,1M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ při zpětné titraci

$$\text{Výpočet: DM} = 34,2 \cdot (b - a) \quad [\text{jednotky WK}]$$

Hodnoty DM: zelené nehvozděné slady 350–500,

světlé slady 180–280, tmavé slady 100–240

Další zkoušky sladu

- barva sladiny
- objemová (hektolitrová) hmotnost sladu
- moučnatost sladu: podíl moučnatých a polovina podílu polosklovitých zrn při pozorování endospermu rozříznutých zrn (má být alespoň 94 %)
- podíl zlomených, rozdrčených a plesnivých zrn a příměsí
- křehkost sladových zrn
- podíl zrn karamelových popř. spálených

Pivo

Chemické složení piva (12% ležák)

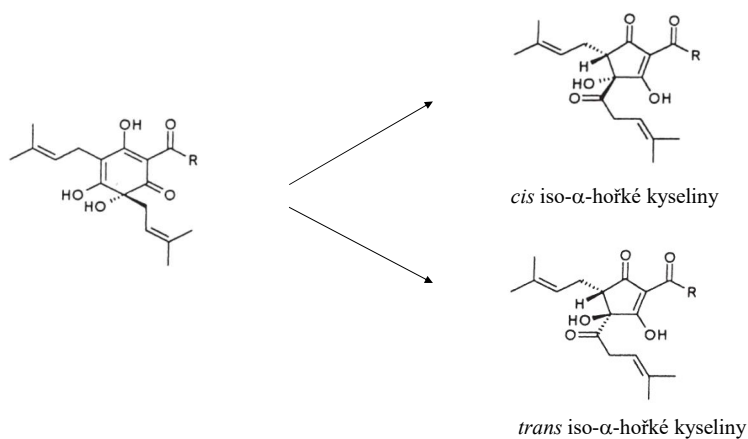
Složka	Obsah
oxid uhličitý	3,5 – 5,5 g/l
sacharidy (dextriny, maltosa, maltotriosa, glukosa...)	25 – 40 g/l
dusíkaté látky	0,5 – 1 g/l (jako dusík)
ethanol	35 – 42 g/l
glycerol	0,5 – 3 g/l
2,3-butandiol	0,05 – 0,15 g/l
ostatní alkoholy (C ₃ -C ₅ , furfurylalkohol, 2-fenylethanol)	0,07 – 0,25 g/l
fenolové látky	0,1 – 0,18 g/l
hořké látky	20 – 35 mg/l
minerální látky	0,8 – 2,4 g/l

Další složky: těkavé látky (aldehydy, ketony, estery, kyseliny), dikarboxylové kyseliny, SO₂, vitaminy, nitrososloučeniny

© VŠCHT Praha 2021

Hořké látky piva

hlavně tzv. iso- α -hořké kyseliny, které vznikají při chmelovaru isomerací α -hořkých kyselin chmele:



Analýza piva

Standardní metody

ČSN 56 0186 Metody zkoušení piva

Úprava vzorku před analýzou (kromě stanovení CO₂)

- temperace na teplotu místnosti
- odstranění CO₂ třepáním piva v kónické baňce 30 min
- filtrace skládaným filtrem (zbaví se pěny)

Obsah kyselin

- titrační stanovení 0,1M NaOH na fenolftalein
vyjádření výsledku v mmol/l
- pH: potenciometrické stanovení (obvyklé hodnoty 4,2–4,5)

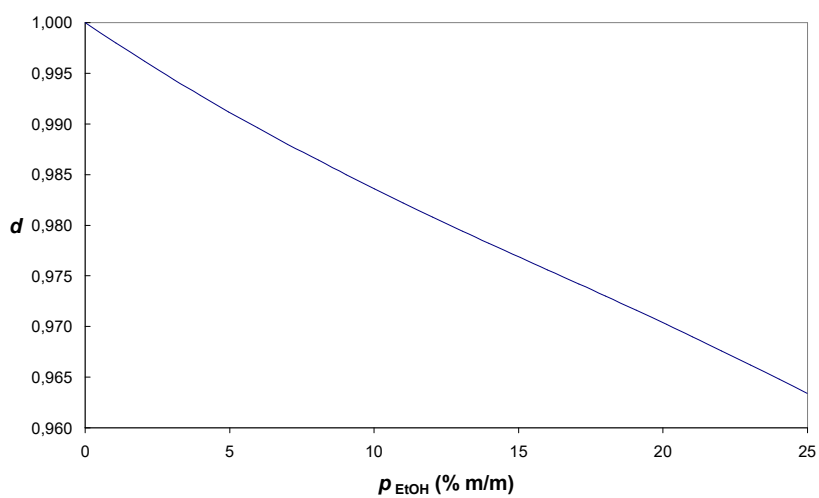
Alkohol (ethanol)

se stanoví po jeho destilaci z piva určením hustoty destilátu

Postup:

- 100 g piva + 50 g dest. vody se destiluje 30-60 min
- jímá se cca 95 ml destilátu
- hmotnost destilátu se upraví přidavkem vody na 100 g
- směs se promíchá, vytemperuje na 20°C a stanoví se rel. hustota pyknometrem
- z tabulek hustot vodných roztoků ethanolu se odečte procentní obsah alkoholu

Vztah mezi obsahem ethanolu ve vodném roztoku a jeho relativní hustotou



© VŠCHT Praha 2021

Cukry

po hydrolýze vzorku piva kys. chlorovodíkovou se stanoví glukosa Luff-Schoorlovou metodou

Skutečný extrakt piva

je obsah všech rozpuštěných netěkavých látek v pivu stanoví se měřením hustoty destilačního zbytku po stanovení EtOH

Postup: hmotnost destilačního zbytku pocházejícího ze 100 g piva se upraví přidavkem destilované vody na 100 g a po promíchání a temperaci na 20°C se stanoví rel. hustota pyknometrem. Obsah extraktu se odečte z tabulek (viz analýza sladu).

Konvenční extrakt piva (extrakt původní mladiny)

je obsah všech rozpuštěných látek v původní mladině, z níž bylo pivo vyrobeno.

Vypočte se podle Ballingova vzorce z obsahu skutečného extraktu a obsahu ethanolu:

$$p_{ke} = 100 \cdot (2,0665 \cdot p_{EtOH} + p_{se}) / (100 + 1,0665 \cdot p_{EtOH}) \quad [\%]$$

2,0665 hmotnost extraktu v g potřebného k vytvoření 1 g EtOH

1,0665 hmotnost látek v g, které vzniknou kvašením současně s 1 g EtOH

	konvenční extrakt („stupňovitost“ piva)
lehká piva	< 8,00 %
výčepní piva	8,00 – 10,99 %
ležáky	11,00 – 12,99 %
speciální piva (portery)	13 % a více

Klasifikace pív podle technologických kritérií

- podle suroviny
piva z ječného sladu, piva pšeničná, kukuřičná, ...
piva vyrobená z náhražek sladu
- podle použitého sladu
světlá, ... tmavá
- podle způsobu rmutování sladu
piva ze sladiny vyrobené infuzní metodou, ... dekokční metodou
- podle způsobu chmelení
piva chmelená za studena, piva chmelená za varu
- podle způsobu kvašení
svrchně kvašená piva, spodně kvašená piva
- podle konečné úpravy
filtrovaná piva, nefiltrovaná piva
pasterovaná, nepasterovaná

Klasifikace pív podle Vyhlášky 248/2018

- stolní piva
extrakt původní mladiny ≤ 6 %
- výčepní piva
extrakt původní mladiny 7–10 %
- ležáky
spodně kvašená piva, extrakt původní mladiny 11–12 %
- plná piva
svrchně kvašená piva, extrakt původní mladiny 11–12 %
- silná piva
extrakt původní mladiny ≥ 13 %
- nízkoalkoholická piva
obsah alkoholu 0,5–1,2 %
- nealkoholická piva
obsah alkoholu $\leq 0,5$ %

© VŠCHT Praha 2021

Hořkost piva

se podle metody EBC určuje měřením absorpance isooktanového extraktu piva při 275 nm. Extrakce se provádí po okyselení piva kys. chlorovodíkovou na výslednou koncentraci 0,3 mol/l. Objemový poměr piva a 2,2,4-trimethylpentanu je 1:2.

Výsledek se vyjadřuje v jednotkách EBC (1 j. EBC odpovídá koncentraci hořkých látek v pivu cca 1 mg/l).

$$\text{Hořkost} = 50 \cdot A_{275 \text{ 1cm}} \quad [\text{j. EBC}]$$

Běžné hodnoty hořkosti: např. 10 % piva cca 22-28 j. EBC,
Prazdroj 12 % cca 34 j. EBC

Poznámka: stanovení hořkosti nelze provést, obsahuje-li pivo sacharin nebo konzervační látky (estery *p*-hydroxybenzoové kyseliny, sorbovou kyselinu, salicylovou kyselinu, benzoovou kyselinu)

Barva piva

se hodnotí buď vizuálně srovnáním s roztoky jodu (Brandova stupnice: 1°B odpovídá koncentraci I₂ 0,5 mmol/l) nebo spektrofotometricky měřením filtrovaného (filtr 0,45 μm) zředěného piva při 430 nm (*A* musí být <0,8):

$$\text{Barva piva} = 25 \cdot \text{zřed'ovací poměr} \cdot A_{430 \text{ 1cm}} \quad [\text{jednotky EBC}]$$

světlá piva	8 – 12 j. EBC
polotmavá piva	20 – 40 j. EBC
tmavá piva	60 – 120 j. EBC

Zákal piva

se určuje buď vizuálně nebo objektivně nefelometrickým měřením poměru světelného toku rozptýleného vzorkem (úhel 90°) ke světelnému toku zeslabenému v přímém směru.

Kalibrace se provádí s použitím standardní formazinové suspenze s hodnotou 1000 zákalových jednotek EBC (vznikne smísením stejných objemů roztoku $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ 10 g/l a hexamethylentetraminu 100 g/l a stáním po dobu 24 h). Ředěním se připraví kalibrační suspenze 0,5-2,5 j. EBC.

Vyhodnocení:

- čiré pivo (<0,4 j. EBC)
- téměř čiré bez jiskry (0,4-1,0 j. EBC)
- slabě zakalené pivo (1,0-2,0 j. EBC)
- pivo zakalené středně až silně (nad 2,0 j. EBC)

Pěnovost piva

je schopnost piva vytvářet pěnu po nalití do konzumní sklenice; zkušební sklenky mají mít výšku 105-110 mm, průměr 57-62 mm a musejí být dokonale odmaštěné.

Příprava vzorku: vychlazení piva v obalu na 15°C

Hodnotí se:

- 1) výška pěny
- 2) stabilita pěny: čas, který uplyne mezi vytvořením pěny a samovolným úplným zánikem pěny
- 3) kvalita pěny: vizuální zhodnocení pěny jako husté (velké množství malých bublin) nebo řídké (malé množství velkých bublin)

Oxid uhličitý

se stanovuje v pivu v originálním obalu (láhev s korunkovým uzávěrem) manometricky tj. měřením tlaku uvolněného CO₂; výsledek se koriguje vzhledem k obsahu vzduchu nad hladinou piva v láhvi.

Diacetyl a ostatní vicinální diketony (2,3-pentandion)

tyto látky se oddělí z piva destilací a v destilátu se stanoví spektrofotometricky po reakci s *o*-fenylendiaminem, který s vicinálními diketony poskytuje chinoxalinové deriváty.

Měří se A_{335} . Ke kalibraci se použije diacetyl.

Obsah diacetylu v pivu by měl být $\ll 0,25$ mg/l.

Hodnota 0,25 mg/l již negativně ovlivňuje aroma a chuť piva.

Tento výukový materiál je autorským dílem, které je chráněno autorským právem VŠCHT Praha.

Některé části přednášky vycházejí z autorských děl třetích osob, která VŠCHT Praha užívá pro účely výuky svých studentů na základě zákonné licence.

Obsah této přednášky je určen výlučně pro výuku studentů VŠCHT Praha.

Obsah přednášky nesmí být rozmnožován, zaznamenáván, napodobován, publikován ani jinak rozšiřován bez písemného souhlasu majitele autorských práv.

Autorské právo neporušuje ten student VŠCHT Praha, který výlučně pro svou osobní potřebu zhotoví záznam či napodobeninu díla nebo užije dílo jiným způsobem, který dle zákona autorské právo neporušuje.

© VŠCHT Praha 2021