

1. Literární přehled

PhMr. HANA VRTĚLOVÁ, Ing. MARIE NENTWICHOVÁ, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, pracoviště Brno

Protože běžně zavedená metodika stanovení konečného stupně prokvašení se nezdála dostačující pro posouzení sladů co do chování při výrobě piva, byla Japonci navržena nová metoda, která se liší od běžně používaných metod v několika základních bodech. Tato zkouška zkvasitelnosti — fermentabilita — byla navržena pivovarem *Kirin* [1] a na našem pracovišti se zavedla podle patentu KOBASHI-CHUO-KU [2]. Metoda byla Japonci postupně několikrát upřesněna. Tato laboratorní zkouška zkvasitelnosti se liší od běžně používaných metod. Určuje vlastně zkvasitelnost jednotlivých sladů a hloubka a rychlost prokvašování se porovnává se standardním sladem. Z každé sklizně se slad určený za standard nově vybírá. Tato metoda se blíží praxi a dává určitý obraz o tom, jak se bude slad chovat ve spilce. Fermentabilita a sedimentace kvasnic se vyhodnocuje porovnáním ke křivce standardního sladu.

Ověřením a zavedením metodiky na našem pracovišti se zabývala *Doležalová, Nentwichová* [3], další úpravy se provedly na základě konzultace s laboratoří provozu *Kirin* [4]. Vlivy faktorů technologických a pěstebních sledovala *Vrtělová, Nentwichová* [5].

Vztahy mezi analýzou sladu a piva se zabývá mnoho odborníků na celém světě. *Enari* [6] uvádí několik důvodů, které nutí k tomuto výzkumu.

1. dodržení obchodních smluv,
2. snaha o optimalizaci procesů,
3. nutnost provozní kontroly,
4. předpověď kvality piva.

Problém předpovědi chování sladu při výrobě piva a jeho vliv na kvalitu piva lze řešit různými cestami. Vědecké přiblížení vychází ze stanovení vlastních látek, např. enzymů a jejich substrátů, které mají význam pro celý proces. Druhá cesta je uvažení pokusné várky za dodržení podmínek, které dovoluje provoz. Obě tyto cesty jsou správné, neboť je zapotřebí více informací, než je dnes běžně k dispozici.

Gromus [7] doporučuje jako prostředek k zajištění jakosti sladů mikroskladovací pokusy. Důležitá je tedy otázka odrůd a postup sladování. Doporučuje především vysoký stupeň domočení a studené vedení. Pokusy dokázal, že vyšší stupeň domočení a vzdušné máčení zvyšují stupeň prokvašení a naopak vyšší sladovací teploty snižují stupeň prokvašení.

Rovněž *Sommer* [8] je stejného názoru. Cytolytické rozluštění se nejlépe reguluje obsahem vody v zeleném sladu. V novějších pracích [9] se autoři přiklánějí k názoru, že kvašení, až na malé výjimky, je jen málo ovlivněno kvalitou sladu. Přesto však v určitých případech nedostatek aminodusíku, monosacharidů nebo minerálních látek může vést k abnormálnímu kvašení.

Konečný stupeň prokvašení sladiny lze v určitých hranicích měnit rmutovacím postupem. Při stejném rmutovacím postupu je velmi úzký vztah mezi konečným stupněm prokvašení kongresní sladiny a piva. *Kremkov* [10] vyhodnotil statisticky řadu prací a našel korelační koeficienty od $r = 0,54$ do $0,87$. Průměrná míra pravděpodobnosti byla 57 %. Ale i ostatní znaky ukazovaly průkazné vztahy ke konečnému stupni prokvašení. Různými teplotami a také délkou rmutování může být dosaženo rozdílného prokvašení. Stupňováním doby rmutování od půl do tří hodin a kombinací teplot od 40 do 70 °C se dosáhne stupeň prokvašení od 71 do 93 %. Vysokého stupně prokvašení se dosáhlo právě při teplotě 62 °C.

Rmutovací teplota °C	58	62	65
Stupeň prokvašení %	80,0	82,5	81,4

Podle *Schura* [11] lze dosáhnout nejvyššího zvýšení konečného stupně prokvašení prodloužením prodlevy při 62 °C na úkor prodlevy při 52 °C. Dále byl prokázán různými autory vliv pH rmutu [12, 13, 14, 15]. Hodnota pH

by se měla pohybovat v rozmezí 5,5–5,6. Kladný vliv na hodnotu pH má dobré rozluštění a vysoké dotažení sladu. Vlivem různých způsobů valečkování a hvozďení se zabývali *Narziß* a *Stippler* [16, 17]. Při vysokých dotahovacích teplotách se významně poškozuje aktivita enzymů, což vede k trvalému poklesu stupně prokvašení. Také *Kretschmer* [18] již dříve prokázal, že při procesu hvozďení vznikají při řízení teplot a regulací prostupu vzduchu velké chyby, které mají za následek:

1. oslabení amylolytické aktivity,
2. zhoršení křehkosti,
3. zvýšení barvy kongresní sladiny,
4. snížení stupně prokvašení kongresní sladiny.

Narziß [19] rozebírá podrobně jednotlivé fáze hvozďení a změny, které nastávají ve složení zeleného sladu. Hvozďením jsou ovlivněny hlavně enzymy, a to všechny skupiny. Zjistil, že rozmezí teplot dotahovacích od 65 do 95 °C způsobuje změnu v hodnotách konečného stupně prokvašení o 6,7 %.

Dotahovací teplota °C	65	70	75	80	85	90	95
Konečný stupeň prokvašení %	87,9	87,5	85,8	84,8	83,6	81,6	81,2

Dále bylo také zjištěno, že složení minerálních látek sladu závisí nejen na složení minerálních látek výchozího ječmene, ale i na chemickém složení použité vody. Ve sladu je poměrně málo minerálních látek, přesto však jsou velmi důležité při klíčení ječmene a mají vliv na jakost hotového sladu. Odrůda má větší vliv než technologie, vliv má i ročník a pěstební místo. Pokusy bylo prokázáno, že minerální látky mají velmi důležitý vliv ve všech fázích výroby sladu i piva. Různé stupně domočení ovlivňují obsah kationtů ve sladu. Máčení je nejen infúze vody a rozpuštěného kyslíku do ječmene, ale znamená i příjem minerálních látek z vody, zvláště máčí-li se tvrdou vodou. V závislosti na fyzikálních a chemických vlastnostech může stejný stupeň domočení různým směrem ovlivnit metabolické procesy při klíčení ječmene a tím také kvalitu sladu. Voda dodávaná při máčení postřikem má menší vliv na migraci minerálních látek zrna než při máčení ve vodě s provzdušňováním. Odparek použité vody nemá být vyšší než 1 g/l [20]. *Steiner* [21] uvádí, že kvašení ovlivňuje P, K, Ca, Mg, S, Fe, což jsou látky, které musí být přítomny v dostatečném množství, avšak alespoň ve stopovém množství musí být přítomny minerální látky jako Mn, Zn, Cu, Co, B a O.

O působení stopových prvků v pivovarských surovinách, sladinně a pivu referovali *Mändl*, *Hudson*, *Rudin* a další [22, 23, 24]. Také *Kieninger* a *Boeck* [25] zastávají názor, že kovy a stopové prvky zároveň se sacharidy a aminokyselinami mají určitý vliv na prokvašení piva a jeho kvalitu. Provedli rozsáhlou studii vlivu máčecí vody na obsah stopových prvků ve sladu a odzkoušeli devět různých způsobů máčení. Obsah stopových prvků byl sledován u ječmene, čerstvé vody, v máčecích vodách a ve sladu. Byly zjištěny rozdíly u různých ječmenů rozdílného původu v Německu, ale také u ječmenů cizí proveniencence.

V poslední době se mnoho autorů zabývá analýzou máčecích vod. Z ječného zrna se při máčení uvolňují do vodního prostředí látky biologicky aktivní. Kromě fenolových látek byla nalezena i kyselina abscisínová a indolyloctová [26]. *Rademacher* a *Emeis* [27] našli, že máčecí voda obsahuje řadu důležitých látek, vitamíny nejvíce skupiny B a další. *Jahn-Deebach* [28] konal víceleté pokusy a zjišťoval obsah B₁ v ječmenu i dalších obilovinách. U 80 jarních ječmenů pěstovaných v pokus-

ných skříních při rozdílných klimatických podmínkách se prokázalo, že jednotlivé odrůdy vykazují rozdílný obsah thiaminu v závislosti na teplotě a délce osvětlení. Obsah thiaminu se může v zrně značně modifikovat vlivem proměny pěstebního místa, průběhu klimatických podmínek ročníku, hnojení, chorobami a škůdci i ještě dalšími faktory.

Rozsah hodnot různých stopových prvků

mg/kg	Hg	Cd	Se	As	Cr	Zn
v ječmenech		*				
maximum	0	0,021	0,001	0,018	0,149	32,85
minimum	0	0,001	0	0	0,016	18,75
střední hodnota	0	0,007	0	0,010	0,078	23,11
ve sladech						
maximum	0	0,011	0	0,008	0,085	8,71
minimum	0	0	0	0	0,008	3,20
střední hodnota	0	0,004	0	0,002	0,047	5,08
v pitné vodě						
hraniční hodnota	0,004	0,006	0,008	0,04	0,05	2,0

V posledních letech je stále diskutován problém vlivu kvality ječmene na kvalitu sladu a vztah kvality sladu ke kvalitě piva. Analytická definice dobrého pivovarského ječmene působí i dnes těžkostí. Podle *Sommerer* [29] se má ječmen při sladování dobře rozlušťovat, vytvořit vysokou koncentraci enzymů a dát slad s vysokým výnosem extraktu. Slad z takového ječmene lze pak v pivovare dobře zpracovat a je zajištěna vysoká kvalita piva. Při nákupu ječmene doporučuje vedle analytických kritérií, jako jsou klíčivost, bílkoviny a třídění, sledovat také provenienci a odrůdu. Odrůda má převažující vliv na kvalitu sladu. Předpověď extraktu sladu z kvality ječmene je při znalosti odrůdy reálná.

Enari [30] se zabýval problémy předpovědi kvality piva na základě kvality sladu. Za nejdůležitější hodnoty analýzy kongresní sladiny považuje: obsah extraktu, extraktový rozdíl moučka—šrot, volný aminodusík, viskozitu, rychlost filtrace, dobu zcukření, konečný stupeň prokvašení a barvu.

Miedaner et al. [31] zkoumali efekt volného aminodusíku na fermentabilitu. Tvrdí, že absolutní hladina volného aminodusíku není důležitá, nýbrž spíše procentní podíl celkového obsahu dusíku. Mělo by to být 22 %, aby fermentace dobře proběhla. Současný stav technologie sladování a přípravy mladiny by měl zaručit slady a sladiny normálně bohaté aminokyselinami, při čemž je znatelná určitá závislost na odrůdě. Kvalita sladu má dominující význam. Dostatečné množství aminodusíku je pro kvašení důležité. Parametry kvašení, teplotu, kmen kvasnic a dávku nelze stále upravovat a měnit podle kvality sladiny.

Schildbach [32] zdůrazňuje vliv odrůd na jakost sladu a piva a považuje za důležité vymezení pěstební oblasti. Rovněž *Weith* [33] se domnívá, že odrůda mění své vlastnosti jakosti vlivem klimatických podmínek. Odlišné klimatické podmínky působí na odrůdu tak, že se mění nejen obsah bílkovin, ale i obsah pluch, tvar zrna apod. a to pak působí potíže při posuzování jakosti sladovnického ječmene. *Kunze* [34] je toho názoru, že obsah amylás je závislý na odrůdě a na klimatických podmínkách, ale také na velikosti zrna. Velká zrna tvoří více amylás než malá, stejné odrůdy.

Již v roce 1977 uveřejnil *Scriban* [35] podrobný pře-

hled stavu vědomostí o sladovnických ječmenech všeobecně, o jejich hnojení, klimatických faktorech a jakosti sklizně. Zabýval se i genetikou ječmenů, obsahem enzymů technologicky důležitých, vlivem odrůdy i technologií sladování a jakostí piva. Z celé studie vyplývá, že otázka francouzských ječmenů je stále obtížným problémem, přesto, že má za sebou 70 let genetických, agronomických a biochemických výzkumů. Z četných výsledků a prací autor shrnul, že prostředí má velký vliv na kvalitu sladu a tedy i piva, aniž by bylo možno zanedbat odrůdový faktor. Faktor prostředí bude zasluhovat v budoucnu stále více pozornosti ve spojení s biochemií a bioklimatologií. Lepší znalost prostředí usnadní výběr při nákupu ječmene. Byly snahy objasnit účinky extrémních podmínek sucha, které má vliv na zpomalení fotosyntézy, zvýšení obsahu prolinu a aminokyselin. Suché klima zvyšuje obsah glukánů v ječmenu, který je rovněž odrůdovou charakteristikou. Bylo studováno působení sluneční intenzity na vývin sacharidů v ječmenu ve stadiu dozrávání. Prodloužená vegetace působí příznivě na vývin aktivity glukánás.

Vliv prostředí je nesporný a rozhodně zasluhuje určitou pozornost. Ve spojení s vlivem ročníku se podílí na složení aminokyselin, ale uplatňuje se i vliv odrůdy. Pro prostředí má patrný vliv na obsah minerálních látek. K vlivům prostředí, ročníku, odrůdy přistupují další vlivy, jako vliv doby setí, termín sklizně, klimatické faktory v době sklizně a další.

Castille [36] uvádí, že čím později je zaseto, tím se dosáhne nižší hmotnosti 1000 zrn, velikosti zrna, nižšího obsahu škrobu a hektarového výnosu zrna, ale vyšší je obsah bílkovin. U sladu se to projevuje významným zvýšením obsahu celkových dusíkatých látek, rozpustného dusíku, diastatické mohutnosti, RE při 20 a 45 °C. Obsah extraktu je však nižší, barva sladiny zvýšena.

Veselý [37] považuje léta s maximálními výnosy za charakteristická pozdějším setím, rychlým počátečním vývojem, prodlouženým sloupkovaním, kdy vegetační období je bez velkých, především srážkových výkyvů. Naopak pomalý počáteční vývoj a rychlé zrání jsou typické pro neúrodná léta. Rozhodně se zde uplatňuje i vliv předplodiny, především vliv na obsah bílkovin — vyšší po obilovině — a také vliv pěstebního místa [38]. Z dlouholetých zkušeností vyplynulo, že ročníky srážkově chudší, především v období tvorby zrna, dávají ječmeny bohaté na bílkoviny, ve vlhčích oblastech se pak vytváří více škrobu.

Doba setby ječmene je závislá na klimatických a půdních podmínkách. Je vždy snaha včasné zaset, aby se prodloužila vegetační doba. Po zasetí je žádoucí vlhké, ne příliš studené počasí. Suché počasí v době metání může způsobit na lehkých půdách pozastavení růstu, což

pak vede ke snížení výnosů a někdy i ke snížení sladovnické hodnoty ječmenů. Po metání by mělo převládat suché a teplé počasí, aby asimilace měla dobrý průběh a tím se zajistil vývoj vysoce extraktivních a dobře klíčících ječmenů [19].

O jakosti zrna rozhodují ovšem i další pěstební podmínky, jako úroveň N-hnojení, zařazení do osevního sledu apod. Faktory, které působí pozitivně na výnos, působí pozitivně i na jakost. Předpoklady pro požadovanou jakost vytváří v rámci zemědělského závodu pěstební technologie. Například byl prokázán vliv hloubky orby. Měličí zpracování se vyznačuje nižší mikrobiální činností v orničním profilu a také pomalejším uvolňováním dusíku z půdní zásoby. Tak lze docílit sklizeň s požadovaným nízkým obsahem bílkovin a vyšším podílem předního zrna. Hlubší orba vede k poklesu extraktu a ke zvýšení obsahu bílkovin. Minimální zpracování půdy je tedy výhodné, při něm se pomaleji rozkládají rostlinné zbytky. Vyšší ulehlost půdy snižuje příjem dusíku rostlinou a to má příznivý účinek na obsah bílkovin v zrně a extraktu ve sladu [39].

Dalším důležitým faktorem je termín sklizně a povětrnostní podmínky v době sklizně. Prokázalo se, že termín sklizně způsobuje v průměru širší kolísání hodnot hlavních znaků jakosti než způsobí posklizňové úpravy a skladování. Slady z ječmenů sklizených v plné zralosti jsou bohatší enzymy. Stupeň zralosti ovlivňuje rovněž délku a průběh posklizňového klidu [40].

Dobou sklizně a klimatickými podmínkami v době sklizně se zabývala řada cizích i našich autorů. *Voňka* [40] pokládá pro naše sladovnické ječmeny za optimální termín sklizně žacími mlátičkami plnou zralost, a to jak z hlediska jakosti zrna, tak i sklizňových ztrát. Opožděnou sklizeň nepokládá za vhodnou, neboť zrno ve fázi mrtvé zralosti je citlivé na povětrnostní podmínky, což může mít vliv na prodloužení klíčivého klidu.

Matematický model o statistické optimalizaci výroby sladu [41] byl vypracován na základě použití jednoduchých a složitých korelačních analýz. Umožňuje stanovit vzájemné vazby parametrů ječmene a sladu. V procesu výroby sladu byl sledován vliv doby máčení, extrakt ječmene a sladu, amylolytická schopnost, extraktový rozdíl moučka—šrot, doba provětrávání a teplota vody při máčení, teplota při klíčení. Koeficienty je třeba zpřesňovat v každé kampani pro jednotlivé nasávací oblasti nákupu ječmene samostatně. Matematický model umožňuje vypočítávat extraktivnost ječmene z obsahu pluch, bílkovin a dusíku a extrakt a rozluštění sladu podle parametrů jakosti ječmene. Tak byl potvrzen vliv průměrné klimatu na výtěžnost a jakost ječmene, a to především extraktu, bílkovin a hmotnosti 1000 zrn.

(Pokračování)