

Změny kvality sladu v průběhu posklizňového dozrávání ječmene

Malt quality during the post-harvest maturation of barley

HELENA FIŠEROVÁ¹, JOSEF PROKEŠ², ALENA HELÁNOVÁ², JIŘÍ HARTMANN³

¹ Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno / Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

² Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno / Research Institute of Brewing and Malting, Plc., Malting Institute, Mostecká 7, CZ-614 00 Brno

³ Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, odbor odrůdového zkušebnictví / Central Institute for Supervision and Testing in Agriculture, Brno, Department of Variety Testing
e-mail: hfiser@mendelu.cz

Fišerová, H. – Prokeš, J. – Helánová, A. – Hartmann, J.: Změny kvality sladu v průběhu posklizňového dozrávání ječmene. Kvasny Prum. 56, 2010, č. 2, s. 93–99.

Jarní ječmeny nejsou schopny v období krátce po sklizni poskytnout kvalitní slad. Důvodem je vstup obilky do dormance, kdy obilky špatně a nevyrovnaně klíčí. Proto byl sledován průběh dormance ve vztahu ke kvalitativním parametrům vyrobeného sladu a fyziologickému stavu obilky v termínech ihned po sklizni, tři a šesti týdnů po sklizni. U šesti odrůd sladovnického ječmene (Bojos, Jersey, Malz, Prestige, Sebastian a Tolar) byla stanovena produkce ethylenu, ethanu, oxidu uhličitého a spotřeby kyslíku při výrobě sladu. U vyrobeného sladu byla stanovena aktivita α -amylasy, obsah β -glukanů, homogenita sladu, modifikace sladu a výtěžnost sladování.

Pomocí statistické krokové regrese byly zjištěny průkazné závislosti mezi produkcí ethylenu a výtěžností sladování. Produkce ethylenu v průběhu máčení a klíčení ječmene je závislá na obsahu β -glukanů, na homogenitě a modifikaci sladu. Při zahájení klíčení je produkce ethylenu výsoce průkazným ukazatelem aktivity α -amylasy. Produkce oxidu uhličitého je v přímém souladu s ukazatelem homogenity a modifikace sladu. Množství spotřebovaného kyslíku již po první namáče ječmene ukazuje na výtěžnost sladování (nepřímá závislost) a budoucí modifikaci sladu.

Fišerová, H. – Prokeš, J. – Helánová, A. – Hartmann, J.: Malt quality during the post-harvest maturation of barley. Kvasny Prum. 56, 2010, No. 2, p. 93–99.

Within the period following immediately after the harvest, spring barley crops cannot produce malt of good quality. The main reason of this fact is that the kernels enter into the stage of dormancy, which causes their bad and unbalanced germination. Due to this fact the relation of dormancy to qualitative parameters of produced malt and physiological condition of malting barley kernels was followed immediately after the harvest and in intervals of three and six weeks after the harvest. Production of ethylene, ethane, and carbon dioxide as well as oxygen consumption during the period of malt production was studied in six varieties of malting barley (viz. Bojos, Jersey, Malz, Prestige, Sebastian, and Tolar). In produced malt the following parameters were estimated: activity of α -amylase, content of β -glucans, malt homogeneity, malt modification, and yield of malting.

Using the method of statistical stepwise regression, significant dependences existing between ethylene production and yield of malting were found out. During the period of barley steeping and germination, production of ethylene is dependent on the content of β -glucans and malt homogeneity and modification. At the beginning of germination, production of ethylene represents a highly significant indicator of α -amylase activity. Production of carbon dioxide is directly related to malt homogeneity and modification. The amount of consumed oxygen indicates indirectly the potential yield of the malting process and future malt modification even after the first steeping.

Fišerová, H. – Prokeš, J. – Helánová, A. – Hartmann, J.: Die Malzqualität im Laufe der Nachreifung der Gersten. Kvasny Prum. 56, 2010, Nr. 2, S. 93–99.

Im Zeitraum kurz nach der Ernte können die Sommergersten zur Herstellung eines guten Malzes nicht angewandt werden. Die Ursache ist der Eintritt des Kornes in Dormanz, im diesen Zeitraum das Korn schlecht und unegal keimt. Deswegen wurden im Bezug auf die Qualitätsparameter des hergestellten Malzes und den physiologischen Zustand der Grasfrucht der Verlauf der Dormanz im Zeitraum unmittelbar nach der Ernte, drei und sechs Wochen nach der Ernte verfolgt. Bei sechs Sorten der Braugerste (Bojos, Jersey, Malz, Prestige, Sebastian und Tolar) wurde die Äthylen-, Methan-, Kohlensäureproduktion und Sauerstoffbedarf während der Malzherstellung ermittelt. Weiterhin wurden die Aktivität der α -Amylase, β -Glukan Gehalt, Malzhomogenität, Malzmodifikation und Ausbeute der Malzbereitung festgestellt. Durch die statistische Schrittregression wurden die beweiskräftigen Abhängigkeiten zwischen der Äthylenproduktion und Ausbeute der Malzbereitung ermittelt. Die Äthylenproduktion hängt von dem β -Glukan Gehalt, der Homogenität und der Malzmodifikation ab. Am Anfang der Keimung gibt's die Äthylenproduktion als einen hochnachweislichen Parameter der Aktivität der α -Amylase. Die Kohlensäureproduktion steht in einer direkten Übereinstimmung mit dem Indikator der Homogenität und mit der Malzmodifikation. Schon nach dem ersten Anweichen weist der Sauerstoffbedarf auf die Ausbeute der Malzbereitung (undirekte Proportion) und auf die künftige Malzmodifikation.

Klíčová slova: jarní ječmen, slad, kvalita, posklizňové dozrávání

Keywords: spring barley, malt, quality, post-harvest maturation

1 ÚVOD

Proces zrání obilky v klasu je doprovázen zvyšující se produkcí ethylenu, která koresponduje v přímé závislosti se zvyšujícím se obsahem ABA v obilce. V průběhu dormance produkce obou sledovaných růstových regulátorů klesá [1]. Obilky obsahující dormantní aleuronovou vrstvu sice mohou začít klíčit, ale v průběhu sladování budou vytvářet nižší aktivitu hydrolas. To má za následek nedostačující rozluštění (modifikaci) škrobového endospermu [2], a tím i snížení kvality sladu. Dormance je založena geneticky [3] a pokusy konané při posklizňové úpravě zrna působením vyšších či nižších teplot dormanci obilky výrazně neovlivní [4,5].

1 INTRODUCTION

In ears, the process of kernel maturation is associated with an increasing production of ethylene, which directly corresponds with the increasing content of abscissic acid (ABA) in caryopses. In the course of dormancy, production of both aforementioned growth regulators is decreasing [1]. Although the kernels containing a dormant aleuronic layer can begin to germinate, the activity of hydrolases in the course of malting is reduced. This results in an insufficient modification of starch endosperm [2], and, thus, also in a reduced quality of malt. The process of dormancy is determined genetically [3] and it was experimentally found out that the effect of both higher

Obilky ječmene různých odrůd nemají stejnou délku dormance a to se při sladování projevuje nestejnoměrným nástupem a rychlostí klíčení obilky. Dojde k nehomogenní přeměně zrna ječmene ve slad. Kvalita sladu je výsledkem vlivu odrůdy, ročníku sklizně ječmene a podmínek sladování.

Cílem řešení bylo ověřit vliv odrůdy a termínu sladování (doby po sklizni) na výtěžnost sladování a kvalitu sladu, charakterizovanou aktivitou α -amylasy, obsahem β -glukanů, modifikací a homogenitou sladu ve vztahu k produkci ethylenu, ethanu, oxidu uhličitého a spotřeby kyslíku v procesu výroby sladu.

Ethylen patří mezi fyziologicky účinné plyny (hormon uvolňovaný rostlinou do prostředí, jehož prekurzorem je ACC (1-amino-cyklopropan-1-karboxylová kyselina). Vzniká v rostlinách z aminokyseliny methioninu. Ethan vzniká při oxidaci tuků [6] a je uváděn jako indikátor lipidové peroxidasy [7]. Je produkován poškozenými buňkami. Produkce ethanu a ethylenu byla sledována především ve vztahu ke stresu [8] a poměr obou uhlovodíků je pravděpodobně indikátorem stupně stresu.

Do procesu klíčení zasahuje oxid uhličitý, který je produktem aerobního dýchání při klíčení obilky ječmene a intenzitu klíčení lze sledovat v uzavřeném systému i podle množství spotřebovaného kyslíku, který je nezbytný pro růstové a vývojové reakce rostlin.

2 MATERIÁL A METODIKA

V práci byly sledovány obilky ječmene odrůd Bojos, Jersey, Malz, Prestige, Sebastian a Tolar, ze sklizně 2008 v pokusné stanici v Žabčicích. Laboratorní pokusy byly provedeny v přesně definovaných objemech (3600 ml), a počtu zrn ječmene (2000 ks). Po ukončení doby máčení byly obilky v drátěných nádobkách přemístěny do lahví a vzduchotěsně uzavřeny pryžovou membránou. Odběr plynu byl proveden po 24 hodinách přes pryžovou membránu jehlou s 2 ml stříkačkou, které byly zapíchnuty s odebraným vzorkem plynu do označených pryžových zátek. Po té byly lahve otevřeny a pokusný materiál byl dle potřeby metodiky pokusu vážen, máčen a obrácen. Odebrané vzorky plynů byly analyzovány na plynových chromatografech [9,10,11].

V pokusu byla zvolena technologie vzdušného máčení, označena 3h-3h-45 %. Číselné údaje uvádějí dobu namočení (hodiny) první a druhý den a upravení obsahu vody třetí den máčení (teplota vody 14 °C). Klíčení ječmene (tma, 14 °C, celkem 6 dní) a hvozdění probíhalo standardní technologií (teplota dotahování sladu 80 °C po dobu 4 h). Termíny sladování byly T1 – ihned po sklizni (18. 7. 2008), T2 – 3 týdny po sklizni (8. 8. 2008) a T3 – 6 týdnů po sklizni (29. 8. 2008).

Statistické hodnocení bylo provedeno metodou reziduální maximální věrohodnosti s využitím programu REML (1995) a vícenásobným porovnáním významnosti jednoduchých kontrastů metodou LSD.

3 SLEDOVANÉ PARAMETRY KVALITY SLADU

1. Aktivita α -amylasy – aktivita enzymu je závislá na odrůdě a podmínkách sladování, tvoří se *de novo*. Gibbereliny z embrya vnikají do aleuronové vrstvy, ve které indukují tvorbu α -amylasy, která s dalšími hydrolytickými enzymy v endospermu odbourává škrob.

2. Obsah β -glukanů ve sladu – endospermální buňky u štiťku obsahují β -glukany, které ovlivňují pohyb hydrolytických enzymů ze štiťku do endospermu. Je to významný parametr pivovarské jakosti sladu. Množství odbouraného β -glukanu (BGI) je ukazatelem aktivity β -glukanasy a technologických podmínek sladování. Buněčné stěny v endospermu bohaté na β -glukan se štěpí během sladování. Tento proces se zviditelní barvivem Calcofluor, které specificky reaguje na β -glukanasy obsažené v buněčných stěnách. V UV světle analyzátoru (systém Carlsberg) jsou rozluštěné části zrn výrazně modré, nerozluštěné světlejší až bílé.

3.-4. Homogenita a modifikace sladu – metoda rozboru kvality sladu dle EBC (metoda dle Carlsbergu), která objektivně posoudí úroveň podmínek sladování a umožní vysoce spolehlivý odhad dalších parametrů jakosti sladu.

5. Výtěžnost sladování – významný ekonomický parametr. Pomocí něho lze zpětně posoudit průběh technologie sladování a fyziologický stav zrna.

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Prezentované výsledky ukázaly, že produkce plynů obilkami ječmene (obr. 1–6) je ukazatelem fyziologického stavu obilky při výrobě

and/or lower temperatures on the course of dormancy was not too marked [4,5].

In kernels of different barley varieties the length of dormancy is not the same; during the process of malting, this is manifested in an uneven onset and rate of kernel germination so that the grain is transformed unevenly into malt. The final quality of produced malt is influenced by variety, year of harvest and conditions of malting.

The objective of this study was to test effects of the variety and of the date of malting (i.e. the duration of the period after grain harvest) on the yield of malting and malt quality as characterised by activity of α -amylase, content of β -glucans, modification and homogeneity of malt in relation to production of ethylene, ethane, carbon dioxide, and oxygen consumption within the process of malting.

Ethylene belongs to the group of physiologically efficient gases; this hormone is released by plants into the medium and its precursor is ACC (1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid), which is the product of degradation of methionine. Ethane is produced during the oxidation of fats [6] and is mentioned as an indicator of the level of lipid peroxidase (Celikel, Vandoorn, 1995). It is produced by damaged plant cells. Ethylene production was followed above all with regard to the stress conditions (Chrominski *et al.*, 1986); it seems that the ratio existing between these two hydrocarbons is an indication of the stress degree.

The process of germination is affected by carbon dioxide, which is produced in the course of aerobic respiration of barley kernels. In a closed system, the intensity of germination can be monitored also on the base of the amount of consumed oxygen because it is indispensable for growth and development of plants.

2 MATERIAL AND METHODS

In this study kernels of barley varieties Bojos, Jersey, Malz, Prestige, Sebastian, and Tolar were used. These varieties were harvested in 2008 on the University Training Farm in Žabčice. Laboratory experiments were performed in containers with exactly defined volumes (3,600 ml) and with constant numbers of barley kernels (2,000 pieces). After the end of steeping, kernels were placed into small wire containers and transferred into airtight bottles closed with rubber membranes. Gas was sampled after 24 hours using a 2-ml syringes, which were dug into the labelled rubber plugs. Thereafter the bottles were opened and the experimental material was weighed, steeped and turned. Gas samples were analysed in a gas chromatograph [9,10,11].

In this experiment the method of dry rest steeping was used, labelled as 3-3-45 %. These numbers indicate the duration of steeping, the number of days and the content of water at the beginning of germination. Water temperature was 14 °C and the kernels germinated in darkness at the temperature of 14 °C. Barley kernels were kiln-dried using a standard technology (altogether 6 days at the kiln temperature of 80°C for a period of 4 h). Individual dates of malting were as follows: T1 – immediately after the harvest (18-07-2008), T2 – 3 three weeks after the harvest (08-08-2008), and T3 – 6 weeks after the harvest (29-08-2008).

Statistical analysis was performed using the residual maximum likelihood method (REML; 1995) and the Fisher's LSD method.

3 MALT QUALITY PARAMETERS

1. Activity of α -amylase – The activity of this enzyme is dependent on the variety and malting conditions; it is created *de novo*. Gibberelins contained in embryo penetrate into the aleuronic layer where they induce the synthesis of α -amylase, which digests (together with other hydrolytic enzymes) endospermic starch.

2. Content of β -glucans in malt – Endospermic cells near the scutellum contain β -glucans, which influence the transport of hydrolytic enzymes from the scutellum into the endosperm. This is an important parameter of brewing value of malt. The amount of degraded β -glucans (BGI) is an indicator of β -glucanase activity and technological conditions of malting. In the course of malting, β -glucane-rich cell walls present in endosperm are splitted; to make this process visible, the dye Calcofluor can be used because it specifically reacts with these compounds. Under UV light of the foam stability analyzer (system Carlsberg) the splitted parts of kernels are markedly blue while the colour of non-splitted ones is lighter or even white.

3.-4. Malt homogeneity and modification – The EBC method of the analysis of malt quality (Carlsberg method) enables an objective

Tab. 1. Kvalita sladu jednotlivých odrůd ve třech termínech odběru vyjádřená číselnou hodnotou aktivity α -amylasy, obsahem β -glukanů, homogenitou, modifikací sladu a výtěžností sladu se statistickým hodnocením průkaznosti mezi odrůdami. Poloha X v posledním sloupci vyjadřuje statistickou průkaznost / *Table 1 Quality of malt made from individual varieties after three dates of sampling as expressed by numeric values of α -amylase activity, content of β -glucans, and malt homogeneity, modification and yield (statistical significance of intervarietal differences)*

		2008				Statistická průkaznost / Hom. Gr.
		Odběr I Sampling I	Odběr II Sampling II	Odběr III Sampling III	Průměr LS Mean	
Aktivita α-amylasy Activity of α-amylase (U/g)	Bojos	45.00	38.30	45.00	44.00	X
	Jersey	41.00	40.00	44.00	41.66	X
	Malz	46.67	38.67	42.33	42.55	X
	Prestige	37.67	34.67	36.67	36.33	X
	Sebastian	38.00	36.00	33.33	35.70	X
	Tolar	37.00	31.33	34.33	34.22	X
Obsah β-glukanů Content of β-glucans (%)	Bojos	0.79	0.82	0.75	0.78	X
	Jersey	0.95	1.17	0.90	1.00	X X
	Malz	1.17	1.18	1.00	1.11	X X
	Prestige	1.18	1.29	0.98	1.14	X
	Sebastian	0.98	1.00	0.98	0.98	X
	Tolar	1.15	1.23	10.8	1.15	X
Homogenita Homogeneity (%)	Bojos	73.30	69.90	78.45	73.93	X X
	Jersey	71.07	68.50	76.70	72.12	X X X
	Malz	68.15	65.25	80.07	71.16	X X
	Prestige	73.06	71.42	79.20	74.59	X
	Sebastian	71.30	66.26	76.36	71.31	X X
	Tolar	68.00	64.11	77.78	69.98	X
Modifikace Modification (%)	Bojos	84.50	82.75	89.00	85.43	X
	Jersey	81.00	75.65	84.00	80.43	X
	Malz	81.00	73.10	90.70	81.62	X X
	Prestige	79.57	75.11	88.15	80.95	X
	Sebastian	76.65	73.50	84.31	78.16	X
	Tolar	79.10	76.00	89.12	81.41	X
Výtěžnost sladování Malt yield (%)	Bojos	91.15	92.96	94.54	91.88	X
	Jersey	91.40	91.80	91.40	91.41	X
	Malz	91.47	93.25	91.27	91.99	X
	Prestige	92.02	93.30	92.46	93.31	X
	Sebastian	92.40	95.10	94.30	92.73	X
	Tolar	92.21	93.34	92.59	92.71	X

sladu. Ethylen je odbouráván na oxid uhličitý a ethylenoxid a tvorba ethylenu podléhá autokatalýze i autoinhibici. Hydrofobní molekula ethylenu proniká snadno membránami, zvyšuje jejich propustnost pro průchod některých látek, aktivuje příjem některých iontů a zvyšuje aktivaci a tvorbu α -amylasy v obilkách ječmene, což se v našich pokusech potvrdilo. Beltrano et al. [12] sleduje po aplikaci ethephonu (2-chlorethylphosphonová kyselina, která biologickým rozkladem uvolňuje ethylen) zvýšenou produkci ethylenu a urychlené dozrávání obilky a aplikací inhibitoru ethylenu sníženou produkci ethylenu a prodloužené období dozrávání obilky, čímž potvrzuje aktivní roli ethylenu při dozrávání obilky pšenice.

Byly zaznamenány rozdíly v produkci ethylenu v jednotlivých termínech odběru – což je lépe viditelné na sumě produkci plynů na obr. 7. Nejvyšší produkce ethylenu (statisticky průkazná) byla v I. termínu, v II. termínu byl zaznamenán pokles, a ve III. termínu zvýšení. Odrůdové rozdíly v produkci ethylenu nebyly statisticky významné. Produkce po třetí namáče je statisticky průkazně závislá na aktivitě α -amylasy, homogenitě, modifikaci a výtěžnosti sladu. Produkce ethylenu třetí den klíčení při výrobě sladu je statisticky průkazně závislá na obsahu β -glukanů (obr. 1–6).

U produkce ethanu byly statisticky průkazné rozdíly v jednotlivých termínech odběru. Nejvyšší produkce ethanu byla v prvním termínu, následovalo snížení produkce ve druhém a opětový nárůst ve třetím termínu. Nejnížší produkce ethanu byla zaznamenána u odrůd Bojos a Tolar, nejvyšší u Jersey. Obdobný trend produkce ethylenu a ethanu v jednotlivých odběrech po sklizni byl zaznamenán v předchozích letech u odrůd Alexis, Akcent a Krona [1, 13]. Produkce ethanu třetí den klíčení při výrobě sladu je statisticky závislá na obsahu β -glukanů a aktivitě α -amylasy, homogenitě a modifikaci sladu a výtěžnosti sladování (obr. 1–6).

Produkce oxidu uhličitého se v průběhu sladování zvyšovala a nejvyšší byla ve třetím termínu bez statisticky průkazných rozdílů mezi

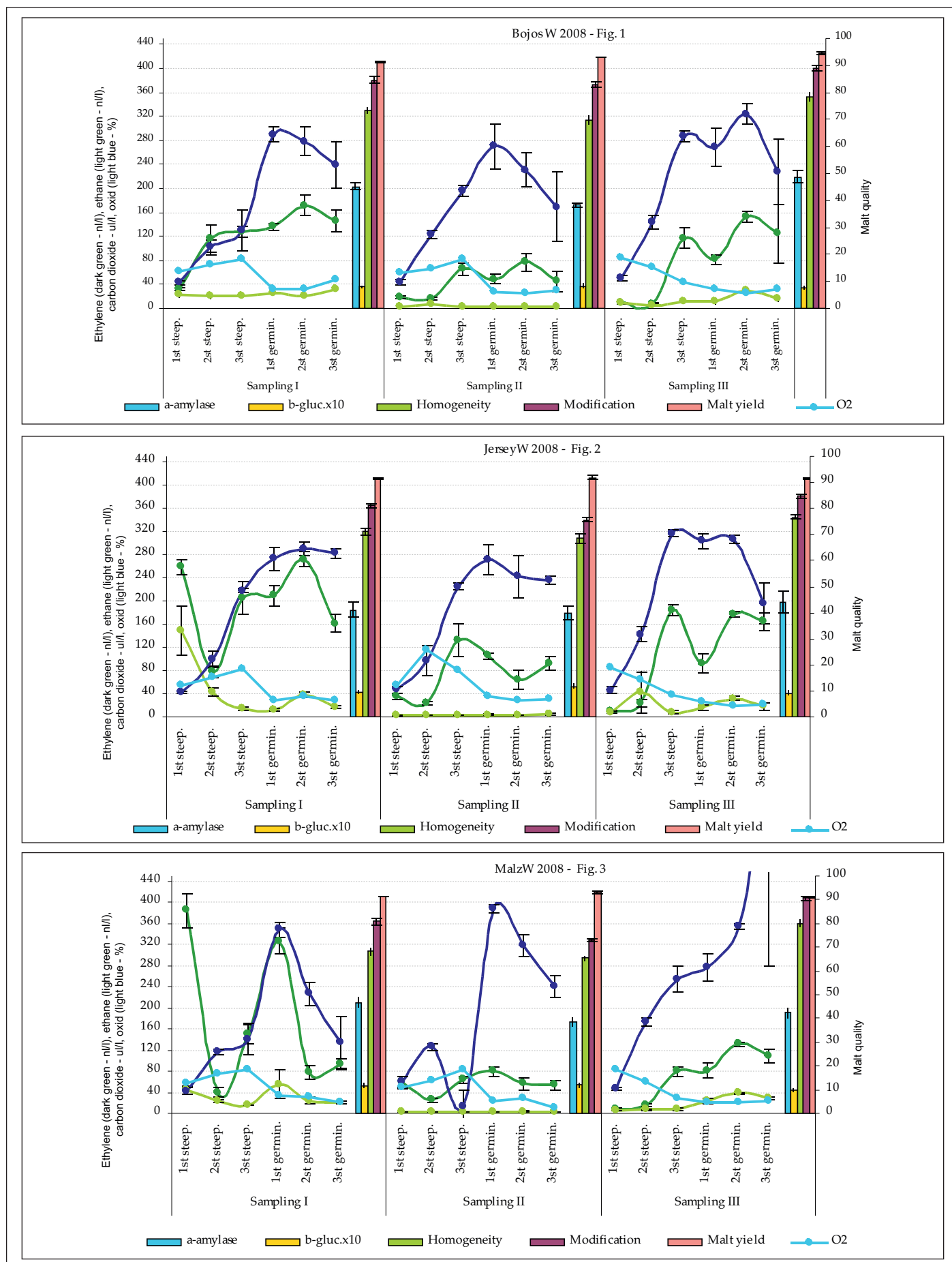
evaluation of the quality of malting conditions and results in a highly reliable estimation of other parameters of malt quality.

5. Yield of malting – This is an important economic parameter, which enables a retrospective evaluation of the malting technology and of the physiological condition of grain.

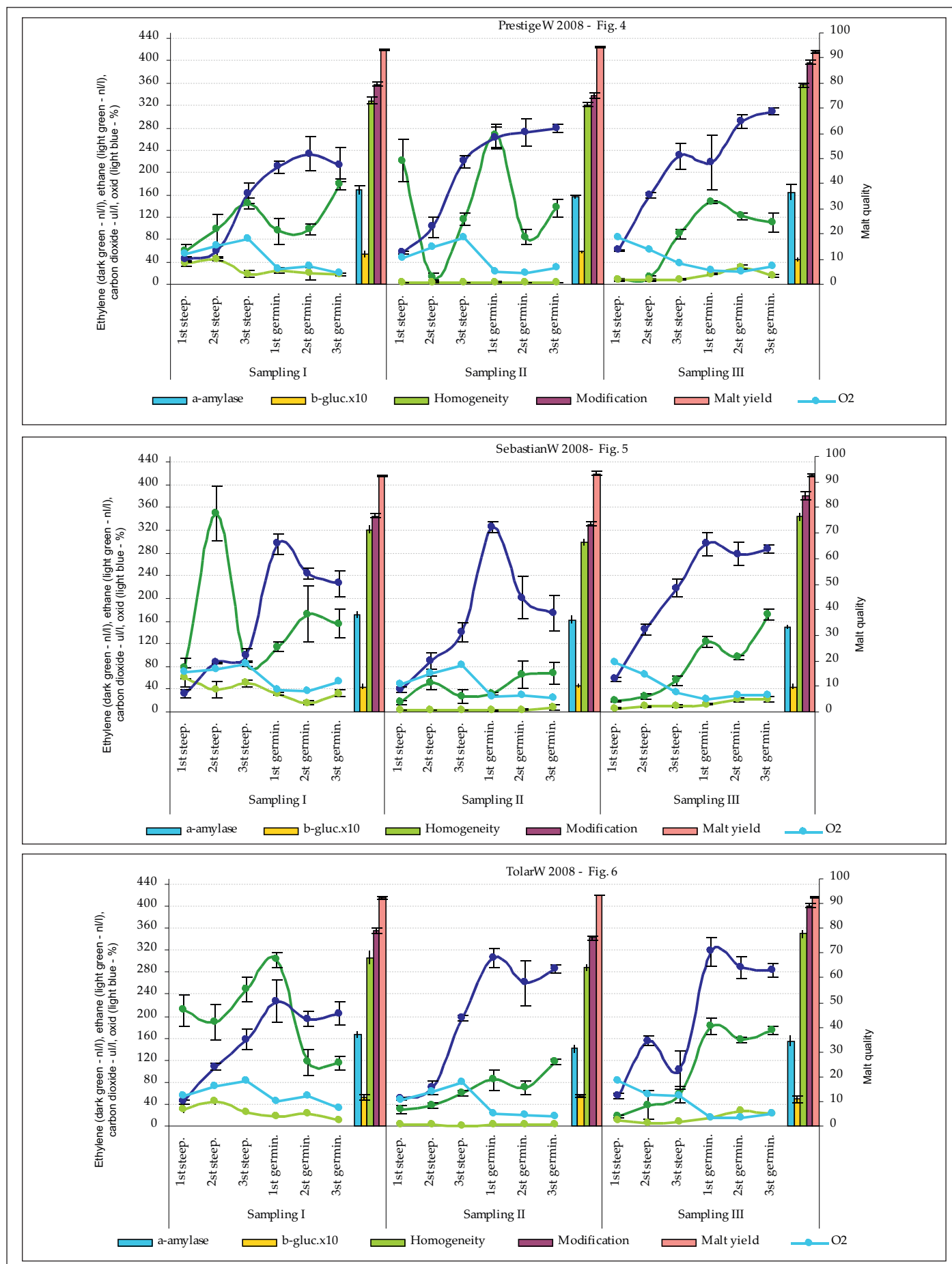
4 RESULTS AND DISCUSSION

The presented results indicate that the production of gases by barley kernels (Fig. 1–6) is an indicator of the physiological condition of kernels within the process of malt production. Ethylene is degraded to carbon dioxide and ethylene oxide. The synthesis of ethylene is dependent on its concentration in the inter-grain space; at lower concentrations, it shows a promoting effect on grains and supports its further release while at higher ones its effect is rather inhibiting. Hydrophobic ethylene molecules penetrate quite easily through cell membranes and increase their permeability for some compounds. This gas also increases the intake of some ions and enhances the synthesis and activity of α -amylase in barley kernels. This observation was corroborated also in our experiments. After the application of ethephone, Beltane et al. [12] observed not only an increased production of ethylene but also accelerated maturation of kernels. On the other hand, the application of ethylene inhibitors resulted in a decrease in ethylene production and also in the extension of the period of kernel maturation. This corroborates the observation that ethylene plays an active role in the process of maturation of wheat kernels.

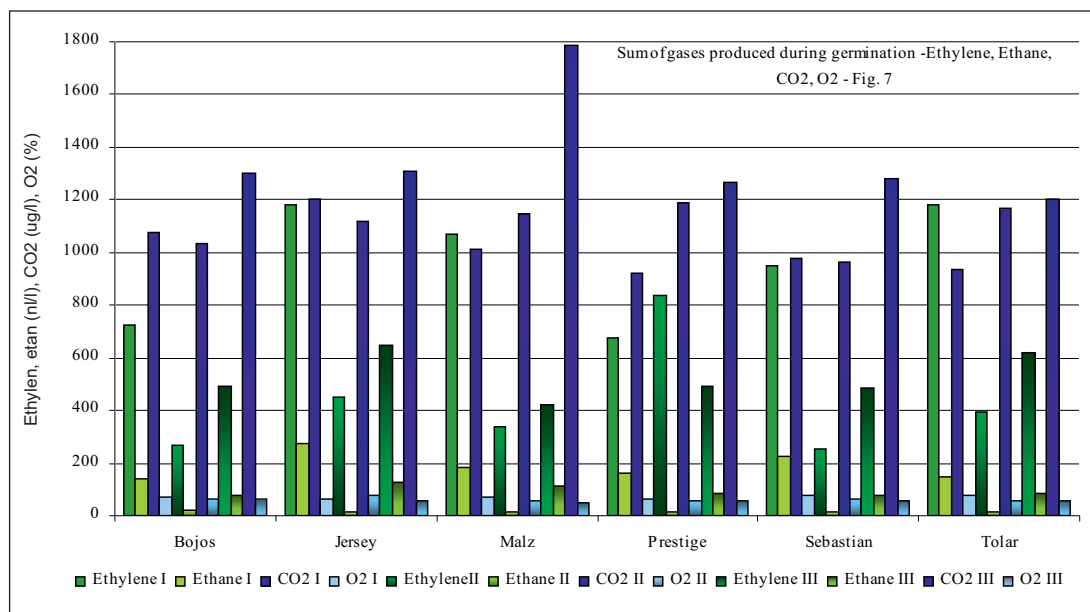
There were differences in ethylene production on individual dates of sampling; this was indicated above all by the sum of gas production (Fig. 7). The highest (statistically significant) production of ethylene was observed immediately after the harvest (TI); after 3 weeks (TII), a decrease was observed while after 6 weeks (TIII) there was



Obr. 1–6: Produkce plynů (ethylen, ethan, CO₂ a O₂) při výrobě sladu z jednotlivých odrůd ječmene (Bojos, Jersey, Malz, Prestige, Sebastian a Tolar) a kvalita sladu vyjádřená aktivitou α -amylasy, obsahem β -glukanů, homogenitou, modifikací sladu a jeho výtěžností ve 3 termínech odběru / Fig. 1–6 Production of gases (ethylene, ethane, CO₂ and O₂) when producing malt from individual barley varieties (Bojos, Jersey, Malz, Prestige, Sebastian and Tolar) and malt quality as expressed by the activity of α -amylase, content of β -glucans, malt homogeneity, modification and yield on three dates of sampling.



Obr. 7 Suma produkce plynů v jednotlivých odběrech u sledovaných odrůd / Fig. 7 Sum of produced gases as recorded after individual samplings performed in varieties under study



odrůdami. Toto zjištění je v souladu s již dříve uvedenými závěry, kdy vysoká produkce oxidu uhličitého ukazuje na vysokou homogenitu a modifikaci sladu [11, 14, 15]. U spotřeby kyslíku během máčení (kdy byla nejnižší) a ani při nejvyšší spotřebě kyslíku u 3. dne klíčení nebyly odrůdové rozdíly zaznamenány, ale byla zjištěna statistická průkaznost mezi jednotlivými odběry (obr. 1–6).

1. Aktivita α -amylasy byla vysoce statisticky ovlivněna odrůdou a termínem sladování (nejvyšší byla v prvním a třetím termínu). Nejnížší aktivitu α -amylasy měla odrůda Tolar, nejvyšší aktivita α -amylasy byla zjištěna u odrůdy Bojos (obr. 8, tab. 1).

2. Obsah β -glukanů byl statisticky významně ovlivněn termínem sladování – nejnižší byl ve třetím odběru a u odrůdy Bojos. Nejvyšší obsah β -glukanů vykazaly odrůdy Prestige a Tolar (obr. 8, tab. 1).

3. Homogenita sladu byla vysoce statisticky ovlivněna pouze termínem sladování (nejvyšší byla ve třetím termínu). Prokázaly se významné odrůdové rozdíly: odrůda Tolar měla homogenitu nejnižší, odrůda Prestige měla homogenitu nejlepší (obr. 8, tab. 1).

4. Modifikace sladu byla statisticky ovlivněna termínem sladování (obr. 8, tab. 1). Dále se prokázal vliv odrůdy, kdy odrůda Sebastian měla modifikaci sladu nejnižší a odrůda Bojos nejvyšší.

5. Výťažnost sladování byla statisticky vysoce významně ovlivněna odrůdami ječmene a termínem sladování. Odrůdy se podle výťažnosti prakticky rozdělily na dvě skupiny. Ve skupině s nižší výťažností jsou odrůdy Jersey, Bojos a Malz. Tyto odrůdy jsou vzájemně statisticky nerozlišitelné. Druhá skupina s vyšší výťažností jsou odrůdy Tolar, Sebastian a Prestige, přičemž lze od sebe rozlišit pouze odrůdu Tolar a Prestige. Nejvyšší výťažnost byla ve druhém termínu odběru (graf 8, tab. 1).

5 ZÁVĚR

V laboratorních pokusech se prokázal vliv dormance obilí ječmene charakterizované produkcí ethylenu, ethanu, CO_2 a O_2 na výťažnost sladování a kvalitu sladu. Celková produkce plynů byla v termínu ihned po sklizni nejvyšší, ve druhém odběru se snížila a ve třetím odběru se opět zvýšila. Obdobně kolísala i kvalita sladu, i když vliv termínu sladování nebyl jednoznačně průkazný. Spotřeba kyslíku se v průběhu sladování zvyšovala. Vyšší produkce oxidu uhličitého souvisí s vysokou homogenitou a odpovídá za modifikaci sladu.

Produkce ethanu ve třetím dni klíčení byla statisticky závislá na obsahu β -glukanů, aktivitě α -amylasy, homogenitě a modifikaci sladu a výťažnosti sladování. Produkce ethylenu po třetí namáče je statisticky průkazně závislá na aktivitě α -amylasy, homogenitě, modifikaci a výťažnosti sladu. Produkce ethylenu třetí den klíčení při výrobě sladu je statisticky průkazně závislá jen na obsahu β -glukanů.

Vliv odrůdy byl ve srovnání s ostatními pokusnými faktory většinou statisticky nevýznamný. Statisticky významně nejvyšší obsah β -glukanů měly odrůdy Tolar, Prestige a Malz a vykazovaly také nejvyšší výťažnost sladování. Tento již opakovaně uvedený závěr je dále do-

another increase. Intervarietal differences in ethylene production were statistically insignificant. After the third steep the production of ethylene was statistically significantly dependent on the activity of α -amylase, homogeneity, modification and yield of malt. On the 3rd day of germination, production of ethylene was statistically significantly dependent on the content of β -glucans in grain (Fig. 1–6).

As far as production of ethylene on TI – TIII was concerned, the observed differences were statistically significant. The highest production of ethane was recorded on TI. On TII, there was a decrease and on TIII, another increase was observed. The lowest production of ethane was found out in cultivars Bojos and Tolar while the highest one in the

cultivar Jersey. In previous years, a similar trend in production of ethylene and ethane on individual dates of sampling was recorded in varieties Alexis, Akcent, and Krona [1, 13]. When producing malt, release of ethane on the 3rd day of germination was statistically dependent on the content of β -glucans, α -amylase activity, homogeneity, modification and yield of malt (Fig. 1–6).

In the course of malting, production of carbon dioxide increased and the maximum levels were recorded on TIII. There were no significant intervarietal differences on this date. This observation corresponds with earlier findings according to which a high production of carbon dioxide indicates a high degree of malt homogeneity and modification [11, 14, 15]. The lowest and the highest values of oxygen consumption were recorded during the steeping and on the 3rd day of germination, respectively. The intervarietal differences were not significant while the differences observed between individual dates of sampling were statistically significant (Fig. 1–6).

1. Activity of α -amylase was influenced by the variety and the date of harvest. These effects were statistically highly significant (the maximum effect was observed on the first and the third date of sampling). The lowest and the highest values of α -amylase activity were found out in varieties Tolar and Bojos, respectively (Fig. 8, Tab. 1).

2. Content of β -glucans was statistically significantly influenced by the date of malting; their lowest contents were found out on TIII date of sampling and in the variety Bojos while the highest ones were recorded in varieties Prestige and Tolar (Fig. 8, Tab. 1).

3. Malt homogeneity was statistically highly significantly influenced only by the date of malting (the highest value was recorded on TIII). There were significant intervarietal differences: the highest and the lowest values of homogeneity were found out in varieties Tolar and Prestige, respectively (Fig. 8, Tab. 1).

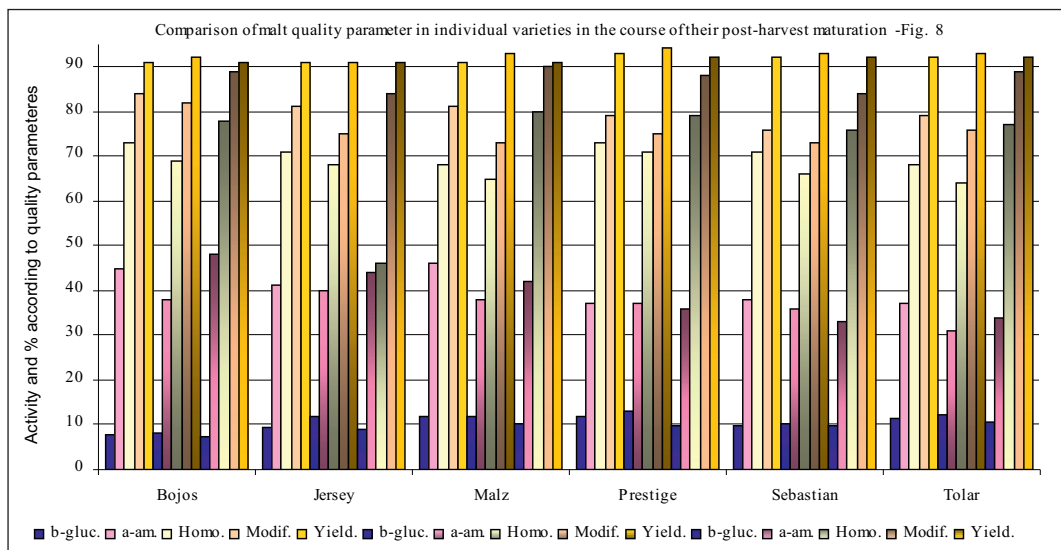
4. Malt modification was statistically influenced by the date of malting (Fig. 8, Tab. 1). The effect of variety was also demonstrated; the lowest and the highest values were found out in varieties Sebastian and Bojos, respectively.

5. Yield of malting was statistically highly significantly influenced by the variety and the date of malting. As far as the yield of malting was concerned, the varieties could be divided into two groups; one with a lower yield involved varieties Jersey, Bojos, and Malz. From the statistical point of view these varieties were nearly identical and statistically undistinguishable. The other group showed higher values of malt yield and consisted of varieties Tolar, Sebastian, and Prestige: however, distinguishable were only varieties Tolar and Prestige. The highest yield of malt was recorded on the 2nd date of sampling (Fig. 8, Tab. 1).

5 CONCLUSIONS

The effect of dormancy of barley kernels (as characterised by production of ethylene, ethane, CO_2 and O_2) was demonstrated in labo-

Obr. 8 Grafické vyjádření kvality sladu podle jednotlivých ukazatelů u sledovaných odrůd v jednotlivých odběrech / Fig. 8 Graphical presentation of malt quality elaborated on the base of individual traits as estimated by means of samplings performed in varieties under study



plněn poznatkem o nízké aktivitě α -amylasy u odrůd Prestige, Sebastian a Tolar.

Podle celkové produkce plynů by po 6 týdnech měly mít ukončenou dormanci odrůdy Bojos, Malz a Prestige (nižší produkce ethylenu, vyšší produkce CO_2), které mají i nejvyšší homogenitu a modifikaci sladu.

Získané výsledky prokázaly, že odrůdy ječmene vhodné pro výrobu Českého piva nelze jednoznačně fyziologicky odlišit od ostatních odrůd ječmene.

Poděkování

Výsledky byly získány s podporou projektu MŠMT 1M0570 – Výzkumné centrum pro studium obsahových látek ječmene a chmele.

ratory experiments. The highest gas production was observed immediately after the harvest; thereafter, i.e. on the second date of sampling (TII), it was reduced, and on the third date of sampling (TIII) there was another increase. Malt quality fluctuated in a similar manner in spite of the fact that the effect of the date of malting was not explicitly significant. In the course of malting process oxygen consumption increased. An increased production of carbon dioxide was associated with and corresponded to a high homogeneity and modification of produced malt.

On the third day of germination, production of ethane was dependent on the content of β -glucans, activity of α -amylase, and homogeneity, modification, and yield of malt; these dependences were statistically significant. After the third steep, the production of ethylene was statistically significantly dependent on activity of α -amylase, and homogeneity, modification, and yield of malt. On the third day of germination, production of ethylene was statistically significantly dependent only on the content of β -glucans.

As compared with other experimental factors, the effect of variety was mostly statistically insignificant. Statistically significantly highest contents of β -glucans and the maximum yields of malt were found out in varieties Tolar, Prestige, and Malz. This (already repeatedly presented) conclusion is also supported by the finding of a low α -amylase activity in varieties Prestige, Sebastian, and Tolar.

When considering the total production of gases, the dormancy should be finished after 6 weeks in varieties Bojos, Malz, and Prestige; these varieties showed a lower production of ethylene and a higher production of CO_2 . These varieties also showed the highest degree of malt homogeneity and modification.

The obtained results demonstrated that the barley varieties suitable for production of Czech beer cannot be physiologically differentiated from all other cultivars.

Acknowledgement

The presented results were obtained in experiments supported by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports:

Research Centrum for Studies on Content Substances of Barley and Hops identification code MSMT ČR – 1M 0570.

LITERATURA / REFERENCES

- Fišerová, H., Hradilík, J., Procházka, S., Klemš, M., Ráčilová, A.: Formation of ethylene, ethanol and abscisic acid content in relation to dormancy of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) kernels. *Rostlinná výroba* **42**, 1996, 245–248.
- Psota, V., Šebánek, J.: Role fytohormonů v klíčení a sladování. *Studijní Informace. Mimo řady, ÚZPI, Praha*, 1999.
- Guayano, N. A., Benech-Arnold, R. L.: The effect of water and nitrogen availability during braun filling on the timing of dormancy release in malted barley crops. *Euphytica* **168**, 2009, 291–301, 21.
- Jacobsen, E. E., Miller, B., Munck, L., Woods, J. L.: Drtina, heating and their effects on dormancy break and germination rate decline. *Stored Malted barley*, Reims, France, 2001, 31–47.
- Woods, J. L., McCallum, D. J., Rondon, E. J.: Modelling germination changes during the storage of malted barley: dormancy and viability. *Stored malted barley*. Reims, France, 2001.
- Riely, C. A., et al.: Ethane evolution: a new index of lipid peroxidation. *Science* **183**, 1974, 208–210.
- Celikel, F. G., Vandoorn, W. G.: Solute leakage, lipid peroxidation and protein degradation during the senescence of *Iris* tepals. *Physiologia Plantarum* **94**, 1995, 515–21.
- Chrominski, A., et al.: Ethylene and ethane production in response to salinity stress. *Plant. Cell and Environment* **9**, 1986, 687–691.
- Fišerová, H., Kula, E., Klemš, M., Reinöhl, V.: Phytohormones as indicators of the degree of damage in birch (*Betula pendula*). *Biol., Bratislava* **56**, 2001, 405–409.
- Fišerová, H., Mikušová, Z., Klemš, M.: Estimation of ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in plants by means. *Plant, Soil and Environment : Rostlinná výroba* **54**, 2008, 55–60.
- Prokeš, J., Fišerová, H., Helánová, A., Hartmann, J.: Význam oxidu uhlíkového a ethylenu v procesu sladování. *Kvasný Prum.* **52**, 2006, 349–352.
- Beltrano, J., Carbone, A., Montaldi, E. R., Guimet, J. J.: Ethylene as promoter of wheat grain maturation and ear senescence. *Plant Growth Regulation* **15**, 1994, 107–112.
- Hradilík, J., Psota, V., Fišerová, H., Hudecová, M., Klemš, M., Reinöhl, V.: Dormancy and post-harvest maturation of malt barley (*Hordeum vulgare* L.). *Rostlinná výroba* **46**, 2000, 261–268.
- Prokeš, J., Fišerová, H., Helánová, A., Hartmann, J.: Effect of exogenous factors on malt quality. *Kvasný Prum.* **55**, 2009, 122–126.
- Fišerová, H., Hartmann, J., Prokeš, J., Helánová, A.: Složení mezizrného plynu při klíčení ječmene jarního a jeho vliv na jakost sladu. *Kvasný Prum.* **53**, 2007, 308–309.

Recenzovaný článek
Do redakce došlo 8. 12. 2009
Přijato k publikování 6. 1. 2010