

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělství

Specializace: Zpracování produktů

Katedra: potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

SUROVINY NA VÝROBU PIVA

Historie, současnost a jejich benefity pro lidské zdraví

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec

Autor bakalářské práce: Vlastimil Nohejl

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Vlastimil NOHEJL
Osobní číslo: Z17355
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Zemědělství – Zpracování produktů
Téma práce: Suroviny na výrobu piva – historie a současnost a jejich benefity pro lidské zdraví
Zadávací katedra: Katedra potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Zásady pro vypracování

Cílem práce je rešeršně zpracovat tematiku výroby piva – klasické i netradiční suroviny (např. cibulové slupky, konopí technické, kotvičník zemní a jiné) a jejich specifika, která se mohou promítnout do finálního výrobku.

Bakalářská práce bude vypracována na základě aktualizovaných pokynů uvedených na http://www.zf.jcu.cz/copy_of_students/informace-pro-studujici podle následující rámcové osnovy:

1. Úvod – charakteristika a význam řešené problematiky
2. Literární přehled – současný stav poznání dané problematiky získaný studiem soudobé vědecké a odborné literatury
3. Cíl práce
4. Závěr – stručné shrnutí řešené problematiky případně doporučení pro další směřování
5. Seznam literatury – jednotný, podle platných citačních zásad

Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran
Rozsah grafických prací: dle tématu
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- BASAŘOVÁ, Gabriela. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.
- DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC. Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2014, 425 s. ISBN 978-80-7418-208-2.
- GOODMAN, Michael K a Colin SAGE. Food transgressions: making sense of contemporary food politics. Farnham: Ashgate, c2014, xiv, 250 s. ISBN 978-0-7546-7970-7.
- Odborné databáze, knihy a periodika (např. WOS, Česká zemědělská bibliografie, CAB Abstracts, PROQUEST) dostupné na: <http://www.lib.jcu.cz/cs/database>
- případně další zdroje.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
Katedra potrav. biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Konzultant bakalářské práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec
Katedra potrav. biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Datum zadání bakalářské práce: 14. dubna 2020

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2020



doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1668, 370 05 České Budějovice





doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 30. 6. 2020

.....

Vlastimil Nohejl

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává formou rešerše o pivovarství od jeho prvopočátků až do dob současných. Detailně je zde charakterizována problematika výroby, zpracování, členění a složení pivovarských surovin či možnost využití alternativních rostlinných složek ke vzniku netradičních piv. V další kapitole je nastíněn průběh výroby piva s důrazem na jednotlivé technologické úkony a důležité rmutovací teploty. Jelikož je pivo přírodní, nutričně bohatou, fermentovanou potravinou, finální část je zaměřena na jeho zdravotní přínosy pro lidské tělo.

Klíčová slova: pivo, slad, chmel, kvasnice, voda, technologie výroby, pivovarnictví, pivo a zdraví

Abstract

This bachelor's thesis outlines the evolution of brewing from its outset to the present time. The aspects of production, processing, division, and composition of raw brewing materials are described in detail as well as the possibility of using alternative plant components to create non-traditional beers. The next chapter outlines the process of beer production with the emphasis on the individual technological operations and the importance of mashing temperatures. Since beer is a natural, nutritionally rich, fermented beverage, the final part of the thesis examines its health benefits.

Key words: beer, malt, hops, yeast, water, production technology, brewing, beer, and health.

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Vznik a historie výroby piva.....	9
3.1.1	Pivo a Mezopotámie	9
3.1.2	Pivo ve starověkém Egyptě.....	10
3.1.3	Pivo v Čechách.....	10
3.2	Suroviny pro výrobu piva	12
3.2.1	Historie výroby sladu.....	12
3.2.2	Sladovnický ječmen.....	12
3.2.3	Historie chmele	24
3.2.4	Chmel otáčivý	25
3.2.5	Voda.....	31
3.2.6	Historie pivovarských kvasinek	32
3.2.7	Pivovarské kvasinky	32
3.2.8	Alternativní suroviny a jejich biologická aktivita	33
3.3	Výroba piva.....	35
3.3.1	Příprava mladiny	35
3.3.2	Kvašení a dokvašování	38
3.4	Biologická aktivita piva a jeho surovin	39
4	Závěr	40
5	Seznam použité literatury a zdroje.....	42
6	Seznam použitých zkratk.....	47

1 Úvod

Historie fermentovaných nápojů sahá až do počátků lidské civilizace a pivo bylo od počátku jedním z nich, ne-li prvním. Cesta od náhodně zkvašeného obilí k dnešnímu pivu tak, jak ho známe, byla dlouhá více než 15000 let a za tu dobu vznikl díky rozvoji vědy a technologií nespočet poznatků, díky nimž si dobré a kvalitní pivo dokážeme uvařit i v pohodlí domova.

Pivo a jeho výroba jsou s českým národem spjaty již po staletí, napovídá tomu i fakt, že průměrná spotřeba piva na osobu za rok v České republice činí kolem 140 l za rok. Ačkoli je pivo pevně spjato s naší kulturou, ne každý si uvědomí, jak dlouhá cesta vede k jeho výrobě a na co vše je potřeba dbát, aby výsledek odpovídal požadované kvalitě. Tato rešerše přiblíží, čím vším si musí projít pivovarské suroviny před a při výrobě tohoto nápoje, čím je možné tradiční suroviny obohatit, či nahradit a nakonec nastíní základní informace o přínosu piva pro lidské zdraví.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je podání informací o historii a současnosti piva a pivovarských surovin, o jejich vlastnostech a chemickém složení a nakonec o zdravotních benefitech, které látky piva a jeho surovin přinášejí.

3 Literární rešerše

3.1 Vznik a historie výroby piva

V první polovině 20. století bylo známo, že pivo má svou kolébku v Egyptě a že z Egypta se šířilo do ostatních zemí. Tato domněnka však byla vyvrácena archeologickými nálezy ze starověké Mezopotámie, podle kterých dokázali vařit pivo již Sumerové. Český orientalista a objevitel Bedřich Hrozný (1879-1952) ve svých pracích též dokládá, že v Mezopotámii se pivo vařilo v období 4000–3000 let před našim letopočtem (Chládek, 2007a).

Dle současných studií je předpokládáno, že výroba piva sahá až do období 10000-15000 let před Kristem, tedy do doby, kdy se naši předkové začali usazovat a cíleně pěstovat obilí pro vlastní obživu (2007a).

Za zmínku stojí tři možné teorie vzniku piva, ze kterých všechny mohou být pravdivé a prakticky mohly všechny proběhnout nezávisle na sobě na různých místech, přibližně ve stejné době. Dle první teorie vzniklo pivo tak, že někdo zapomněl nádobu s obilnou kaší mimo své obydlí, do kaše se dostala dešťová voda a na sluníčku pak došlo ke zkvašení této směsi. Druhá teorie říká, že kdosi rozkousal pro nemocnou osobu chléb a dal ho do vody, tento pokrm pak zůstal v teple a samovolně vykvasil. Dle třetí hypotézy došlo k tomu, že ve starověké pekárně zůstal zbytek těsta ve vodě, opět došlo k fermentaci a nálezcí tento náhodný produkt zachutnal (2007a).

3.1.1 Pivo a Mezopotámie

V období 6000 let před Kristem bylo toto území, ležící mezi řekami Eufrat a Tigris, osídleno nejstarší lidskou civilizací, Sumery, kteří začali s výrobou piva. První přímá písemná zmínka o pivu pochází z „Hymny bohyně Ninkasi“ (přibližně 4000 let před Kristem). Tato bohyně byla Sumery považována za bohyni piva. V této hymně je uveden postup výroby piva použitím chleba z ječmene – upečený chléb „bapiru“ se rozdrobil do nádoby s vodou a nechal se kvasit. V té době zatím nebyl znám chmel, hořké chuti se dosahovalo pražením obilí v popelu (Chládek, 2007a).

Další písemná zmínka o pivu je v „Eposu o Gilgamešovi“, který sahá do třetího tisíciletí před Kristem. Zde se uvádí, že Gilgameš pošle primitivnímu stvoření mezi člověkem a opicí, jménem Enkidu, krásnou ženu, která ho má naučit rozeznat své přednosti a nedostatky. Je mu řečeno, aby pil pivo, jelikož je to zvyk lidí jejich země a Enkidu se po vypití sedmi džbánek piva promění v člověka (Chládek, 2007a).

Po pádu Sumerské říše se vlády a sumerské kultury, tím pádem i vaření a pití piva, ujali Babyloňané. Ti údajně znali výrobu až 20 druhů piv. Výše zmíněný český orientalista Hrozný navíc rozluštěním chrámové tabulky v obrázkovém písmu, pocházející z 25. – 24. století před Kristem, vyčetl, že jak Sumerové, tak Babyloňané znali jak výrobu piva, tak výrobu sladu. V tabulkách rozluštil i recepty na tehdejší výrobu různých piv (Chládek, 2007a).

Z období Babylonu na přelomu 18. a 17. století před naším letopočtem vzniká nejstarší dochovaný zákoník, vydaný králem Chamurapim. V tomto zákoníku jsou uvedeny tresty, týkající se nevhodného čepování a falšování piva (Chládek, 2007a).

3.1.2 Pivo ve starověkém Egyptě

O pivovarství v Egyptě je naštěstí dochováno mnoho písemných dokumentů. Při vykopávkách nedaleko Káhiry byly nalezeny pozůstatky pivovaru a pekárny, archeologický tým Yaleovy univerzity odhadl stáří těchto objektů na 4500 let. Tyto objekty byly spojené proto, že výroba piva probíhala obdobně jako v Mezopotámii, tedy zkvašením hotového chleba s vodou (Chládek, 2007a).

Pivo bylo považováno za dar boha Re (stvořitel všech bohů a lidí) a bylo zváno „hek“ nebo „zythum“ („vino z ječmene“). Později měli Egyptěané za vynálezce piva boha jménem Osiris a v budoucnu převzali kult bohyně Ninkasi, tedy sumerské bohyně piva. Tento objev dokládá, že v Mezopotámii se pivo vařilo dříve, než v Egyptě (Chládek, 2007a).

Pivo bylo konzumováno všemi společenskými vrstvami, představovalo jeden z hlavních pokrmů. Sloužilo též jako měna, později se stalo obětním darem věnovaným kněžím a jejich studentům. Dále pivo sloužilo přídavek do léků – pomáhalo při zácpě, používalo se při paradontóze nebo dokonce při uštknutí štírem či dalších chorobách (Chládek, 2007a).

Za vlády řecko-makedonské dynastie Prolemaiiovců (323-30 př. n. l.) začalo zavádění státních pivovarů. Toto období bylo považováno za zlatý věk pivovarnictví (Chládek, 2007a).

3.1.3 Pivo v Čechách

Do Evropy se znalost vaření piva rozšířila z Egypta, důkazy pocházejí až z roku 800 př. n. l. V této době však stále nebyl pro výrobu piva používán chmel. (Hasík, 2013). K ochucení piva se používala směs koření bylin zvaná „gruut“ nebo „gruit“, která nejčastěji obsahovala řebříček, rojovník a voskovník, používal se však i blín či rulík zlomocný a jejich použití občas vedlo

k závažným otravám. Tyto směsi dodávala většinou církev, časem se šlechtě podařilo prosadit používání chmele. (Verberg, 2018)

Ve středověku bylo pivo klasickým domácím produktem (Chládek, 2007a), vařit ho mohli všichni měšťané i šlechta. V budoucnu se však začala omezovat práva na vaření piva a počet „právovárečníků“ podstatně klesl (Hasík, 2013). Předmětem obchodu se pivo stalo až koncem 9. století (Hajn, 2002).

Původní pivovary na našem území byly zakládány v kláštorech. Existují spekulace, že první pivovar byl založen s prvním klášterem u nás, a to roku 970 konventem benediktinek u sv. Jiří na Pražském hradě. V té době bylo vaření piva výhradně ženskou prací. Druhý pivovar, již historicky doložený, vznikl v druhém nejstarším klášteře v Břevnově roku 993 (Chládek, 2007a).

Největším českým pivovarským inovátorem 18. století byl František Ondřej Poupě (1753-1805), který zavedl používání teploměru při výrobě piva, dále pak vynalezl „pivní váhu“, jakožto předchůdce sacharometru a roku 1798 založil v Brně první sladovnickou školu. Také dbal na to, aby pivo bylo vyráběno převážně z ječného sladu a inicioval, aby byl mačkač na slad přímo v pivovaru (Basařová, 2010a).

Za největší milník českého pivovarnictví se dá považovat založení Měšťanského pivovaru v Plzni roku 1839. K tomuto aktu se plzeňští podnikatelé rozhodli proto, že kvalita plzeňského piva byla na velmi nízké úrovni. V ČR se do té doby vařilo pivo převážně svrchně kvašené, tedy kvasilo při teplotě 20 °C. Roku 1842 byl pozván do nově postaveného Plzeňského pivovaru bavorský sládek Josef Groll (1813-1887), který zde uvařil první várku za pomoci spodních kvasnic (teplota kvašení = 10 °C), zvýšil dávkování chmele a nenechal prokvasit celý podíl extraktu (Chládek, 2007a). Vzniklo tak pivo doposud nevídané kvality a chuti. Grolla si posléze najímali ostatní pivovary a v Čechách se tak rozšířil nový český ležák plzeňského typu. Roku 1884 tak bylo na našem území 927 pivovarů a spodní kvašení používalo 925 z nich (Hasík, 2013).

3.2 Suroviny pro výrobu piva

Dle vyhlášky č. 248/2018 Sb. (vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí) se rozumí pivem „pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo chmelových výrobků, který vedle kvasným procesem vzniklého etanolu a oxidu uhličitého obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu.“

3.2.1 Historie výroby sladu

Není přesně známo, kdy a kde se obiloviny začaly sladovat dle dnes známých principů, tedy máčením, klíčením a následným sušením. Nejspíše se tak stalo náhodou, kdy někdo ochutnal klíčící navlhlé zrno a zjistil, že se snadněji rozmělní v ústech, tudíž se lépe zpracovává pro výrobu piva a jiných kvašených nápojů (Basařová, 2015a).

Na našem území je pěstování ječmene písemně doloženo z roku 1227, používal se na výrobu krup, chleba, pro výrobu piva byl však v té době pouze jako vedlejší surovina, dominovalo používání pšenice na pivo tzv. “bílé” (Kosař *et al.*, 2000a). Sladování ječmene oproti pšenici se začalo rozšiřovat v 17. století. V této době se přestal používat i oves setý, který byl využíván pro výrobu speciálních piv. Od 18. století se v Českém království připravoval převážně slad z ječmene, za což mohl pivní reformátor František Ondřej Poupě, který razil heslo: “pšenice na koláče, oves koňům a ječmen na pivo” (Basařová, 2010a). Termín sladovnický ječmen pochází ze 40. let 19. století a označuje se jím kvalitní jarní ječmen, určený výhradně pro sladování a v rámci pivovarnictví vzniklo nové průmyslové odvětví – výroba sladu (Kosař *et al.*, 2000a).

3.2.2 Sladovnický ječmen

Ječmen setý (*Hordeum vulgare*) taxonomicky patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Tato čeleď je jedna z nejpočetnějších čeledí třídy jednoděložných rostlin, patří sem všechny nám známé druhy obilnin, využívané v potravinářském či krmivářském průmyslu. Pro sladovnickou činnost se nejčastěji využívá jarní ječmen setý dvouřadý – *Hordeum vulgare* convar. *distichon* (Basařová, 2015b).

Rostlina ječmene je tvořena z kořenové soustavy (4-10 kořínků), stébla (4-8 internodií, 80-130 cm), listů a květu. Květenstvím je složený klas z 15-20 klásků. Klásek chrání dvě plevy s osinou, květ je objímán pluchou a pluškou. Obilka je složena z obalových vrstev (plucha,

pluška, oplodí a osemení), zárodku, ze kterého při hydrataci vzniká nová rostlina a endospermu (Kosař *et al.*, 2000a).

Endosperm zaujímá největší část obilky a obsahuje nejdůležitější látky pro výrobu sladu a piva. Svrchní vrstva se nazývá aleuronová vrstva, je složena převážně z bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. Vnitřní část endospermu je tvořena tenkostěnnými buňkami, ve kterých je uložena zásobní látka ječmene – škrob.

Mimo jarní sladovnické ječmeny se mohou pro sladovnictví používat i ozimé formy ječmene, ty však mohou způsobovat při výrobě piva technologické problémy.

Důležitou roli také hraje výběr vhodné odrůdy. Pod záštitou Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského vychází každoročně „Seznam doporučených odrůd“, kde je možnost dohledání aktuálních informací ohledně nových odrůd ječmene. V publikaci „Seznam doporučených odrůd 2019“ pro ječmen jarní se nachází 14 odrůd doporučených, 5 odrůd předběžně doporučených a 7 odrůd ostatních (ÚKZÚZ, 2019).

Složení ječmene / sladu

Škrob

Škrob se řadí mezi polysacharidy, v zrně se nachází hlavně v endospermu v tzv. škrobových zrnech. Stěny těchto zrn se skládají z neškrobnatých polysacharidů a proteinů. Tyto neškrobnaté polysacharidy se skládají z hemicelulóz, které jsou tvořeny řetězcem β -glukanů a pentoanů (Velíšek, 2009). Během klíčení dochází k cytolytické degradaci těchto složek.

Vlastní škrob se vyskytuje v malých (1-5 μm) a velkých (25-30 μm) škrobových zrnech. Je tvořen řetězcem amyloz (20-25 %) a amylopektinu (75-80 %). Základní složkou amylozy je disacharid maltóza (sladový cukr), amylopektin je tvořen glukózovými jednotkami po 7-15 jednotkách (Basařová, 2010a).

Dusíkaté látky

Do této skupiny řadíme nerozpustné vysokomolekulární složky (proteiny), polypeptidy i jednoduché aminokyseliny. V ječmeni by se mělo optimálně vyskytovat přibližně 11 % bílkovin, ty jsou tvořeny 21 aminokyselinami. Procentuální zastoupení jednotlivých frakcí:

- 12,1 % albuminy;
- 8,4 % globuliny;
- 25 % prolaminy (hordein);
- 54,5 % gluteliny (Basařová, 2010a).

Albuminy jsou rozpustné ve vodě a koagulují při 52 °C. V pivovarství napomáhají pěnivosti piva. Globuliny koagulují při 90 °C, v pivu se mohou podílet na tvorbě nebiologického kalu, který je při výrobě nežádoucí. Hordeiny jsou hlavní zásobní bílkoviny ječmene, bohaté na prolin a glutamin. Při rmutování se díky enzymovým reakcím polypeptidy z hordeinu vylučují do mláta. Gluteliny pocházejí z buněčných stěn a mají hydrofobní charakter, to způsobuje adsorpci lipidů, β -glukanů a pentozanů. Tyto proteiny, zvané gelové, mohou zhoršovat podmínky scezování (Nohejl, 2019).

Mezi další složky ječmene patří již zmíněné neškrobnaté polysacharidy (celulózy, hemicelulózy, glykany, lignin a další), lipidy (mastné kyseliny, fosfolipidy, lipopolysacharidy, lipoproteiny, acylglyceroly a další), polyfenolové sloučeniny a spoustu dalších látek. Procentuální zastoupení jednotlivých složek se vyskytuje v tabulce č. 1 (Kosař *et al.*, 2000a).

Tab. 1. Chemické složení obilky ječmene (Kosař *et al.*, 2000a):

Sacharidy:	Obilka:
Škrob	60-65 %
Sacharóza	1-2 %
Rafinóza	0,3-0,5 %
Maltóza	0,1 %
Glukóza	0,1 %
Fruktóza	0,1 %
Neškrobnaté polysacharidy:	
B-glukany	3,3-4,9 %
Pentozany	9 %
Celulóza	4-7 %
Tuky:	3,5 %
Fosfáty (fytin):	0,9 %
Polyfenoly:	0,1-0,6 %
Dusíkaté látky:	9,5–11,9 %
Rozpustné d. l.	1,9 %
Albuminy a globuliny	3,5 %
Hordeiny (prolaminy)	3-4 %
Gluteliny	3-4 %
Minerální látky	2 %

Ukazatel sladovnické jakosti

Od roku 1995 se odrůdy sladovnického ječmene hodnotí dle tzv. Ukazatele sladovnické jakosti (USJ). V roce 2002 na zasedání VÚPS, a. s. došlo kvůli rozvoji technologií a změnám ve sladovnictví k dílčím změnám v kritériích USJ (tabulka 1) – hodnotí se stupnicí od 9 do 1, kde 9 znamená optimální hranici a 1 hranici nepřijatelnou (Kosař a Psota, 2002).

Tab. 2. Hodnocené vlastnosti ječmene pro USJ (Kosař a Psota, 2002):

	Nepřijatelná hranice	Optimální hranice
	(1)	(9)
obsah bílkovin v zrně ječmene	9,5-11,7 %	10,2-11 %
extrakt v sušině sladu	81,5 %	83 %
relativní extrakt při 45 °C	35-53 %	40-48 %
Kolbachovo číslo	40-53 %	42-48 %
diastatická mohutnost	220	300
dosažitelný stupeň prokvašení	79 %	82 %
friabilita	79 %	86 %
obsah β -glukanů ve sladince	0,25 %	0,10 %

Každé z těchto kritérií má svou bližší specifikaci:

- obsah bílkovin v zrně ječmene – obsah bílkovin v sušině zrna ječmene v %;
- extrakt v sušině sladu – množství extrahovatelných látek v sušině ječmene v %;
- relativní extrakt při 45 °C – poměr extraktu získaného při teplotě 45 °C a extraktu získaného v kongresní sladince v %;
- Kolbachovo číslo – poměr rozpustných dusíkatých látek ve sladince k celkovému obsahu dusíkatých látek ve sladu, poukazuje na proteolytické rozluštění;
- diastatická mohutnost – enzymový potenciál sladiny, převážně β -amylasy, udává se v jednotkách WK;
- dosažitelný stupeň prokvašení – obsah zkvasitelných látek v %;
- friabilita – křehkost sladu v %;
- obsah β -glukanů ve sladince – obsah β -glukanů v % (Hartman *et al.*, 2017).

Sladování ječmene

Hlavním úkolem sladovacího procesu je syntéza a aktivace hydrolytických enzymů, které působí hlavně v průběhu klíčení a v počáteční fázi hvozdění. Díky těmto enzymům dochází při sladování, ale hlavně při rmutování k hydrolýze škrobu na jednodušší zkvasitelné cukry, což je jeden z nejdůležitějších úkonů při výrobě piva. (Hariri *et al.*, 2001).

Sladováním se rozumí řízené klíčení obilniny, při kterém se aktivuje enzymový aparát, který dokáže rozložit škrob na jednodušší zkvasitelné cukry. Je to proces, ve kterém probíhá řada vegetačních, strukturálních, fyzikálních, chemických a biochemických změn.

Základními technologickými procesy jsou:

- nákup, příjem, čištění a třídění;
- máčení;
- klíčení;
- hvozďení.

Ječmen si sladovny mohou koupit od pěstitelů nebo obchodních organizací, které se prodejem obilnin zabývají. Obě strany se musí být spojeny kupní smlouvou, která se řídí Občanským zákoníkem. V této smlouvě může sladovna specifikovat své požadavky, jako je odrůda ječmene, obsah bílkovin, vlhkost zrna, apod. K zásilce musí být k dispozici certifikát, který potvrzuje žádanou kvalitu výsledky analytických rozborů. Příjem probíhá z automobilů, valníků, vagónu, případně i lodí (kontejnery). V menších poměrech může být ječmen dodáván i v pytlích. Poté, co se dopravní prostředek zváží, probíhá transport ječmene pomocí dopravníků. Ty mohou být šnekové, pásové, pneumatické (sací systémy), řetězové nebo lze ječmen přijmout pomocí elevátorů či toboganů a shozů. (Basařová, 2015c).

Jelikož přijímaný ječmen obsahuje příměsi a nečistoty (kamínky, kovové částice, úlomky zrn, cizí zrna, apod.), musí být před uložením na půdách či v silech protříděn a vyčištěn. Dále následuje odprašnění a roztřídění dle žádané velikosti zrn. Na tyto procesy je třeba klást velký důraz, jelikož jsou předpokladem pro dobré skladovací podmínky a pro vyrovnanou kvalitu sladu.

První fáze – předčištění – probíhá v tzv. aspirátoru, kde dochází nejprve k odstranění hrubých částic (sláma, dřevo,...), dále se na jemnějších sítích oddělí písek a pomocí proudu vzduchu dojde k odstranění prachu (Basařová, 2015c). Pomocí magnetů se oddělí kovové části. Hlavním přístrojem při čištění je tzv. triér – válec, jehož plášť má vnitřní plášť osazen důlky (průměrem 6,75 mm), které z procházejícího ječmene vybírají zbylé příměsiny a zlomky zrn – ty padají do šnekového dopravníku a jsou transportovány do odpadních zásobníků (Kosař *et al.*, 2000).

Třídění probíhá buď na horizontální vibrační soustavě sít, kde dojde k propadu zrn dle velikosti perforace, nebo na válcovém třídíči ječmene, kde opět hraje roli velikost

perforace síta. Dle Basařové (2015c) se ječmen dělí podle velikosti na dvě třídy a odpad, který lze použít jako krmivo:

- I. třída (prima) – přední zrno, které se zachytí na sítích o šířce 2,5 mm délce 25 mm;
- II. třída (sekunda) – zrna zachycená na sítích o šířce 2,2 mm a délce 25 mm;
- propad (zadina) – jde o malá zrna a příměsi, které propadly na předešlých sítích.

Jako poslední je zařazeno odprašovací zařízení, které zbaví zrno malých prachových částic, které by mohly v budoucnu způsobit například mikrobiální infekci. Používají se prachové komory (pomalé, zastaralé), cyklony nebo určité druhy filtrů.

Pokud má ječmen v této fázi vyšší vlhkost než 15 %, je ho nutné dosušit nejlépe teplým vzduchem v průtokových nebo vakuových sušičkách. Doporučená maximální teplota vzduchu je 50 °C. Ječmen skladovaný na půdách by měl dosáhnout hodnoty vlhkosti 12 % a ječmen skladovaný v silech 14 %. Při vyšších hodnotách je riziko plísňové či jiné mikrobiální kontaminace (Basařová, 2015c).

Vyšší teploty zároveň urychlí dormanci ječmene, což je několikátýdenní (4–6 týdnů) období po sklizni, kdy v obilkách působí inhibitory klíčení, dorminy. Aby zrno začalo klíčit, musí se tyto látky oxidačně degradovat při posklizňovém dozrávání (Basařová, 2015d). Po degradaci těchto inhibitorů začnou působit aktivátory klíčení, tzv. gibbereliny.

Máčení ječmene je prvním a zároveň velmi důležitým krokem vlastního procesu sladování ječmene. V tomto procesu dodáme zrnu potřebnou vegetační vodu, která je důležitá pro klíčení a cytolytické rozluštění ječmene (u správně rozluštěného zrna došlo k degradaci buněčnýchstěn škrobového zrna). Jde o řízené zvýšení obsahu vody v zrnu, z 12–15 % na 44–50 %, dle kvality a odrůdy ječmene či druhu vyráběného sladu. Tento proces trvá 2-3 dny. Na jednu tunu ječmene se při máčení spotřebuje přibližně 900 l vody (Kosař a Psota, 2000b).

Před vlastním máčením je vhodné provést proprání zrna. Tím dojde k odstranění splavků a do vody se vylouhují i určité složky obilky, jako jsou aminokyseliny, sacharidy, fenolické nebo minerální látky a další. Zařízení, ve kterém probíhá máčení, se nazývá náduvník a nachází se v máčírně. Principiálně jde o nádrž, ve které se smísí voda s ječmenem. Původně se používaly náduvníky kamenné, později betonové či železobetonové, dnes se však výhradně používají náduvníky z kovu. Spodní část náduvníku může být kónická (úhel 45°) nebo plochá s perforovaným dnem kvůli vypouštění a napouštění máčecí vody. Ve spodní části náduvníku musí být zařízení na přívod kyslíku, aby zrno mohlo „dýchat“. Pokud by zrno nemělo přísun

vzduchu, došlo by k tzv. intramolekulárnímu dýchání, které může způsobit poškození nebo dokonce umrtvení zárodku. Dále je nutný odvod CO₂ a možnost regulace teploty. Součástí moderních sladoven jsou i tzv. pračky ječmene. Jde o nakloněnou válcovou nádobu se šnekovým dopravníkem, ve kterém protiproudě prochází zrno a voda, tím dojde k očištění zrna (Prokeš, 2000c).

Zrno přijímá vodu hlavně embryem a okolím embrya, později i semipermeabilní soustavou blan, která se nachází v oplodí a osemeni. Zprvu probíhá příjem vody velmi rychle, čím je však vlhkost vyšší, tím se příjem zpomaluje z důvodu bobtnání škrobových a koloidních látek zrna (Prokeš, 2000c).

Teplota máčecí vody hraje důležitou roli, při vyšší teplotě sice dojde k rychlejšímu navýšení vlhkosti zrna, je ovšem zvýšené riziko mikrobiální kontaminace. Pro fyziologicky nezralý ječmen (částečně dormantní) se doporučuje teplota 12 °C, pro fyziologicky zralejší ječmen se doporučuje teplota cca 16-18 °C. Dalšími faktory rychlosti příjmu vody jsou velikost zrna, struktura zrna, genotyp ječmene, intenzita okysličení, apod. V dnešní době se nejčastěji využívá proces máčení se vzdušnými přestávkami (tabulka 3) se vzdušením a odsáváním CO₂ (Briggs, 2004a).

Tab. 3. Příklad vzdušného máčení s odsáváním CO₂ (Basařová, 2015e)

Fáze máčení	Postup	Obsah vody v zrně (%)
předmáčení	napuštění prací vody a odstranění splavků	
1. máčení	2-6 hodin pod vodou, vzdušná přestávka 10-18 hodin bez vody, dvojí periodické odsávání CO ₂ ke konci vzdušné přestávky	30-32 %
2. máčení	6-10 hodin pod vodou, vzdušná přestávka 10-14 hodin (do vsáknutí filmu vody na povrchu zrna), během celé vzdušné přestávky periodicky po 2-3 hodinách odsávání CO ₂	38-42 %
3. máčení	4-6 hodin pod vodou, vypouštění vody (suché vymáčení), přestávka asi 3-4 hodiny na odkapání vody a vypouštění domočeného ječmene na humno; při mokřém vymáčení do bubnů nebo skříní se vypouští zrna z náduvníku s poslední máčecí vodou	42-45 %
celková doba	cca 50-65 hodin	v závislosti na teplotě máčecí vody a citlivosti ječmene na vodu

Při klíčení dochází za určitých podmínek k chemickým, biochemickým, fyziologickým a fyzikálně-chemickým změnám v zrně, tyto růstové změny následně vedou k degradaci vysokomolekulárních zásobních látek. Přeměny jsou podmíněny syntézou a aktivací příslušných enzymů (Basařová, 2015f). Zvýšení obsahu či syntéza nových enzymů je iniciována fytohormony, které jsou obvykle tvořeny kyselinou giberelinovou (Palmer, 2006a).

Za nejdůležitější enzymy v této fázi považujeme enzymy amylolytické (α -amylasa a β -amylasa), a to z důvodu, že při rmutování za určitých teplot přeměňují škrob na jednodušší zkvasitelné cukry. α -amylasa se v zrně tvoří od 2. do 4. dne klíčení, β -amylasa je v zrně v malém množství přítomna, od 2. dne klíčení se však její množství začne zvyšovat (Prokeš, 2000d). Dalšími neméně důležitými jsou enzymy degradující buněčné stěny škrobových zrn, které jsou tvořeny především hemicelulázami, což jsou polysacharidy složené z β -glukanů a pentozanů.

β -glukany v roztocích zvyšují viskozitu, proto mají při výrobě sladiny negativní vliv na průběh scezování (Palmer, 2006a; Basařová, 2015f).

Některé nízkomolekulární látky jsou během klíčení nenávratně spotřebovány k výživě zárodku a tvorbě klíčku a kořínků. U plzeňského sladu by měl klíček (střelka) dosahovat 2/3 velikosti a u tmavších sladů 3/4 velikosti zrna (Prokeš, 2000d).

Důležitým faktorem je teplota a relativní vlhkost v průběhu klíčení. Při 16 °C dochází k lepší proteolýze a slady, které klíčí při této teplotě, mají nakonec i větší podíl amyláz, poskytnou tak více zkvasitelných cukrů, než slady klíčené při 20 °C (Palmer, 2006a). V praxi se můžeme setkat se studeným klíčením – teplota nepřesáhne 12 °C (energeticky náročnější), s klíčením při střední teplotě – teplota se pohybuje mezi 14-18 °C a s klíčením teplým, kde se používá vyšší teplota, neměla by však přesáhnout 22 °C. Teploty je možné udržovat vzestupně či sestupně regulovat, nebo je držet konstantně (Prokeš, 2000d). Relativní vlhkost vzduchu by měla být 100 %, aby nedocházelo k vysoušení zrna (Palmer, 2006a). Dále hraje velkou roli stupeň domočení ječmene, pro výrobu plzeňského světlého sladu se doporučuje stupeň domočení 42-45 %, pro výrobu tmavého 44-50 % (Basařová, 2015f). Závisí také na používané technologii – při humnovém způsobu se doporučuje domočení 44 %, v pneumatických sladovadlech 42 % (Prokeš, 2000d).

Klíčení se dle tradičně rozděluje do několika stádií:

- mokrá hromada – ječmen je nastřen na humna nebo do klíčidel po máčení;
- suchá hromada – cca 24 hodin po vymáčení, dochází k intenzivnímu dýchání zrna, voda z povrchu zrn se vsákne nebo vypaří, je nutné dodávat vzduch, na obilkách se začínají ukazovat očka (špičky kořínků);
- pukavka – zvýšená potřeba dodávání vzduchu, hromada se výrazně potí (zřetelné kapky na zrnech), voní po okurkách, dochází k dalšímu růstu kořínků;
- mladík – probíhá nejintenzivnější dýchání zrna, v hromadě musí být dostatek CO₂, aby nedošlo ke ztrátám extraktu dýcháním či nadměrným růstem kořínků, v této fázi začíná proteolytické a cytolytické luštění zrna díky enzymatickým přeměnám;
- vyrovnaná hromada – vyrovná se délka kořínků a střelky, snížená intenzita dýchání a dochází k doluštění zrna;
- stárnutí hromady – dochází k postupnému zavádání kořínků, střelka dorůstá do 2/3 velikosti obilky, vyšší obsah CO₂ tlumí vegetační projevy zrna;

- stará zavadlá hromada – jde o poslední fázi klíčení, při kterém získáme zelený slad (Basařová, 2015f; Prokeš, 2000d).

S těmito stádii se setkáváme při výrobě sladu humnovým způsobem, který je pro nás sice tradičním, ale i při částečné mechanizaci stále převažuje namáhavá ruční práce a výsledné množství vyrobeného sladu není tak vysoké jako u moderních pneumatických sladovadel, které nakonec díky novým technologiím a mechanizaci poskytnou stabilnější výnosy a vyšší homogenitu produktu. Zatížení sladu na humnech bývá 20-30 kg.m⁻², naproti tomu v pneumatických sladovadlech je možnost zatížení až 800 kg ječmene na m² (Prokeš, 2000d). Pneumatická klíčidla se dělí na bubnová, skříňová, horizontální a šachtová. Jejich součástí bývá vlastní klimatizovaná komora (buben), zařízení pro čištění, mísení, temperaci a regulaci vlhkosti vzduchu, ventilátory na přísun a odtaž vzduchu a zařízení na kropení ječmene vodou. Zelený slad vzniklý klíčením dále přesuneme do další fáze – hvozdění (Basařová, 2015f).

Hvozdění, neboli sušení, znamená snížení obsahu v zrně po 4 %, při kterém dojde k ukončení vegetačních pochodů v zeleném ječmenu. Je však nutné dbát na správný technologický postup, aby v zrně zůstala dostatečná enzymová aktivita a aby došlo k vytvoření specifických chuťových, barevných a oxidačně-redukčních látek. Pokud vyrábíme slady karamelové, tmavé a barevné, po hvozdění zařadíme i proces pražení sladu (Basařová, 2015g).

Chemické a biochemické změny v průběhu hvozdění se dají rozdělit do tří fází:

- růstová fáze – obsah vody v zrně je dostačující pro to, aby dále probíhaly vegetační pochodů;
- enzymatická fáze – snížení obsahu vody po 20 %, teplota se pohybuje mezi 40-60 °C, dochází k zastavení vegetačních pochodů, stále však probíhají amylolytické a proteolytické reakce;
- chemická fáze – obsah vody se dostává pod 10 %, teplota je vyšší než 60 °C, v zrně vznikají specifické barevné, chuťové a aromatické látky dle druhu sladu (Prokeš, 2000e).

Technologicky se procesy hvozdění dělí na:

- předsoušení – u světlých sladů jde o snížení vlhkosti z přibližně 40-45 % na 10-12 %, maximální teplota by dle Prokeše (2000e) neměla přesáhnout 55 °C, Davies (2006a) však udává, že předsoušení lze zahajovat u některých sladů při 65 °C. V této fázi se z většiny zbavujeme tzv. volné vody, která se vyskytuje hlavně na povrchu ječmene;

- zvyšování teplot a dotahování – v této fázi se zbavujeme tzv. vody vázané, která se nachází uvnitř zrna v kapilárních systémech. Dochází ke zvyšování teploty a zpomalení rychlosti proudění vzduchu, dle druhu vyráběného sladu se finální teploty pohybují až kolem 80-90 °C (2006a).

Jak již napovídá název, hvozdění probíhá v tzv. hvozdu. Dříve se používaly hvozdy více lískové, dnes jsou k vidění převážně jedno lískové, šachtové či pásové, semikontinuální či kontinuální hvozdy. Hvozd musí disponovat výhřevnou jednotkou, rekuperátory tepla, větracím systémem a regulačními ovládacími prvky. V současné době se z jakostních důvodů používá zásadně nepřímý ohřev čistým vzduchem.

Po vlastním hvozdění se provádí odklícení sladu na odkličovacím zařízení. V něm se mechanicky oddělí klíčky a kořínky, rozdrčené obilky a oddělené pluchy. Čerstvý slad posléze skladujeme tak, aby došlo k mírnému navýšení vlhkosti za předpokladu zvýšení elasticity pluch.

Druhy sladů

V dnešní době se v České republice i ve světě setkáme s nepřeberným sortimentem jak menších řemeslných, tak velkých průmyslových sladoven a záleží už jen na nás, jakou cestou se při výrobě piva či jiných sladových nápojů vydáme. Při tvorbě receptu je pro nás kromě extraktivnosti a dalších vlastností sladu důležitá i hodnota barvy kongresní sladiny, ta se udává v jednotkách EBC.

V pivovarském světě, tak jak ho dnes známe, jsou základem většiny druhů piv dva typy sladů, které se dále kombinují s ostatními (karamelový slad, mnichovský slad, melanoidní slad a jiné) podle pivního stylu, na který se soustředíme. Pro spodně kvašená piva plzeňského typu je to obecně slad světlý plzeňský a pro svrchně kvašená piva typu ale je to slad pale ale.

Plzeňský slad

Tento slad je využíván převážně pro výrobu piv spodně kvašených, plzeňského typu. Barva kongresní sladiny se většinou pohybuje mezi 3-4 EBC, po povaření stoupne na 5-6 EBC (Basařová, 2015). Teploty dotahování při hvozdění bývají 80-85 °C (Basařová, 2011a).

Pale ale

Barva kongresní sladiny bývá 4-6 EBC, je tedy o něco tmavší než slad plzeňský, má však nižší diastatickou mohutnost (Palmer, 2006a). Vyšší barvy se dosáhne díky mírně vyšší teplotě dotahování (85-95 °C). Využívá se hlavně v anglosaských zemích na piva typu ale.

Mnichovský slad

Již se uvádí mezi tmavé slady, hodnota barvy kongresní sladiny je 11,0-17,3 EBC. Zelený slad pro výrobu mnichovského je více rozluštěný a teploty dotahování jsou 105-110 °C (Basařová, 2011a).

Karamelový slad

Tyto slady obsahují velké množství barevných a aromatických látek a nízkou enzymovou aktivitu. Vyrábějí se buď z hotového nebo zeleného sladu ve speciálních rychlopražicích bubnech při teplotách 120-180 °C (Basařová, 2015g). Dle výrobce se dělí na několik druhů, od nejsvětlejšího po nejtmaší a barevný rozsah těchto sladů může být od 4 do 120 EBC (2015g).

Barevný slad

Tento druh sladu se přidává do sypání při výrobě výrazně tmavých piv, je však třeba dbát na nízké množství, barva kongresní sladiny těchto sladů může být vyšší než 1300 EBC (Basařová, 2015g).

Další slady, náhražky sladu

Na trhu je dnes možné najít spoustu jiných sladů pod různými názvy, proto je důležité vědět, jaké možnosti nabízí lokální výrobci či dodavatelé. Mezi další slady patří například pšeničný slad, žitný slad, ovesný slad, čokoládový slad, nakuřovaný slad, melanoidní slad a mnoho jiných (Basařová, 2015g).

Mimo sladu je možnost využití i nesladovaných surovin, při výrobě belgického piva typu „Witbier“ se používá až 50 % nesladované pšenice (Novotný, 2017a).

3.2.3 Historie chmele

Chmel má pravděpodobně svůj původ na území nížin Kavkazu a v oblastech kolem Černého moře. Do Evropy se z těchto míst začal šířit v 5. století našeho letopočtu a první písemné spisy z Čech pocházejí z 8. a 9. století. Za dob vlády Karla IV. došlo k velkému rozvoji v chmelařství,

Karel IV. věděl o vysoké kvalitě českého chmele, proto zakázal vývoz sazenic mimo Českou zemi (Nesvadba *et al.*, 2013). Už od 15. století byl žatecký chmel považován za světový standard kvality. Během roku 1750 až 1769 byla císařovnou Marií Terezií nařízena právní ochrana a známkování chmele určitými patenty. První československý proveniační zákon vznikl 1921, dle něj se známkoval chmel dle oblastí (Žatecko, Roudnicko, Dubsko, Tršicko), později dle zákona 97/1957 Sb. došlo k odebrání Roudnicka jakožto pěstební oblasti (Basařová, 2010a).

3.2.4 Chmel otáčivý

Chmel je dvoudomá rostlina, která pivu dodává charakteristickou hořkou chuť a vůni. Taxonomicky patří do čeledi konopovitých (*Cannabaceae*) a dle Basařové (2010a) ho dělíme podle genetických znaků do tří skupin:

- chmel otáčivý (*Humulus lupulus*);
- chmel japonský (*Humulus japonicus*);
- chmel oplétavý (*Humulus scandens*).

Chmel japonský a oplétavý se pěstuje spíše pro estetické účely. Pro pivovarnictví se využívají sušené či granulované hlávky samičích rostlin chmele otáčivého, ty se dále dělí dle pigmentace anthokyanů (červené přírodní barvivo) na červeňáky a zeleňáky (Basařová, 2010a). Zřejmě nejznámější českou odrudou je Žatecký poloraný červeňák, který se využívá po celém světě při výrobě celé škály piv, ovšem jeho hlavní místo je v českém ležáku plzeňského typu. Šlechtěním vzniklo a stále vzniká nepřeberné množství odrud a každé mají své specifické vlastnosti – hořkost, aroma, vůni, chuť.

Rostlina je tvořena mohutnou kořenovou soustavou (až 6 m do hloubky), révou (šestiúhelníkový průřez, pravotočivě se vine do výšky až 8 m), listy a květonosnými větévkami se samičím květenstvím. Tato květenství se během zrání mění na chmelové hlávky (Basařová, 2010a; Čepička a Kubíček, 2000f).

Chmelová hlávka je tvořena stopkou a centrálním věténkem, ze kterého rostou krycí a pravé listeny. Jak napovídá název, krycí listeny mají pouze krycí funkci. Na pravých listenech se tvoří žlutá a lepivá zrnka lupulinu (Roberts a Wilson 2006b). Ty obsahují chmelové silice a pryskyřice, které se technologicky řadí mezi nejcennější složky chmele. Nejdůležitějšími hořkými látkami chmele jsou tzv. α -hořké kyseliny, jejich rozpustnost však není vysoká. Při chmelovaru dochází k izomeraci těchto látek, do piva se tedy dostávají ve formě izo- α -hořkých kyselin, které do roztoku přechází snadněji (Basařová, 2010a).

Jak již bylo zmíněno, nejznámější odrůdou je v Čechách (i ve světě) Žatecký poloraný červeňák, mezi další oblíbené odrůdy patří například Sládek, Agnus, Kazbek, Bohemie, Premiant (Nesvadba, 2013b).

Složení chmele

Chemické složení chmele vždy závisí na odrůdě chmele, původu, způsobu a podmínkách pěstování, na posklizňové úpravě apod. Za nejdůležitější látky z pivovarského hlediska můžeme označit polyfenoly, silice a chmelové pryskyřice. Tyto pryskyřice je možné frakcionovat polárními rozpouštědly na měkké a tvrdé (Čepička a Kubíček, 2000f).

Tab. 4. Chemické složení chmele (Čepička a Kubíček, 2000f):

Látka	Obsah
voda	8-12 %
celkové pryskyřice	15-20 %
polyfenolové látky	2-6 %
silice	0,2-2,5 %
vosky a lipidy	1-3 %
dusíkaté látky	12-15 %
sacharidické látky (celulóza)	40-50 %
minerální látky	6-8 %

Chmelové pryskyřice

Chmelové pryskyřice jsou po chmelovaru odpovědné za charakteristickou hořkost výsledného výrobku. Dělí se na měkké pryskyřice, nespecifické měkké pryskyřice a tvrdé pryskyřice (Basařová, 2010a). Měkké pryskyřice obsahují převážně specifické α a β -hořké kyseliny.

α -hořké kyseliny jsou tvořeny směsí analogů humulonů:

- humulon (35-70 %);
- kohumulon (20-55 %);
- adhumulon (10-15 %);
- prehumulon (1-10 %);
- posthumulon (Basařová, 2010a).

Již zmíněné izo- α -hořké kyseliny jsou produktem izomerické reakce (změna struktury) α -hořkých kyselin při povařování sladiny s chmelem. Ve výsledku zajišťují přibližně 85 % hořkosti piva (Novotný, 2017b). Na hořkost má dopad i podíl kohumulonu v α -hořkých kyselinách, který koreluje s obsahem β -hořkých kyselin – čím více kohumulonu, tím méně β -hořkých kyselin a naopak (Čepička a Kubíček, 2000f). Do izo- α -hořkých kyselin řadíme izo-humulon, izo-kohumulon a izo-adhumulon, ty se vyskytují v cis- a trans- strukturách. Mimo hořkosti tyto látky napomáhají pěnivosti, mají antimikrobiální a antioxidační účinky, čímž napomáhají ke sterilizaci a prodloužení trvanlivosti výrobku (Briggs, 2004b).

β -hořké kyseliny jsou složeny ze směsi analogů lupulonu:

- lupulon (30-55 %);
- kolupulon (20-55 %);
- adlupulon (5-10 %);
- prelupulon (1-3 %);
- postlupulon (Basařová, 2010a).

Jsou ještě méně rozpustné než α -hořké kyseliny, při chmelovaru přejde do roztoku pouze malá část jejich oxidačně izomeračních produktů (Čepička a Kubíček, 2000f). Vykazují příjemně hořkou, slabě esterovou vůni a chuť.

Tab. 5. Porovnání obsahů α - a β -hořkých kyselin u různých odrůd chmele (Roberts a Wilson 2006b):

Odrůda a původ chmele	Obsah α -hořkých kyselin	Obsah β -hořkých kyselin
ŽPČ (Česká republika)	3 %	2,5 %
Willamette (USA)	6 %	3,5 %
Magnum (Německo)	13 %	5 %
Nugget (USA)	14 %	4 %
Perle (Německo)	7,5 %	3 %
Styrian Goldings (Slovinsko)	5,5 %	3 %
Pride of Ringwood (Austrálie)	9 %	6 %

Tvrdé pryskyřice

V čerstvém chmelu není příliš vysoký obsah těchto pryskyřic a z většiny jsou tvořeny žluto-oranžovou látkou, zvanou xantohumul. Během skladování obsah těchto látek, na rozdíl od α - a β -hořkých kyselin, roste. Kromě xantohumolu doposud není jejich chemická identita řádně prozkoumána (Roberts a Wilson 2006b).

Chmelové silice

Chmelové silice jsou převážně terpenické látky, patří mezi ně stovky látek, podílejících se aktivně na organoleptických vlastnostech hotového piva. Jejich obsah a množství závisí na genetických vlastnostech odrůdy, na posklizňových úpravách chmele, podmínkách skladování apod. Dodávají pivu chmelové aroma, hlavně při výrobě piv s použitím technologie studeného chmelení (dry hopping). Mezi tyto látky patří například myrcen, humulen, karofylen, farnesen, limonen aj (Novotný, 2017b).

Lze je destilovat vodní parou a dělí se do tří základních frakcí:

- uhlovodíková frakce (50-80 %) – převažuje v čerstvém chmelu, při chmelovaru většina z nich vytěká (Čepička a Kubíček, 2000f);
- kyslíkatá frakce (až 30 %) – alkoholy, aldehydy, ketony, estery, epoxidy, karboxylové kyseliny – vznikají oxidací uhlovodíkové frakce (Jelínek, 2018);
- frakce sirných sloučenin (okolo 0,1 %) – mají negativní dopad na chuť i v malých koncentracích (Basařová, 2010a).

Polyfenolové látky

Tyto látky mají antioxidační vlastnosti, chrání pryskyřice před oxidací, při chmelovaru napomáhají k tvorbě lomu (tvorba tříslu-bílkovinných komplexů) a hrají velkou roli při čiření piva, tím oddalují jeho stárnutí (Basařová, 2010a). Mezi polyfenoly patří flavonové glykosidy, anthokyanogeny, katechiny a volné flavonové kyseliny (Čepička a Kubíček 2000f).

Rozdělení chmele dle hořkosti

Chmel lze dělit mnoha způsoby, například dle obchodovatelných skupin, dle výtěžnosti (jemné aromatické, vysokoobsažné), dle vegetační doby (rané, polorané, pozdní), pro pivovarské využití je však nejpraktičtější rozdělení dle obsahu α -hořkých kyselin. Dle Basařové (2010a) lze chmele dle obsahu α -hořkých kyselin rozdělit takto:

- jemné aromatické odrůdy – 3,5-4,0 % α -hořkých kyselin v sušině
 - ŽPČ (CZ), Callista (N), Tettang (N), Strisselspalt (F), Liberty (US);
- aromatické odrůdy – 3,5-6,5 % α -hořkých kyselin v sušině
 - Sládek (CZ), Hallertau Tradition (N), Golding (UK), Willamette (US);
- hořké chmele – okolo 8 % α -hořkých kyselin v sušině
 - Premiant (CZ), Hallertau Blanc (N), Comet (US), Jester (UK);
- vysokoobsažné chmele – až 15 % α -hořkých kyselin v sušině
 - Magnum (N), Eureka (US), Admiral (UK), Waimea (NZ).

Sušení chmele

Čerstvě sklizené hlávky obsahují přibližně 80 % vody, aby se prodloužila jejich trvanlivost, je třeba snížit obsah na 7-12 %. Sušení probíhá pomocí horkého vzduchu, který proudí na chmelové hlávky (Roberts a Wilson 2006b). Tento proces se děje v chmelových sušárnách, ty mohou být komorové či pásové (Basařová, 2010a).

Při sušení je třeba dbát na správnou teplotu, pokud jsou teploty moc vysoké (>75 °C), může dojít k degradaci hořkých látek, polyfenolů a silic. Dalším problémem je nerovnoměrné rozložení vlhkosti v hlávce, listeny na povrchu totiž obsahují méně vody než vřetenko uprostřed. Proto se hlávky běžně suší přibližně na 7 % vlhkosti a po vychlazení dochází k tzv. kondiaci chmele – chmel se přemístí na půdu nebo do klimatizační skříně, kde se zvýší jeho obsah vody na 10,5-11 % vody (Basařová, 2010a; Roberts a Wilson 2006b).

Po dosušení se chmel lisuje do žoků (krátkodobé skladování) a balotů (dlouhodobé skladování). Takto balený chmel je nutno skladovat při teplotě těsně nad 0 °C. Hlávkový chmel se však dnes používá zcela sporadicky, jelikož je chemicky nestabilní, nehomogenní, mohou se v něm vyskytovat rezidua postřikových látek, manipulace s žoky je náročná (Basařová, 2010a) a obsahuje pouze okolo 20 % technologicky využitelných látek, které jsou uloženy v lupulinových zrnkách (Briggs, 2004b). Proto je dále zpracováván na chmelové produkty.

Chmelové produkty

Tyto produkty je možné dále dělit na chmelové pelety, chmelové extrakty a extrakty chmelových silic.

Chmelové pelety (granulovaný chmel) patří do skupiny výrobků připravených mechanickými úpravami hlávkového chmele. Ze všech chmelových výrobků jsou složením a chemickou čistotou nejbližší samotným hlávkám. Přibližně 50 % světové produkce chmele se spotřebuje touto formou (Roberts a Wilson 2006b).

Při výrobě těchto pelet se nejdříve chmel dosouší na 4-5 °C, následně se rozemele na částice o velikosti 2-8 mm a za anaerobních podmínek a nízkých teplot se homogenizuje. Pelety se poté balí za podtlaku do aluminiových a plastových pytlů (Basařová, 2010a). Na trhu se běžně vyskytují 4 druhy těchto produktů:

- granulovaný chmel (typ 100) – jsou připraveny lisováním sušených rozdrcených hlávek bez úprav a přídavku cizorodých látek, využití zejména pro svrchně kvašená piva (Čepička a Kubíček, 2000f);
- chmelové granule (typ 90) – při zpracování 100 kg chmele dojde k produkci 90 kg pelet, proto nesou označení „90“, před granulací se odstraní hrubé nečistoty (2000f);
- obohacené chmelové granule (typ 45) – rozemletý dosušený chmel je zbaven nečistot, homogenizován a následně se provádí koncentrace lupulinu flotací při -30 až -35 °C. Výsledkem ze 100 kg spotřebovaného chmele je 45 kg pelet, které obsahují přibližně dvojnásobek hořkých kyselin (Basařová, 2010a);
- obohacené chmelové granule (typ 30) – podobná příprava jako pelety typu 45, flotace je však intenzivnější – ze 100 kg sušeného rozdrceného chmele 30 kg pelet, (Čepička a Kubíček, 2000f).

Chmelové extrakty patří na rozdíl od granulovaného chmele do skupiny přípravků vyrobených extrakcí hlávkového chmele. Výhodou extraktů je dlouhodobá skladovatelnost (až 10 let) bez změny vlastností hořkých látek, standardizovaný obsah hořkých látek, lepší využitelnost hořkých látek a na rozdíl od hlávek a pelet prakticky neobsahují dusičnany (Basařová, 2010a).

Na extrakci se dříve používalo více druhů rozpouštědel (metanol, dichlormetan, hexan, trichloretylen), ale z ekologického hlediska se nyní používají jen dva způsoby extrakce, a to extrakce oxidem uhličitým a extrakce etanolem. Tyto látky splňují dnešní požadavky

na bezpečnost, environmentální dopad, navíc se přirozeně vyskytují kolem nás a jsou výhodné i ekonomicky. Etanol rozpouští větší škálu chmelových složek, zatímco v extraktech oxidem uhličitým nalezneme větší obsah chmelových pryskyřic a aromatických složek (Schönberger, 2006b).

Extrakci chmelových silic lze provést pomocí oxidu uhličitého a tyto výrobky se využívají na zvýšení výsledného aroma v pivu. Aplikují se většinou do hlavního kvašení (Basařová, 2010a).

3.2.5 Voda

Jelikož je voda složkou, které je v pivu více než 90 %, je nutné dbát na její kvalitu a čistotu. Ve varní vodě probíhají veškeré chemické, biochemické, fyzikální i fyzikálně-chemické procesy při výrobě piva, její složení tedy vypovídá o výsledné kvalitě produktu.

Je nutností pro výrobu piva využívat pitnou vodu. V dnešní době většina pivovarů využívá vodu buď z městských řadů, vlastních artézských studní či vrtů. Pokud má voda vhodné složení, není potřeba ji nijak upravovat, pokud však výrobci kvalita nevyhovuje, může si ji přizpůsobit dle vlastních potřeb.

Hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody, rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody stanovuje Vyhláška č. 252/2004 Sb.

Tvrdost vody

Tvrdost vody je nejvýznamnější parametr pro pivovarské využití. Tato hodnota udává součet obsahu vápenatých (Ca^{2+}) a hořečnatých (Mg^{2+}) iontů. Tento součet je většinou vyjadřován v milimolech na 1 litr. Zanedbatelný význam mají na tvrdost vody ionty Sr^{2+} a Ba^{2+} . Obsah těchto iontů ovlivňuje průběh kvašení a celkový výsledný sensorický profil piva. Dle tvrdosti (tabulka 6) se voda dělí na měkkou, středně tvrdou, tvrdou a velmi tvrdou (Novotný, 2017b).

Tab. 6. Rozdělení vody dle tvrdosti (Šorgl, 2000g):

Druh vody	Obsah iontů (mmol.l ⁻¹)
měkká voda	< 1,3
středně tvrdá voda	1,3-2,5
tvrdá voda	2,5-3,8
velmi tvrdá voda	> 3,8

Vody lze dělit i dle původu, jelikož tvrdost vody je pro každé místo specifická. Pro nás je zásadní plzeňská voda, která obsahuje menší podíl anorganických složek a hodí se pro výrobu silněji chmelených piv. Mezi další patří například mnichovská (střední až tvrdá), dortmundská (velmi tvrdá), vídeňská (velmi tvrdá) a burtonská, která se též považuje za velmi tvrdou (Basařová, 2010a).

3.2.6 Historie pivovarských kvasinek

Mezi vědci dlouho kolovaly spory o tom, zdali jsou kvasinky živý organismus, či ne. Mezi vědce, kteří se této problematice věnovali, patřil například Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), George Ernest Stahl (1660-1734), Antoine Lavoiser (1743-1794) a jiní (Basařová, 2010b). To, že je kvašení činností živých organismů, potvrdily práce a objevy francouzského vědce a mikrobiologa Louise Pasteura (1822-1895). Role kvasnic při výrobě piva byla objasněna však až v druhé polovině 19. století německým vědcem T. Schwannem, který mikroskopicky sledoval pivovarské kvasnice a pojmenoval je „Zuckerpilz“, což v překladu znamená cukerná houba (Chládek, 2007b).

3.2.7 Pivovarské kvasinky

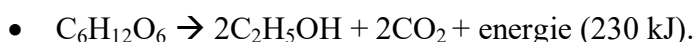
Taxonomicky patří pivovarské kvasinky do nadříše *Eukaryota*, říše *Fungi* (houby), třídy *Ascomycetes* a čeledi *Saccharomycetaceae*. Rozmnožování probíhá u těchto mikroorganismů vegetativně formou pučení, pokud však prostředí nenabízí vhodné podmínky, rozmnožují se pohlavně – sporulací (Faměra, 2000h).

Kvasinky pod mikroskopem mají mírně oválný tvar, jejich velikost je 6-10 μm do délky a 5-8 μm do šířky. Jejich eukaryotická buňka je složena z buněčné stěny, periplasmy, cytoplasmatické membrány, cytoplasmy, endoplasmatického retikula, Golgiho aparátu, vakuoly a perioxosomů. Každá z těchto částí má svou specifickou funkci a účinek (Basařová, 2010b).

Fermentace

Při hlavním kvašení dochází díky pivovarským kvasinkám k přeměně zkrasitelných cukrů (maltóza, glukóza, rafinosa, maltotriosa) na etanol a oxid uhličitý za vzniku energie ve formě tepla. Tyto sacharidy jsou v mladině obsaženy díky enzymatickému rozkladu škrobu při procesu rmutování. Fermentace probíhá za anaerobních podmínek (bez přístupu vzduchu). Vzduch je potřeba do mladiny dodat pouze na začátku kvašení, aby byl správně nastartován metabolismus kvasnic.

Rovnice alkoholového kvašení dle Faméry (2000h):



Mimo etanol a oxid uhličitý vzniká při fermentaci mnoho metabolitů, nebo-li vedlejších produktů kvašení. Některé látky jsou v pivech žádoucí kvůli senzoričkému profilu, některé však lze v určitých pivních stylech vnímat jako vady produktu. Ve svrchně kvašených pivech se kvůli vyšší teplotě kvašení přirozeně vyskytuje větší množství vyšších alkoholů, diketonů a esterů. Mezi nežádoucí metabolity patří například diacetyl (2,3-butandion), což je vicinální diketon, který je charakteristický máselnou chutí v pivu (Faméra, 2000h). Ve vyšší míře je diacetyl pro kvasinky toxický, jsou však schopné ho odbourávat. Smyslově prokazatelná hodnota diacetylu je 0,1-0,2 mg.l⁻¹ a pro jeho dostatečnou redukci je vyžadováno delší ležení (dokvašování) při nízkých teplotách (Basařová, 2010b).

Druhy pivovarských kvasinek

Základní rozdělení pivovarských kvasnic je děleno na spodní a svrchní a je založeno na jejich flokulačních vlastnostech. Spodní kvasnice *Saccharomyces pastorianus (carlsbergensis)* jsou schopny fermentovat mladinu při teplotách 7-15 °C, v konečné fázi kvašení dochází k jejich sedimentaci na dno kvasné nádoby. Optimální rozmezí teplot pro svrchní kvasnice *Saccharomyces cerevisiae* je 18-22 °C. Tyto kvasnice se po fermentaci soustředí na hladině kvasné nádoby a tvoří mohutnou pěnu (Kopecká, 2014). Svrchní kvasnice jsou využívány na piva typu ale, stout, porter a na pšeničná piva. Spodní kvasnice jsou využívány na výrobu ležáků.

3.2.8 Alternativní suroviny a jejich biologická aktivita

Pro česká piva jsou tradičně používány výše vypsány suroviny, v dnešní době však stále stoupá obliba ve využívání dalších alternativních surovin, jako jsou pseudoobilniny, ovoce, zelenina apod. Napomáhá tomu stále rozšiřování pivních stylů, způsobené trendem řemeslných

minipivovarů, které mají, na rozdíl od velkých průmyslových pivovarů, prostor pro experimentování (osobní zdroj, Smutek).

V některých zemích, například v Belgii, je přidávání ovoce do piva od pradávna běžným postupem. Děje se tomu tak například u piv typu lambic a geuze, což jsou nejnámější druhy belgického kyselého piva. Při výrobě těchto piv se zároveň používá ke sladovanému ječmeni nesladovaná pšenice (30 % sypání). Chmel se zde používá pouze v malém množství kvůli sterilaci a kvašení probíhá spontánně v dřevěných sudech směsí divokých kvasinek a bakterií z prostředí (Jackson, 2007). Tato směs je většinou tvořena mléčnými bakteriemi a kvasinkami rodu *Brettanomyces*, díky nim je v těchto pivech zvýšený obsah kyseliny mléčné a octové. U druhu „krieken-lambic“ se během kvašení přidávají celé třešně, setkáme se i s přidáváním malin (Verachtert a Derdelinckx, 2014).

U piv s obsahem třešní a malin byla experimentálně zjištěna vysoká antioxidační aktivita díky zvýšenému obsahu polyfenolů a flavonoidů (katechin, myricetin, kvercetin) – tabulka 7. Obsah těchto látek v ležácích a pivech typu ale je výrazně nižší (Nardini a Garaguso, 2020).

Tab. 7. Celkový obsah polyfenolů a flavonoidů u ovocných a běžných piv (Nardini a Garaguso, 2020):

Druh piva	Obsah polyfenolů (mg.l ⁻¹)	Obsah flavonoidů (mg.l ⁻¹)
Třešňová piva	747-767	194,4-221,8
Malinová piva	465-536	90,4-79,1
Běžná piva (ležák, ale)	321-486	51,9-63,5

V rámci experimentu na Zemědělské fakultě Jihočeské Univerzity bylo uvařeno pivo s přídatkem cibulových slupek, u něž též sledoval nárůst antioxidační aktivity. Cibule obsahuje velké množství látek protirakovinné, antidiabetické či antimikrobiální povahy. Mezi látky s vysokým antioxidačním účinkem se u cibule řadí hlavně flavonoidy (kvercetin). U slupky červené cibule byla prokázána mnohonásobně vyšší hladina flavonoidů v porovnání s dužninou (Pechová, 2018), slupky byly do piva zároveň zvoleny v rámci projektu šetření potravinovými zbytky. V tomto případě je nutné dbát na zvolené množství suroviny, jelikož výrazná cibulová chuť není pro pivo charakteristická a výsledný sensorický profil by nemusel být pro konzumenta uspokojující (osobní sdělení, Smutek).

3.3 Výroba piva

Výroba piva lze technologicky rozdělit na dvě dílčí části:

- příprava mladiny;
- kvašení a dokvašování.

3.3.1 Příprava mladiny

Mladinou se rozumí roztok s určitým obsahem extraktivních látek získaných rmutováním a s určitým obsahem hořkých látek z chmele a chmelových produktů. Získané extraktivní látky ze sladu se uvádí v % extraktu původní mladiny (EPM, dříve na etiketách uváděno jako stupně) a jednotkou hořkosti je IBU (International Bitterness Unit – mezinárodní jednotka hořkosti).

Proces přípravy mladiny lze rozdělit na několik důležitých dílčích fází:

- šrotování sladu;
- vystírání;
- rmutování;
- scezování;
- chmelovar;
- chlazení mladiny.

Způsoby rmutování

Rmutováním se rozumí ohřev díla (varní voda s namletým sladem) na dílčí technologické teploty, při kterých dochází převážně k enzymatickému štěpení škrobu. Při výrobě sladiny je možno využít dva způsoby rmutování – dekokční a infuzní způsob (Basařová, 2010c).

Dekokční způsob

Dekokční způsob rmutování je tradičním technologickým postupem v českých zemích. Tento postup byl namísto infuzního zaveden již F. O. Poupětem (1753-1805) pro zvýšení kvality zdejšího piva (Enge *et al.*, 2005). Principem dekokčního rmutování je povařování jednotlivých rmutů, dle jejich počtu je dělíme na třírmutový, dvourmutový a jednorumutový postup. V dnešní době se na výrobu piva plzeňského typu nejčastěji využívá postup jednorumutový a dvourmutový (Basařová, 2010c).

Při jednormutovém postupu vystíráme při 52 °C, zde může být prodleva 10-30 minut, poté ohřejeme dílo na 62-65 °C s prodlevou 20-30 minut. Po tomto prodlení odebereme část díla (přibližně 1/3 celého díla) a převedeme ji do rmutovacího kotle, kde spustíme ohřev na přibližně 72 °C, tedy vyšší cukrotvornou teplotu, kterou držíme do zcukření. Další fází je povaření rmutu 20 minut a následné smíchání se zbytkem díla. Smícháním dojde k navýšení teploty na 77 °C (Basařová, 2010c).

Dekokční způsob je vhodnější pro výrobu českých piv, jelikož povařování rmutů má za následek lepší jakost piva, koagulace bílkovin při varu zlepšuje výtěžnost hořkých látek chmele a výsledné pivo bude mít vyšší antioxidační schopnost díky vzniku melanoidinů a polyfenolů. Mezi nevýhody je možné zařadit náročnost tohoto procesu, jak časovou, tak energetickou (Enge *et al.*, 2005).

Infuzní způsob

Infuzní způsob je tradiční pro anglosaské země pro výrobu piv typu ale. Celý proces tohoto rmutování probíhá v jedné rmutovací nádobě a nedochází k odebírání jednotlivých podílů rmutu.

Klasickým britským způsobem je jednokroková infuze. Vystírá se při teplotě 63-67 °C a tato teplota se udržuje 30-60 minut, hned poté přichází na řadu scezování (Briggs, 2004c). Pro tento postup je nutné používat vysoce kvalitní a dobře rozluštěné slady. Dalším způsobem je infuze vícezkroková, v tomto případě vystíráme v rozmezí teplot 30-52 °C s prodlevou 30 minut při 52 °C pro dostatečnou proteolýzu (Basařová, 2010c). Dále dílo zahřejeme na 62 °C s prodlevou 20-30 minut. Předposlední teplotou je 72 °C, při níž vyčkáme do zcukření, poté vyhřejeme dílo na 78 °C, což je finální odrmutovací teplota.

Důležité teploty rmutování

Kyselinotvorná teplota 37 °C

Tato teplota podporuje extraktivnost sladových látek a zlepšuje jejich přístupnost pro enzymy (Basařová, 2010c).

Peptonizační teplota 52 °C

Při této teplotě jsou neaktivnější proteolytické enzymy sladu. Dochází tedy k rozkladu peptidů, bílkovin a dalších dusíkatých látek až na základní aminokyseliny (Novotný, 2017b).

Nížší cukrotvorná teplota 62 °C

Teplota 62 °C je optimální pro funkci enzymu β -amylázy. V této fázi se začíná od konce štěpit dlouhý řetězec škrobu (amylóza a amylopektin) na maltózu, což je disacharid tvořený dvěma molekulami glukózy. Optimální pH pro funkci β -amylázy je kolem 5,5 (Basařová, 2010c).

Vyšší cukrotvorná teplota 72 °C

Rozmezí teplot 70-75 °C je optimální pro funkci enzymu α -amylázy, ta štěpí amylózu na oligosacharidy, které jsou tvořeny 6–7 glukózovými jednotkami, tyto kratší řetězce jsou dále štěpeny na maltózu a glukózu. Amylopektin je zprvu štěpen na tzv. dextriny. Optimální pH pro funkci α -amylázy je 5,6-5,8 (Basařová, 2010c).

Technologický postup výroby mladiny

Jednotlivé postupy při výrobě mladiny a kvašení se v různých pivovarech mohou lišit v určitých postupech, například teplotou vystírání, délkami časových prodlev při jednotlivých teplotách apod., nicméně princip výroby by měl být vždy stejný. Popsaný postup je využíván v Univerzitním pivovaru Zemědělské fakulty Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích.

Šrotování probíhá na dvouválcovém šrotovníku, který je tvořen násypkou na slad a dvěma proti sobě se točícími válci s rýhami. Ty naruší obilku tak, aby byl endosperm přístupný pro správný průběh rmutování a tím i správnou extraktivnost. Pluchy naopak musí zůstat vcelku, aby správně proběhlo scezování (osobní sdělení, Smutek).

Našrotovaný slad se mísí s vodou o teplotě 52 °C ve rmutovací pánvi za stálého míchání, tento proces je nazýván vystírání. Po vystírání se dílo vyhřeje na 62 °C a používá se výše popsany jednormutový dekokční způsob rmutování. Po rmutování následuje scezování,

keré se odehrává ve scezovací kádi, kde je přečerpané dílo o teplotě 77 °C. Uvnitř scezovací kádě se nachází míchadlo (tzv. kopačka) a perforované dno, na kterém se usadí pevná část sladového zrna. Proces usazování trvá 15-20 minut. Usazená vrstva našrotovaného sladu díky přítomnosti pluch působí jako filtr, přes který se přečerpává cukernatý roztok bez pevných částic, tzv. sladina. První podíl sladiny má vysoký obsah extraktu a nazývá se předek. Pevný podíl, který zůstal ve scezovací kádi, nazýváme mláto a po přečerpání předku stále obsahuje zbytky extraktu, které z něj dostaneme tzv. vyslazováním. Principem vyslazování je zkrápění mláta ve scezovací kádi vodou o teplotě 80 °C, mláto je zároveň jemně prořezáváno míchadlem (prokopávání), čímž docílíme lepší výtěžnosti extraktivních látek do vyslazovací vody. Tento proces se opakuje čtyřikrát a jednotlivé vyslazovací vody se nazývají výstřelky. Po posledním přečerpáním výstřelku bychom měli dosáhnout námi požadovaného objemu sladiny ve rmutovací pánvi. Mláto je možné spotřebovat jako krmivo pro hospodářská zvířata. Další fází výroby je chmelovar, při němž do vroucí sladiny přidáváme chmel za vzniku mladiny. Proces trvá 90 minut a chmel je přidáván ve třech fázích, první dávka chmele se přidává při začátku varu kvůli hořkosti, proto se využívá chmel s vyšším obsahem α -hořkých kyselin, druhý chmel se přidává přibližně v polovině chmelovaru, z něj se do mladiny dostane část hořkých látek, zároveň však i látek aromatických. Poslední chmel je dávkován na konci chmelovaru a využívají se odrůdy spíše aromatické, jelikož již nedojde k vytěkání aromatických látek chmele. Chmelovarem zároveň dochází ke sterilaci mladiny a k tvorbě tríslobílkovinných komplexů. Po varu je nutné oddělit chmelový kal od mladiny. Toho docílíme tzv. vířivou kádi (whirlpool). Tento proces spočívá ve vytvoření silného víru, po němž díky odstředivé síle dojde k usazení chmelových a tríslobílkovinných částic na dno nádoby. Proces usazování trvá přibližně 20 minut. Následně je mladina pomocí čerpadla přečerpána přes deskový chladič do kvasné nádoby. Tím docílíme ochlazení mladiny na požadovanou zákvasnou teplotu (osobní sdělení, Smutek)

3.3.2 Kvašení a dokvašování

Kvašení probíhá v otevřené spilce či v cylindrokónickém tanku. V obou případech jde o dvouplášťové nerezové nádoby, u nichž meziplášťem proudí chladící médium, kterým je v tomto případě glykol. V průběhu chlazení a čerpání mladiny do kvasné nádoby je nutné mladinu provzdušňovat sterilním kyslíkem, aby došlo ke správnému nastartování metabolismu kvasnic. Tekuté kvasnice se přidávají do kvasné nádoby během čerpání. Zákvasná teplota je při výrobě ležáku 7,5-8 °C a hlavní kvašení trvá přibližně 5 dní. Při kvašení vzniká primárně etanol a oxid uhličitý, oxid uhličitý vynáší na hladinu zbylé chmelové a sladové částice, které nebyly odfiltrovány v horké fázi. Nečistoty vynesené na hladině se nazývají „deka“

a před koncem hlavního kvašení je nutné je pomocí síta odebrat, aby nedošlo k jejich propadu a tím i nežádoucím změnám v organoleptických vlastnostech piva. V průběhu kvašení postupně snižujeme teplotu, a když zdánlivý extrakt klesne na přibližně 30 % původního extraktu, ukončíme hlavní kvašení a nastane fáze dokvašování (ležení, sekundární fermentace). Ta probíhá v kónickém, hermeticky uzavřeném ležáckém tanku, kde je nejprve teplota 5 °C a po několika dnech se začne snižovat až na 1 °C. Během ležení dochází díky kvasinkám k přirozenému sycení piva oxidem uhličitým, tím vzniká v pivu charakteristický říz. CO₂ se váže na látky obsažené v pivu a dochází též k „zakulacení“ chuti. Vyzrálé hotové pivo se následně převádí do nerezových KEG sudů či skleněných lahví a je připraveno k expedici (osobní sdělení, Smutek).

3.4 Biologická aktivita piva a jeho surovin

V pivu jako celku se celkově vyskytuje až dva tisíce látek, kromě důležitých nutričních látek, jako jsou sacharidy a bílkoviny, obsahuje minerály, rozpustnou vlákninu, vitamíny skupiny B a řadu polyfenolických látek, které mají antioxidační, antikarcinogenní a antimikrobiální účinky (Olšovská *et al.*, 2014).

Mezi látky chmele s těmito účinky se z polyfenolických sloučenin řadí flavonoidy a prenylované flavonoidy, z nichž má nejvíce zdravotně prospěšných účinků tzv. xantohumulon. Xantohumulon pomáhá na prevenci či léčbu migrén, nespavosti, neurodegenerativních a kardiovaskulárních chorob (Alzheimerova choroba, Parkinson), osteoporózy a mnoho dalších (Maghales *et al.*, 2009; Olšovská *et al.*, 2014; Vázquez Loureiro *et al.*, 2019). U β -hořkých kyselin chmele byla prokázána schopnost potlačit infekci bakterií *Helicobacter Pyroli*, která vede ke vzniku žaludečních vředů a karcinomu žaludku (Krofta a Mikyška, 2014). Není proto divu, že chmel byl starověkými léčiteli využíván na čištění krve, proti malomocenství, zápachu nohou a zácpě (Karabín *et al.*, 2016).

Polyfenolové látky se nacházejí i ve sladu. Dle Mikyšky (2011) se do piva dostane 70 až 80 % polyfenolových sloučenin ze sladu, zbylých 20 až 30 % připadá na chmel. Antioxidačně aktivní a zdraví prospěšné polyfenoly obsažené ve sladu jsou převážně flavonoidy a anthokyanogeny (2011).

Obecně známa je zdravotní prospěšnost umírněné konzumace („moderate consumption“) alkoholu. Spotřeba alkoholu 20-30 g.den⁻¹ u muže a 15-20 g.den⁻¹ u ženy chrání před rozvojem aterosklerózy, preventivně působí proti kardiovaskulárním onemocněním a snižuje hladinu LDL cholesterolu (Olšovská *et al.*, 2014).

4 Závěr

Historie výroby piva, v té době ve formě fermentované obilné či chlebové kaše, sahá až do prvopočátků lidské civilizace. Za kolébkou piva je považována dávná Mezopotámie a první historicky doložená písemná zmínka pochází z dob přibližně 4000 let před Kristem. Neméně důležitá byla výroba piva ve starověkém Egyptě, kde bylo pivo považováno za dar bohů, sloužilo jako potravina, měna a nakonec bylo využíváno jako obětní dar pro kněží a jejich studenty. Z Egypta se znalost výroby piva přesunula do Evropy, ve středověku pak patřilo mezi produkty vyráběné skoro v každé domácnosti. První historicky doložený pivovar na našem území byl Břevnovský klášterní pivovar, založený roku 993. Průběhem času se začaly rozšiřovat poznatky o procesu výroby. Nejznámější český pivní inovátor, František Ondřej Poupě, se v 18. století zasloužil o používání ječného sladu a celkově povznesl kvalitu českého piva. V následujícím století byl založen Měšťanský pivovar v Plzni, kde bavorský sládek Josef Groll uvařil první várku plzeňského ležáku, tím byl udán směr celému českému pivovarnictví až dodnes.

První zmíněnou surovinou je slad, sladování lze charakterizovat jako řízené klíčení, kterým připravíme enzymatický aparát zrna, potřebný pro správný průběh rmutování. Následné hvozdnění zeleného sladu určuje, jaký druh sladu vyrábíme. Neméně důležitou roli při výrobě piva má chmel otáčivý, který je využíván ve formě sušených hlávek samičích rostlin, ty je možné dále zpracovat na chmelové produkty. Chmel pivu dodává charakteristickou hořkost a zároveň ho konzervuje. Obsah vody v pivu je vyčíslen na 93–94 %, je proto nutné dbát na kvalitu a chemické složení varní vody při procesu výroby piva. Pro české pivo je charakteristická měkká plzeňská voda s nižším obsahem hořečnatých a vápenatých iontů. Pivovarské kvasinky a jejich funkce byly vědecky popsány teprve v 19. století. Jde o eukaryotické mikroorganismy, které přeměňují zkvasitelné cukry na etanol a oxid uhličitý. Dle teplot kvašení a flokulačních vlastností se dělí na spodní kvasnice, využívané na česká piva a svrchní, využívané na piva typu ale. V dnešní době stále stoupá oblíbenost netradičních piv. Například přidavek třešňů či malin může pivu dodat velmi zajímavý charakter a zároveň zvýší jeho biologickou hodnotu díky vysoké antioxidační aktivitě.

Při výrobě piva smícháváme našrotovaný pivovarský slad s vodou a při procesu rmutování toto tzv. dílo zahříváme na důležité technologické teploty, při kterých dochází ke štěpení hlavně škrobu (polysacharid) na zkvasitelné cukry, jako maltóza a glukóza. Scezováním se oddělí pevná část sladu od roztoku, zvaného sladina a při chmelovaru se přidává chmel za účelem získání

charakteristické hořkosti. Vzniklá mladina se následně zchlazuje na zákvasnou teplotu, přidáním kvasnic pak začíná hlavní kvašení a zrání, přičemž dochází k tvorbě alkoholu a nasycení oxidem uhličitým.

Hotové pivo obsahuje nespočet nutričně hodnotných a biologicky aktivních látek. Je prokázáno, že umírněná spotřeba piva díky obsahu alkoholu, vitamínů skupiny B, minerálů a polyfenolických látek napomáhá prevenci a léčbě řadě onemocnění, například kardiovaskulárním a neurodegenerativním. Mezi další zdravotní benefity piva a jeho surovin patří schopnost snížení hladiny LDL cholesterolu v krvi, prevence proti žaludečním vředům či další antimikrobiální a antikancerogenní vlastnosti.

5 Seznam použité literatury

BASAŘOVÁ, G., 2015a. Stručná historie a současnost výroby sladu. BASAŘOVÁ, G. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team, s. 21-50. ISBN 978-80-87109-47-2.

BASAŘOVÁ, G., 2015b. Ječmen. BASAŘOVÁ, G. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team, s. 55-90. ISBN 978-80-87109-47-2.

BASAŘOVÁ, G., 2015c. Příprava ječmene ke sladování. BASAŘOVÁ, G. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team, s. 175-200. ISBN 978-80-87109-47-2.

BASAŘOVÁ, G., 2015d. Klíčivý klid (dormance), posklizňové dozrávání ječmene a prorůstání. BASAŘOVÁ, G., *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team, s. 201-208. ISBN 978-80-87109-47-2.

BASAŘOVÁ, G., 2015e. Máčení ječmene. BASAŘOVÁ, G. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team, s. 211-241. ISBN 978-80-87109-47-2.

BASAŘOVÁ, G., 2015f. Klíčení ječmene. BASAŘOVÁ, G. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team, s. 243-298. ISBN 978-80-87109-47-2.

BASAŘOVÁ, G., 2015g. Hvozďení zeleného sladu a pražení sladu. BASAŘOVÁ, G. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. Praha: Havlíček Brain Team, s. 305-348. ISBN 978-80-87109-47-2.

BASAŘOVÁ, G., 2010a. Suroviny pro výrobu piva. BASAŘOVÁ, G. *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, s. 55-90. ISBN 978-80-7080-734-7.

BASAŘOVÁ, G., 2010c. Příprava mladiny. BASAŘOVÁ, G. *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, s. 112-224. ISBN 978-80-7080-734-7.

BRIGGS, D.E. a kolektiv, 2004a. Malts, Adjuncts and Supplementary Enzymes. BRIGGS, D.E. *Brewing: science and practice*. Boca Raton: CRC Press, s. 11-50 . Woodhead publishing in food science and technology. ISBN 0-8493-2547-1.

BRIGGS, D.E. a kolektiv, 2004b. The chemistry of hop constituents. BRIGGS, D.E. *Brewing: science and practice*. Boca Raton: CRC Press, s. 255-303. Woodhead publishing in food science and technology. ISBN 0-8493-2547-1.

BRIGGS, D.E. a kolektiv, 2004c. The Science of Mashing. BRIGGS, D.E. *Brewing: science and practice*. Boca Raton: CRC Press, s. 85-167. Woodhead publishing in food science and technology. ISBN 0-8493-2547-1.

ČEPIČKA, J., J. KUBÍČEK, 2000f. Chmel a chmelové výrobky. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 127-139. ISBN 80-902658-6-3.

DAVIES, N., 2006a. Malt and malt products. BAMFORTH, Ch.W. *Brewing: New technologies*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, s. 68-100. ISBN 978-0-8493-9159-0.

ENGE, J. a kolektiv, 2005. Technologické aspekty infuzních a dekokčních způsobů rmutování. *Kvasný průmysl* [online]. **51**(5), 158-165 [cit. 2020-04-13]. DOI: 0.18832/kp2005008. ISSN 00235830. Dostupné z: <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp2005008.html>

FAMĚRA, J., 2000h. Kvašení a dokvašování. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 246-275. ISBN 80-902658-6-3.

HAJN, I., 2002. *Budějovický budvar v novém tisíciletí*. České budějovice: Budějovický Budvar, n. p. Jihočeské tiskárny.

HARIRI, A. a kolektiv, 2001. Evolution of oxygen and water up-take during steeping in a lab scale malting unit. "*Proceedings of the 28th International Congress of the European Brewery Convention*", Budapest, May 2001, ISBN 90-70143-21-6

HASÍK, T., 2013. Stručná historie. HASÍK, T. *Svět piva a piva světa*. Praha: Grada, s. 13-24. ISBN 978-80-247-4648-7.

CHLÁDEK, L., 2007a. Historie výroby piva. CHLÁDEK, L. *Pivovarnictví*. Praha: Grada, s. 11-55. Řemesla, tradice, technika. ISBN 978-80-247-1616-9.

CHLÁDEK, L., 2007b. Výroba piva a potřebné suroviny. CHLÁDEK, L. *Pivovarnictví*. Praha: Grada, s. 57-80. Řemesla, tradice, technika. ISBN 978-80-247-1616-9.

JACKSON, M., 2007. Belgian wild beers. JACKSON, M. *Beer*. London: Dorling Kindersley Limited, s. 40-42. ISBN 978-1-4053-2028-3.

JELÍNEK, L. a kolektiv, 2018. Tajemství výroby studeně chmelených piv – přehled. *Kvasný průmysl*. **64**(6), 287-296. DOI: 10.18832/kp201836. ISSN 00235830. Dostupné také z: <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp201836.html>

KARABÍN, M. a kolektiv, 2016. Biologically Active Compounds from Hops and Prospects for Their Use. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. **15**(3), 542-567 [cit. 2020-06-28]. DOI: 10.1111/1541-4337.12201. ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12201>.

KOSAŘ, K., 2000a. Sladovnický ječmen. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 30-62. ISBN 80-902658-6-3.

KOSAŘ, K., V. PSOTA, 2000b. Příjem, čištění a třídění ječmene. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 64-75. ISBN 80-902658-6-3.

KROFTA, K. a A. MIKYŠKA, 2014. Beta kyseliny chmele: Význam a využití. *Kvasný Průmysl*. **60**(4), 96-105. DOI: 10.18832/kp2014010. ISSN 00235830. Dostupné také z: <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp2014010.html>

MAGALHÃES, P.J. a kolektiv, 2009. Fundamentals and Health Benefits of Xanthohumol, a Natural Product Derived from Hops and Beer. *Natural Product Communications* [online]. **4**(5), 591 - 610 [cit. 2020-06-28]. DOI: 10.1177/1934578X0900400501. ISSN 1934-578X. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1934578X0900400501>

MIKYŠKA, A. a kolektiv, 2011. Polyphenol compounds and antioxidative properties of barley varieties recommended for Czech beer. *Kvasny Prumysl* [online]. **57**(7-8), 182-189 [cit. 2020-06-28]. DOI: 10.18832/kp2011016. ISSN 00235830. Dostupné z: <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp2011016.html>

NARDINI, Mirella a Ivana GARAGUSO, 2020. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry* [online]. **305** [cit. 2020-06-20]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125437. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814619315523>

NESVADBA, V., 2013a. Úvod. NESVADBA, V. *Vývoj a tradice českých odrůd chmele*. Žatec: Chmelařský institut Žatec, s. 6-7. ISBN 978-80-87357-11-8.

NESVADBA, V., 2013b. České odrůdy chmele. NESVADBA, V. *Vývoj a tradice českých odrůd chmele*. Žatec: Chmelařský institut Žatec, s. 29-70. ISBN 978-80-87357-11-8.

- NOHEJL, V., 2019. *Využití rostlinných bílkovin v potravinářském průmyslu*. České Budějovice. Seminární práce. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích.
- NOVOTNÝ, P., 2017a. Recepty. NOVOTNÝ, P. *Pivařka: tajemství domácího pivovarství*. V Brně: Jota, s. 204-218. Populárně naučná. ISBN 978-80-7565-108-2.
- NOVOTNÝ, P., 2017b. Základní suroviny. NOVOTNÝ, P. *Pivařka: tajemství domácího pivovarství*. V Brně: Jota, s. 12-37. Populárně naučná. ISBN 978-80-7565-108-2.
- NOVOTNÝ, P., 2017c. Proces vaření piva. NOVOTNÝ, P. *Pivařka: tajemství domácího pivovarství*. V Brně: Jota, s. 42-100. Populárně naučná. ISBN 978-80-7565-108-2.
- OLŠOVSKÁ, J. a kolektiv, 2014. Pivo a zdraví. *Kvasny Prumysl.* 60(7-8), 174-181. DOI: 10.18832/kp2014017. ISSN 00235830. Dostupné také z: <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp2014017.html>
- PALMER, G.H., 2006a. Barley and Malt. PRIEST, F.G., G.G. STEWART. *Handbook of brewing*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, s. 139-159. ISBN 9780824726577.
- PECHOVÁ, K., 2018. *Příprava receptury bezlepkového chleba obohaceného o vybrané antioxidanty a posouzení jeho senzorycké hodnoty* [online]. České Budějovice [cit. 2020-06-27]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/z1e7kq/21679687>. Diplomová práce. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích.
- PROKEŠ, J., 2000c. Máčení ječmene. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 76-83. ISBN 80-902658-6-3.
- PROKEŠ, J., 2000d. Klíčení ječmene. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 84-96. ISBN 80-902658-6-3.
- PROKEŠ, J., 2000e. Hvozdění sladu. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 98-114. ISBN 80-902658-6-3.
- ROBERTS, T.R., J.H. WILSON, 2006b. Barley and Malt. PRIEST, F.G., G.G. STEWART. *Handbook of brewing*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, s. 178-280. ISBN 9780824726577.
- SCHÖNBERGER, C. a kolektiv, 2006b. The processing of hops. BAMFORTH, Ch.W. *Brewing: New technologies*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, s. 123-146. ISBN 978-0-8493-9159-0.

ŠAVEL, J., 2010b. Pivovarské kvasinky. BASAŘOVÁ, G. *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, s. 55-90. ISBN 978-80-7080-734-7.

ŠORGL, J., 2000g. Varní voda. KOSAŘ, K. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, s. 140-151. ISBN 80-902658-6-3.

ÚKZÚZ, 2019. Seznam doporučených odrůd 2019. *ÚKZÚZ: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský* [online]. Brno: Ministerstvo zemědělství [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/625511/Jecmen_jarni_2019.pdf

VÁZQUEZ LOUREIRO, P. a kolektiv, 2019. Determination of Xanthohumol in Hops, Food Supplements and Beers by HPLC. *Foods* [online]. **8**(10), 1-16 [cit. 2020-06-28]. DOI: 10.3390/foods8100435. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2304-8158/8/10/435>

VELÍŠEK, J., 2009. Sacharidy. VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, s. 207-369. ISBN 978-80-86659-17-6.

VERBERG, S., 2018. "*The Rise and Fall of Gruit*." *The Brewery History Society, Brewery History*. 174, 46-78. 46-78.

Vyhláška č. 248/2018 Sb., *Vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí*

Vyhláška č. 252/2004 Sb., *Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*

Osobní zdroje:

SMUTEK, L., 2016. *osobní sdělení*, Výzkumný a výukový minipivovar Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta

6 Seznam použitých zkratk

EBC – European Brewery Convention (jednotky hodnocení barvy sladu a piva)

CZ – Česká republika

F – Francie

LDL – low density lipoprotein (nízkodenzitní lipoprotein)

N - Německo

NZ – Nový Zéland

USJ – ukazatel sladovnické jakosti

VÚPS – Výzkumný ústav pivovarsko-sladařský

WK – jednotky Windische-Kolbacha

ŽPČ – Žatecký poloraný červeňák