

TECHNOLOGICKÝ VÝZNAM DUSÍKATÝCH LÁTEK V JEČMENI A SLADU

Ing. JOSEF PROKEŠ, VÚPS Praha, a.s., Sladařský ústav Brno

1 ÚVOD

Vliv sladu na jakost piva je všeobecně znám. Některé vlastnosti sladu, jako barva, chuť a vůně, rozhodují přímo o typu piva, jiné, jako složení extraktivních látek a stupeň rozštěpení bílkovin, významně ovlivňují jakost piva. Slad nabývá svých charakteristických vlastností při sladování, ale některé jeho vlastnosti závisí pouze na vlastnostech použitého ječmene.

Ze sladařsko-pivovarského hlediska jsou nejdůležitějšími složkami ječmene dusíkaté látky, sacharidy, polyfenoly a enzymy.

Obsah veškerých dusíkatých látek určuje základní technologickou hodnotu zrna ječmene.

Obsah bílkovin nelze ovlivnit výběrem odrůdy, neboť více než 80 % proměnlivosti znaku je ovlivněno agroekologickými podmínkami ročníku, jak je patrné z tab. 1 [1].

Obsah bílkovin v ječmeni může kolísat od 8 do 12 %, ale i do 16 %. Z celkového množství bílkovin asi jedna třetina přechází do hotového piva. Přestože jejich množství v pivu je malé, mají bílkoviny zřetelný vliv na kvalitu piva. Proto se má hodnota obsahu bílkovin v ječmeni pohybovat v rozmezí od 10,5 do 11,7 %.

Dusíkaté látky v ječmeni nejsou tvo-

řeny pouze pravými bílkovinami, nýbrž širokým spektrem látek, obsahujících dusík v různých vazbách a o různé hmotnosti molekul. Rovněž jejich úloha není stejná. Hlavní část bílkovin se podílí na tvorbě buněčného substrátu, jiné plní biologickou funkci katalyzátorů enzymů a jsou i součástí hormonů ječmene.

Dusíkaté látky jsou uloženy především v aleuronové vrstvě.

2 ROZDĚLENÍ A ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA BÍLKOVIN A JEJICH ŠTĚPNÝCH PRODUKTŮ V JEČMENI

Dusíkaté látky v zrně lze rozdělit na **proteidy** – bílkoviny složené (glykoproteidy, fosfoproteidy, nukleoproteidy), **proteiny** – bílkoviny jednoduché (albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny) a **nebílkovinné dusíkaté látky** (aminokyseliny, aminy a amidy) [2,3,4,5].

2.1 Bílkoviny

Každý protein je identifikovatelný podle počtu a druhu aminokyselin, ze kterých je složen. Důležité je pořadí aminokyselin, jejich spojení a prostorová struktura aminokyselin v proteinové molekule, a dále způsob, jakým jsou uspořádány.

Jednoduché bílkoviny (proteiny) se dělí podle funkčních vlastností na **bílkoviny**

protoplasmatické – strukturální (albuminy a globuliny) a **bílkoviny zásobní** (prolaminy a gluteliny). Jednoduché bílkoviny představují asi 92 % z celkového množství bílkovin ječmene a podle rozpustnosti jsou děleny na čtyři skupiny:

a) **albuminy**, což jsou vysokomolekulární bílkoviny, rozpustné v čisté vodě a ve slabých roztocích solí. Jejich relativní molekulová hmotnost M_r je v průměru 70 000, izoelektrický bod leží mezi 4,6 až 5,8. Z celkového obsahu bílkovin se obsah albuminu v ječmeni podle různých autorů pohybuje od 11 do 12,1 %. Ječný albumin se nazývá leucosin. Při vaření piva se kvantitativně vysráží;

Tab. 1 Průměrné hodnoty obsahu bílkovin v ječmeni sklizní 1981 – 1999

Rok sklizně	Obsah bílkovin [%]	Rok sklizně	Obsah bílkovin [%]
1981	11,5	1991	11,2
1982	12,2	1992	11,2
1983	11,4	1993	12,0
1984	11,4	1994	11,3
1985	11,1	1995	11,3
1986	11,1	1996	11,1
1987	11,3	1997	11,2
1988	11,5	1998	11,3
1989	10,7	1999	10,7
1990	11,4		

b) **globuliny** – bílkoviny nerozpustné v čisté vodě, rozpustné v roztocích solí. Jejich koagulace probíhá až při vysoké teplotě 90 °C. Dělíme je na α -globulin (M_r 26 000), β -globulin (M_r 100 000), γ -globulin (M_r 166 000) a δ -globulin (M_r 300 000). Izoelektrický bod leží v rozmezí 4,9 až 5,7.

Ječný globulin se nazývá edestin, jeho celkový obsah je v literatuře uváděn v hodnotách od 8,4 % do 15 %.

Souhrnně označujeme frakce albuminů a globulinů jako bílkoviny rozpustné v solích. Podle nejnovějších zjištění se v solích rozpustné proteiny skládají z nejméně 15 komponent. Během sladování se štěpí až z 30 %. Nejsou vysráženy ani dlouhým varem. β -Globulin, obsahující síru, je původcem chladového zákalu piva;

c) **prolaminy** – bílkoviny nerozpustné ve vodě a v roztocích solí, rozpustné v 50 – 90% ethanolu. Jsou značně heterogenní. Základní prolamin ječmene se nazývá hordein, byl rozdělen na 5 složek a je příčinou vratných i nevratných zákalů piva. Jeho obsah v ječmeni kolísá a dle údajů z literatury se pohybuje v rozmezí 25 až 37 %;

d) **gluteliny** – bílkoviny rozpustné v alkáliích. Byly prokázány 4 formy. Obsah glutelinů v ječmeni kolísá v rozmezí 30 až 54,5 % z celkového obsahu bílkovin. Gluteliny nejsou odbourávány a jsou odstraněny s mlátem. Jsou nejméně prozkoumané.

2.2 Štěpné produkty bílkovin

Produkty štěpení bílkovin jsou významné proto, že jsou ve vodě vždy rozpustné a při vaření sladiny a mladiny se nevysráží. Jejich podíl v bílkovinách ječmene je asi 8 %. Mění se během sladování a během výroby piva. V hotovém pivu jsou obsaženy pouze produkty štěpení.

Štěpné produkty dělíme na:

a) **vysokomolekulární štěpné produkty**, které se skládají ze štěpných produktů proteinů – jsou označovány podle toho, z kterých jsou složeny (albumosy, globulosy) – a komplexu původních peptidů. Vysokomolekulární štěpné produkty příznivě ovlivňují pěnivost piva, ale jsou také původci zákalů v pivu. Nebylo však prokázáno, že by některá individuální frakce štěpení dusíkatých látek ječmene vyvolala zákal v pivu, ale přednostně se do zákalů piva začleňují peptidy z prolaminů;

b) **nízkomolekulární štěpné produkty** se skládají z nejmenších stavebních kamenů bílkovin – aminokyselin – a z peptidů vzniklých polymerizací. Dvě aminokyseliny dají vznik dipeptidu. Vazba -CO-NH- se nazývá peptidická a je charakteristická pro syntézu (spojení) molekul aminokyselin ve všech bílkovinách. Oligopeptidy obsahují celkem od 3 do 9 aminokyselin, polypeptidy se skládají z 10 až 100 aminokyselin. Níz-

komolekulární štěpné produkty bílkovin jsou pro kvasinky nezbytným zdrojem výživy, pokud mají aminoskupinu v poloze *alfa*.

2.3 Separace bílkovin podle Lundina

Na rozdíl od dělení bílkovin podle rozpustnosti (podle Osborna) je ve sladařství více používáno dělení bílkovin srážením (podle Lundina). Vysokomolekulární bílkoviny jsou v kongresní sladině vysráženy taninem. Nízkomolekulární bílkoviny ve sladině jsou stanoveny ve filtrátu po srážení molybdenanem sodným. Neméně důležitou analýzou je i stanovení celkových rozpustných bílkovin (stanovení Kolbachova čísla) a bílkovin koagulovatelných varem [10].

3 PŘEMĚNY BÍLKOVIN BĚHEM SLADOVÁNÍ A VÝROBY PIVA

3.1 Změny během sladování

Bílkoviny jsou v důsledku komplikované struktury velmi citlivé a ztrácejí své prostorové uspořádání a typické vlastnosti velmi rychle – **denaturují** – vlivem tepla nebo účinkem kyselin a hydroxidů. Tyto změny jsou nevratné a mají význam i při výrobě piva.

Bílkoviny nejsou při sladování prodýchány, nýbrž jsou použity k výstavbě nových tkání při tvorbě kořínků a střelky. Pro transport se proto musí vysokomolekulární bílkoviny přeměnit v rozpustné nízkomolekulární štěpné produkty. Tím se změní celkové složení bílkovin v zrně.

Při klíčení je asi 35 až 40 % bílkovin převedeno do rozpustné formy (rozluštění bílkovin podle Kolbacha), přitom vznikají činnosti peptidas především nízkomolekulární sloučeniny – aminokyseliny a oligopeptidy. Odbourávání (štěpení) bílkovin probíhá paralelně k syntéze nových proteinů a reakce nelze odděleně kontrolovat, ani ovlivňovat.

Část štěpných produktů bílkovin je použita k tvorbě kořínků. Proto se snižuje obsah bílkovin ve sladu o cca 0,3 % oproti obsahu bílkovin v ječmeni.

3.2 Změny během výroby piva

Nejpozději při chmelovaru se vysráží téměř všechny vysokomolekulární proteiny. V mladině zůstanou většinou rozpustné štěpné produkty bílkovin, které jsou nezbytné pro pomnožení kvasnic a rychlé prokvašení. Pozitivně se vysokomolekulární proteiny projeví v pěnivosti a plnosti piva, negativně na tvorbě zákalu.

Nízkomolekulární produkty štěpení jsou nezbytné pro výživu kvasinek. Kvasinky spotřebují z mladiny k výstavbě nových tkání v průměru asi 100 až 140 mg N na litr ve formě aminokyselin a nižších peptidů. Vysokomolekulární bílkoviny dále vypadávají, jsou adsorbovány na povrchu kvasnic, nebo jsou vynášeny pomocí bublinek CO₂ do kvasné deky. Kvasnice nejen spotřebovávají bílkoviny, nýbrž

také vytváří během kvašení a sedimentace aminokyseliny a nižší peptidy.

4 VZTAH OBSAHU BÍLKOVIN K JAKOSTI JEČMENE

4.1 Hmotnost zrna a obsah bílkovin

Obsah bílkovin v zrnech z různých částí klasu se do hmotnosti zrna promítá různě: horní zrna klasu mají více bílkovin než zrna umístěná ve spodní části klasu. Rozdíly jsou dokumentovány v příkladu v tab. 2.

Tab. 2 Vzájemný vztah obsahu bílkovin a hmotnosti zrna u různých částí klasu

Dělení klasu	Hmotnost 1000 zrn [g]	Obsah bílkovin [%]
horní třetina	39,2	10,7
střední třetina	47,3	10,3
spodní třetina	45,4	9,8

Ječmeny s vysokým obsahem bílkovin mají nižší hmotnost 1000 zrn.

4.2 Velikost zrna a obsah bílkovin

Velké obilky obsahují méně bílkovin než menší obilky. Ječmen I. třídy (podíl nad sítem 2,5 mm) má nižší obsah bílkovin než ječmen II. třídy (podíl na síte 2,2 mm) a než propad. Rozdíl je demonstrován na následujícím příkladu:

I. třída (zrna nad sítem 2,5 mm) ... 10,7 %
II. třída (zrna na síte 2,2 mm) ... 11,3 %
propad ... 12,9 %

4.3 Tvrdost zrna a obsah bílkovin

Tvrdost ječmene (sklovitost) je přímo ovlivněna obsahem bílkovin. Čím je obsah bílkovin vyšší, tím jsou ječmeny sklovitější a stoupá jejich tvrdost:

– moučnatá zrna obsahují 8,6 – 14,1 % bílkovin,
– polosklovitá zrna obsahují 10,7 – 15,2 % bílkovin,
– sklovitá zrna obsahují 12,4 – 16,6 % bílkovin.

Tvrde, vysokobílkovinné ječmeny jsou hůře luštitelné a všechny kvalitativní parametry, nejsou-li provedeny úpravy technologie sladování, nedosahují požadavků kladených na jakostní slad.

4.4 Požadavky na jakost ječmene

Je skutečností, že dřívější rozdělení ječmene podle obsahu bílkovin neodpovídá současným potřebám sladovnického průmyslu [6]. Tradiční hodnocení obsahu bílkovin v ječmeni uvádí tab. 3.

Podle současného názoru je nutno tyto hranice hodnocení obsahu bílkovin v jednotlivých skupinách jakosti ječmene zvýšit asi o 0,5 %.

4.5 Vliv obsahu bílkovin na jakostní parametry ječmene

Obsah bílkovin má přímý dopad na kvalitu sladu a zhoršuje většinu kvalitativních parametrů: při zvýšení obsahu bílkovin o 1 % klesá extraktivnost až

Tab. 3 Tradiční hodnocení obsahu bílkovin v ječmeni

Obsah bílkovin	hodnocení
pod 7,5 %	nepříznivé množství
7,5 – 8,5 %	málo příznivé množství
8,5 – 9,0 %	příznivé množství
9,0 – 10,5 %	velmi příznivé množství
10,5 – 11,0 %	příznivé množství
11,0 – 11,5 %	ještě příznivé množství
11,5 – 12,0 %	nepříznivé množství
12,0 – 12,5 %	mnoho
12,5 – 13,0 %	velmi mnoho
nad 13,0 %	abnormálně mnoho

o 0,8 %. U rozdílu extraktů moučka-šrot je zvýšení obsahu bílkovin rovněž velmi významné – je prokázáno, že každé zvýšení bílkovin o 1 % zhorší rozdíl extraktu o 0,3 – 0,5 % a Kolbachovo číslo klesá o 2 %. Naproti tomu se zvyšuje hodnota relativního extraktu při 45 °C a hodnota diastatické mohutnosti.

S obsahem bílkovin do značné míry souvisí i výše obsahu škrobu v ječmeni, který by se měl u dobrých ječmenů pohybovat kolem 63 – 64 % v sušině, aby byla zajištěna minimální hranice pro průměrnou extraktivnost sladu, tj. 81 % v sušině. Škrobová složka je nositelem extraktivnosti sladu. Je-li nedostatek škrobu v ječmeni, nelze žádnou technologii procento extraktu sladu zvýšit.

5 VÝZNAM OBSAHU BÍLKOVIN PRO TECHNOLOGII SLADOVÁNÍ

Optimální hodnota obsahu bílkovin v ječmeni se má pohybovat v rozmezí od 10,5 do 11,7 %, vyšší nebo i nižší obsah bílkovin již vyžaduje úpravu technologie sladování [7,8,9].

5.1 Ječmeny s nízkým obsahem bílkovin

Lze konstatovat, že ječmeny s nižším obsahem bílkovin (pod 10 %) jsou sice dostatečně extraktivní, ale s nízkou aktivitou enzymů. Ječmeny s obsahem bílkovin pod 10 % jsou hodnoceny jako sla-

dařsky nevhodné, enzymaticky slabé, neboť je u nich obtížné dosáhnout požadovaných hodnot relativního extraktu, množství rozpustného dusíku a výšky diastatické mohutnosti. Piva vyrobená z těchto sladů (bez surogace) jsou málo pěnivá, dále se vyznačují nízkou stabilitou pěny a prázdnější chutí.

5.2 Zásady zpracování ječmenů s vyšším obsahem bílkovin

Zrna ječmene s vyšším obsahem bílkovin jsou sklovitější a hůře přijímají vodu. Poněvadž se obecně doporučuje tyto ječmeny sladovat s vyšším obsahem vody, aby bylo dosaženo dostatečného proteolytického a cytolytického rozluštění, je v důsledku toho ječmen nutno déle namáčet, vícekrát dokrápět, případně je nutno i prodloužit klíčení hromad. Prodloužení klíčení může mít za následek silnější kontaminaci plísněmi. Sladování s vyšším obsahem vody znamená i vyšší nároky na potřeby chlazení, aby se minimalizovalo zvýšené dýchání zrna, vyšší růst kořínků a eventuální tvorba „husarů“. Celkem tak dochází ke zvýšení nákladů na vodu, teplo při hvozdnění, ke zvýšení sladovacích ztrát a ke snížení kapacity výroby. Navíc nelze zaručit dostatečnou homogenitu dokrápění, což se musí projevit v současné době ostře sledovaných parametrech jakosti sladu – homogenitě a modifikaci.

Tato technologie je dobře proveditelná pouze na pneumatických typech sladovadel. I když nižší dotahovací teploty jsou pro většinu analytických parametrů jakosti sladu příznivé, slad vyrobený s vysokým obsahem bílkovin by se měl vždy řádně dotáhnout, aby se co největší množství bílkovin vysráželo koagulací. Správného množství a složení rozpustných dusíkatých látek ve sladině a mladině lze nejlépe dosáhnout dobrým rozluštěním a dotažením sladu, než úpravou rmutování ve varně.

Ječmeny bohaté na bílkoviny posky-

tuji i slady bohaté na bílkoviny, které, jsou-li dobře rozluštěné, poskytují sladinu, mladinu a piva s vyšším obsahem trvale rozpustných bílkovin. Piva se zpravidla hůře číří. Mají sklon k chladovým zákalům a mají nižší koloidní stabilitu.

Ječmeny s vyšším obsahem bílkovin jsou vhodné pro výrobu diastatických a barevných sladů, neboť tvorba aromatických a barevných látek je závislá na množství štěpných produktů bílkovin.

6 ZÁVĚR

Cílem článku je seznámit pracovníky oboru s významem dusíkatých látek v ječmeni, jejich vlivem na jakost ječmene i sladu a současně na technologii zpracování a výtěžnost sladu. Říká-li se, že slad je duší piva, potom duší sladu je sladovnický ječmen. Duší ječmene je – jak bylo ukázáno – dusík a jeho sloučeniny, což se pravděpodobně ve sladovací kampani 2000/2001 výrazně projeví.

LITERATURA

- [1] PROKEŠ, J.: Hodnocení jakosti sklizně ječmene v ČSSR a ČR 1981 – 1999, závěrečné zprávy, VÚPS Brno
- [2] VELÍŠEK, J.: Chemie potravin, I. vyd., Tábor, OSSIS, 1999
- [3] PELIKÁN M., DUDÁŠ, F., MÍŠA, D.: Technologie kvasného průmyslu, 1. vyd., Brno, MZLU v Brně, 1996
- [4] PELIKÁN, M.: Zpracování obilnin a olejnin, 1. vyd., Brno, MZLU v Brně, 1996
- [5] KUNZE, W.: Technologie Brauer und Mälzer, Verlag VLB, Berlin 1994
- [6] LHOTSKÝ, A.: Technická kontrola sladařské a pivovarské výroby, SNTL Praha, 1957
- [7] KASTNER, J.: Zpracování ječmene s vyšším obsahem bílkovin, závěrečná zpráva, VÚPS Brno, 1976
- [8] KOSAŘ, K. et al.: Technologie výroby sladu a piva, VÚPS Praha, 2000, v tisku
- [9] BASAŘOVÁ, G., ČEPIČKA, J.: Sladařství a pivovarství, SNTL Praha, 1985
- [10] BASAŘOVÁ, G. et al.: Pivovarsko – sladařská analytika, Merkanta, Praha 1993

Lektoroval Mgr. R. Novotný
Do redakce došlo 3. 8. 2000

Prokeš, J.: Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu. Kvasny Prum. 46, 2000, č. 10, s. 277–279.

Z pivovarského hlediska je dusík jednou z nejvýznamnějších složek ječmene. Článek shrnuje nejdůležitější poznatky o formách výskytu dusíku v ječmeni, jeho vlivu na jakost ječmene a z něho vyráběného sladu. Součástí článku jsou rovněž zásady pro zpracování ječmenů s vyšším obsahem bílkovin. Okrajově je věnována pozornost i vlivu sladu na jakost a senzorkou stabilitu piva.

Prokeš, J.: Technological Significance of Nitrogenous Substances in Barley and Malt. Kvasny Prum. 46, 2000, No. 10, p. 277–279.

From the brewery point of view, nitrogen is one of the most significant components of barley. The article sums up the most meaningful pieces of knowledge about the forms

of abundance of nitrogen in barley, its influence on the quality of barley and of the produced malt. The article contains as well the principles for elaboration of barley with higher protein content. A marginal attention is given to the influence of malt on the quality and the sensoric stability of beer.

Prokeš, J.: Die technologische Bedeutung der stickstoffhaltigen Substanzen in Gerste und Malz. Kvasny Prum., 46, 2000, Nr. 10. S. 277–279.

Vom Standpunkt des Brauers stellt Stickstoff eines der wichtigsten Bestandteile der Gerste dar. Der Artikel enthält eine Zusammenfassung der bedeutendsten Erkenntnisse über die Formen des Vorkommens des Stickstoffs in der Gerste und seinem Einfluss auf die Qualität der Gerste und des aus ihr erzeugten Malzes. Der Artikel enthält auch Richtlinien für die Verarbeitung von Gersten

mit einem höheren Eiweißgehalt. Am Rande der erwähnten Problematik wird im Artikel Aufmerksamkeit auch dem Einfluss des Malzes auf die Qualität und sensorische Stabilität des Bieres gewidmet.

Прокеш, И.: Технологическое значение азотных веществ в ячмене и солоде. Kvasny Prum. 46, 2000, No. 10, стр. 277–279.

С точки зрения производства пива является азот одной из основных составных частей ячменя. В статье подытожены самые важнейшие знания наличия азота в ячмене, его влияние на качество ячменя и из него производимого солода. В статье приводятся принципы обработки ячменя с высшим содержанием белков. Внимание уделяет также влиянию солода на качество и сенсорическую стабильность пива.