

## KRÁTKÉ SDĚLENÍ / SHORT COMMUNICATION

## Sladovnická kvalita pšenice jednozrnky

*Einkorn Wheat Malting Quality*

Lenka SACHAMBULA, Ivo HARTMAN, Vratislav PSOTA

VÚPS, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno / RIBM, PLC, Malting Institute, Mostecká 7, CZ-614 00 Brno,  
e-mail: sachambula@beerresearch.cz; hartman@beerresearch.cz; psota@beerresearch.cz

Recenzovaný článek / Reviewed Paper

**Sachambula, L. – Hartman, I. – Psota, V.: Sladovnická kvalita pšenice jednozrnky.** Kvasny Prum. 61, 2015, č. 10–11, s. 320–325

Zavedená technologie sladování byla přizpůsobena sladování pšenice jednozrnky. Cílem bylo najít optimální variantu sladování při zachování znaků rozhodujících o kvalitě sladu z pšenice jednozrnky na vysoké úrovni. Byly určeny základní vlastnosti zrna pšenice a vzorek byl sladován. Byly zvoleny tři různé délky sladování (120, 144 a 168 hodin) a tři různé stupně domočení (43, 45 a 47 %). Kromě základních znaků rozhodujících o kvalitě sladu z pšenice jednozrnky, byla sledována celá řada speciálních znaků. Vzorky pšenice jednozrnky byly zhodnoceny stejným způsobem, který se používá při hodnocení sladovnického ječmene. V některých kvalitativních parametrech dosáhla pšenice jednozrnka srovnatelných výsledků jako sladovnický ječmen.

**Sachambula, L. – Hartman, I. – Psota, V.: Einkorn wheat malting quality.** Kvasny Prum. 61, 2015, No. 10–11, pp. 320–325

Standard malting technology was adapted for malting of einkorn wheat. The aim was to find the optimal variant of malting while maintaining traits decisive for high quality of malt made from einkorn wheat. Basic characters of wheat grain were assessed and the sample was malted. Three different malting times (120, 144, and 168 hours) and three degrees of steeping (43, 45, and 47%) were applied. Besides basic traits decisive for einkorn wheat malt quality, a number of special parameters were also studied. Wheat samples were evaluated with the method used for the evaluation of malting barley. In some quality parameters, einkorn wheat achieved comparable results as malting barley.

**Sachambula, L. – Hartman, I. – Psota, V.: Die Malzqualität des Einkornes.** Kvasny Prum. 61, 2015, Nr. 10–11, S. 320–325

Die zeitgenössische Malzprozesstechnologie wurde an den Einkornmalzprozess angepasst. Das Ziel der Arbeit wurde bei der Beibehaltung aller über Malzqualität des Einkornes entscheidenden Parameter auf einem hohen Niveau die optimale Variante des Malzprozesses für Einkorn zu finden. Es wurden die Grundeigenschaften des Einkornes festgestellt, nachher wurde Muster gemälzt. Drei verschiedene Malprozessdauer (120, 144 und 168 Stunden) und drei verschiedene Weichgraden (43%, 45% und 47%) wurden ausgewählt. Außer über Malzqualität des Einkornes entscheidende Parameter wurden auch andere Spezialparameter verfolgt. Auf dieselbe Weise wie Braugerste wurden die Muster des Einkornes ausgewertet. Einige qualitative Parameter des Einkornes wurden vergleichbar wie diese, die von Auswertung der Braugerste festgestellt wurden.

**Klíčová slova:** pšenice jednozrnka, *Triticum monoccoccum* L., ekologické zemědělství, pěstování, využití, sladovnická kvalita**Keywords:** einkorn wheat, *Triticum monoccoccum* L., ecological farming, growing, use, malting quality

## 1 ÚVOD

Pšenice jednozrnka (*Triticum monoccoccum* L.) patří k nejstarším domestikovaným druhům pšenice, planý druh této pšenice byl využíván k lidské výživě už před 10–12 tisíci lety. Nejstarší archeologické nálezy jsou, podobně jako u dvouzrnky, datovány do období 6000 let př. n. l. První zemědělci ji pěstovali na území dnešní Sýrie, Izraele nebo Turecka, odkud se rozšířila do Evropy nebo severní Afriky (Konvalina, 2012a). V severní Evropě byla více rozšířená pšenice jednozrnka, pšenice dvouzrnka převládala ve středních a jižních oblastech kontinentu. Pšenice jednozrnka byla postupně vytlačena produktivnějšími tetraploidními (pšenice dvouzrnka, pšenice tvrdá) a následně bezpluchými hexaploidními druhy pšenice (pšenice setá, pšenice špalda) (Konvalina et al., 2012b). Ve dvacátém století se místy pěstovala na území Španělska, Francie, Švýcarska a Německa, na Balkáně, v Turecku a Maroku.

Jednozrnka, stejně jako dvouzrnka nebo špalda, patří do skupiny pluchatých pšeníc, to znamená, že zrna je i po sklizni chráněno pluchami. Během sklizně se zpravidla klas rozpadá na jednotlivé klásky, které jsou jinak spojeny klasovým větvením. Pšenice jednozrnka má zpravidla jedno zrna v klásku, zrna jsou poměrně drobná, mají zaoblený tvar, hmotnost tisíce zrn se pohybuje v rozmezí 21–28 g (Konvalina et al., 2012b). Jednozrnka má dlouhé tenké stéblo, které je náchylné k poléhání. Pro jednozrnku je charakteristický krátký a velmi úzký praporečkový list (Konvalina et al., 2010), vyznačuje se vysokou odnožovací schopností a vitalitou. Rostliny jsou odolné vůči houbovým chorobám. V současnosti je jednozrnka pěstována hlavně v oblastech méně příznivých pro zemědělské hospodaření a v podmínkách ekologického zemědělství. Je vhodná k výrobě nekynutých cereálních nebo pufovaných výrobků, případně jako krmivo pro monogastry (Konvalina et al., 2012b). Dále se používá k výrobě sušenek, krup nebo arabského chleba – pity.

## 1 INTRODUCTION

Einkorn wheat (*Triticum monoccoccum* L.) belongs to the oldest domesticated wheat species, its wild species were used for human nutrition as early as 10–12 thousand years ago. Similarly as in emmer wheat, the earliest archaeological findings date back to 6.000 B.C. It was grown by first farmers in the territory of today's Syria, Israel, and Turkey from there it spread to Europe and northern Africa (Konvalina, 2012a). Einkorn prevailed in northern Europe, while in the central and southern parts of the continent, emmer was mostly grown. Einkorn wheat was gradually replaced by more productive tetraploid (emmer wheat, durum wheat) and subsequently hullless hexaploid wheat species (common wheat, spelt wheat) (Konvalina et al., 2012b). In the twenties century, it was locally grown in the territory of Spain, France, Switzerland, Germany, in the Balkans, Turkey, and Morocco.

Along with emmer and spelt wheat, einkorn wheat belongs to the group of hulled wheat species; this means that grains are protected by hulls even after harvest. During harvest, the ear usually disintegrates into individual ear spikelets that are otherwise connected with the spindle. Einkorn wheat has one kernel per a spikelet, petty grains are of an oval shape, thousand grain weight varies from 21–28 g (Konvalina et al., 2012b). Einkorn has a long thin stem susceptible to lodging and characteristic short and very narrow flag leaves (Konvalina et al., 2010). It has high tillering capacity and vitality. Plants are resistant to fungal diseases. Currently, einkorn is grown mainly in the regions less favorable for farming and under the conditions of ecological agriculture. It is suitable for production of unleavened or puffed products or as feed for monogastric livestock (Konvalina et al., 2012b). In addition, it is used for production of biscuits, pearls or Arabic bread – pita.

In the Czech Republic, einkorn wheat is not included in the National List of Plant Varieties pursuant to the law 219/2003 Coll. and, consequently, relevant varieties of this plant are not registered here.

V České republice není pšenice jednozrnka zařazena v druhovém seznamu Zákona 219/2003 Sb. a v důsledku toho nejsou případné odrůdy této plodiny v České republice registrovány. Mohou však být právně chráněny. Osivo žádné české odrůdy pšenice jednozrnky není v distribuční síti v České republice k dispozici. Farmáři mají pouze možnost pěstovat namnožené osivo pocházející z genetických zdrojů, nebo využít osivo dovezené (Konvalina et al., 2012b).

V Rakousku se na omezených plochách pšenice jednozrnka pěstuje. Farmáři využívají vlastní osivo dříve pěstovaných krajových odrůd (Konvalina et al., 2012b). Jedná se například o „Voralberger Einkorn“, nebo odrůdy získané z genových bank („Ebners Einkorn“ nebo „Leipzig Spät“). Zmíněná „Ebners Einkorn“ je v Rakousku, ale i v České republice distribuována společností Saatbau Linz.

V Maďarsku byla vyšlechtěna z genetických zdrojů ve výzkumné stanici v Martonvásáru odrůda Mv Alkor a je distribuována společností Elitmag Kft. Tato odrůda je přesívkového charakteru (je možné ji sít na jaře i na podzim) a byla šlechtěna a testována v podmínkách ekologického zemědělství (Konvalina et al., 2012b).

V Německu byly v minulých letech na šlechtitelské stanici Breeding Darzau vyšlechtěny tři ozimé odrůdy pšenice jednozrnky Albin, Tif a Terzino (Konvalina et al., 2012b). Komerčně se využívá pouze odrůda Terzino, o ostatní odrůdy nebyl v průběhu posledních tří let zájem.

Pšenice jednozrnka ve srovnání s pšenicí setou vyniká vysokým obsahem dusíkatých látek, žlutou barvou endospermu a na druhou stranu nízkými hodnotami reologických vlastností. Velmi vysoký obsah dusíkatých látek (více než 20 %) zaznamenal například Borghi et al. (1996) nebo Grausgruber et al. (2004a). V obsahu bílkovin jsou velké rozdíly, z hlediska aminokyselinového složení (množství aminokyselin na gram zrna) nejsou ve srovnání s pšenicí setou významné rozdíly (Acquistucci et al., 1995; Grausgruber a Arndorfer, 2002). Obsah celkové vlákniny je menší než 10 % a je průkazně nižší než u pšenice tvrdé nebo seté (Abdel-Aal et al., 1995; Grausgruber et al., 2004a). Tento rozdíl je způsoben nerozpustnou složkou vlákniny (Abdel-Aal et al., 1995).

Řada autorů popisuje vysoký obsah dusíkatých látek, ale lepek je velmi roztékavý. Nízká pekařská jakost pšenice jednozrnky vychází z nízké pevnosti lepku, nízkých hodnot sedimentace a reologických vlastností těsta. Z toho důvodu není pšenice jednozrnka vhodná pro přípravu klasického kynutého chleba (D'Egidio, et al., 1993). Kvalita lepku předurčuje perspektivní využití pšenice jednozrnky například pro výrobu sušenek, dortů a dalších sladkých produktů.

Pšenice jednozrnka má také vyšší obsah karotenoidů ve srovnání s ostatními druhy pšenice (Abdel-Aal et al., 2002; Frégeaz-Reid a Abdel-Aal, 2005; Hidalgo et al., 2006). Karotenoidy jsou v endospermu poměrně stabilní i při delším skladování (Hidalgo a Brandolini, 2008), patrně v důsledku snížení aktivity lipoxygenázy (Leenhardt et al., 2006).

Cílem výzkumu bylo modifikovat zavedenou technologii sladování, přizpůsobit ji potřebám sladování pšenice jednozrnky a najít optimální variantu sladování při zachování znaků rozhodujících o kvalitě sladu z pšenice jednozrnky na vysoké úrovni. Dalším cílem bylo shrnout ucelená data o kvalitě sladu z pšenice jednozrnky.

## 2 MATERIÁL A METODY

Pro pokusné sladování byl získán vzorek zrna pšenice jednozrnky (výrobce Petkom – Petko Angelov ST Rabovo, Bulharsko). V nesladovaném zrnu byly stanoveny obsah dusíkatých látek (EBC, 2009), obsah škrobu (ISO, 1997), objemová hmotnost (MEBAK, 2006), klíčivost, energie klíčení, třídění (EBC, 2009) (tab. 2) a následně byl tento vzorek sladován.

Pro sladování vzorku pšenice jednozrnky bylo zvoleno devět různých variant sladování, tři různé délky sladování (120, 144 a 168 hodin) a tři různé stupně domočení (43, 45 a 47 %). Podmínky sladování jsou uvedeny v tab. 1. Sladování probíhalo v laboratorní mikroskladovně firmy KVM (Uničov, Česká republika).

Ve vyrobeném sladu byly podle metodik EBC (EBC, 2009) a MEBAK (MEBAK, 2006) stanoveny základní technologické znaky. Výsledky jsou uvedeny vždy v sušině. Obsah vitamínu E byl stanoven pomocí HPLC s fluorescenční detekcí (McLaughlin a Weihrauch, 1979; Cavallero et al., 2004; Ehrenbergerová, 2006), aktivita enzymu superoxidodismutasy (SOD) byla stanovena pomocí setu RAN-SOD (Březinová Belcredi et al., 2007), aktivita lipoxygenázy (LOX) byla stanovena podle metody, kterou uvádí Tappel et al. (1953). Aktivita  $\alpha$ -amylasy byla stanovena kolorimetricky (EBC, 2009) a aktivita  $\beta$ -amylasy byla stanovena pomocí setu Megazyme (McCleary a Codd, 1989).

Nevertheless, they can be legally protected. No seeds of any Czech variety of einkorn wheat are available in the distribution channels in the Czech Republic. Farmers can only grow propagated seeds obtained from genetic resources, or use imported seeds (Konvalina et al., 2012b).

In Austria, einkorn wheat is grown on limited areas. Farmers use their own seed of previously grown landraces (Konvalina et al., 2012b), such as „Voralberger Einkorn“ or varieties from gene banks („Ebners Einkorn“ and „Leipzig Spät“). „Ebners Einkorn“ is distributed by the company Saatbau Linz in Austria and also the Czech Republic.

In Hungary, the variety „Mv Alkor“ was bred from the genetic resources in the experimental research station in Martonvásár, the variety is distributed by the company Elitmag Kft. This variety is of the facultative character (is possible to sow in the spring and autumn) and it was bred and tested under the conditions of ecological farming (Konvalina et al., 2012b).

In Germany, three winter varieties of einkorn wheat, „Albin“, „Tif“, and „Terzino“, were bred in the Breeding Station Darzau in last years (Konvalina et al., 2012b). „Terzino“ is the only variety used commercially; there was no demand for the other varieties during last years.

Compared to common wheat, einkorn wheat excels by high content of nitrogenous substances, yellow color of the endosperm and low values of rheological parameters. Very high content of nitrogenous substances (more than 20%) was recorded by e.g. Borghi et al. (1996) and Grausgruber et al. (2004a). Protein contents differ significantly, amino acid composition (amount of amino acids per a gram of grain) does not differ substantially (Acquistucci et al., 1995; Grausgruber and Arndorfer, 2002). Total fiber content is less than 10% and it is provably lower than in durum or common wheat (Abdel-Aal et al., 1995; Grausgruber et al., 2004a). This difference is caused by an insoluble component of the fiber (Abdel-Aal et al., 1995).

Many authors have described a high content of nitrogenous substances but gluten has unstable shape. Low bakery quality of einkorn wheat is due to low gluten strength, low sedimentation values and rheological properties of dough. For these reasons, einkorn wheat is not suitable for preparation of classical leavened bread (D'Egidio et al., 1993). Gluten quality predetermines the prospective use of einkorn wheat, for example for production of biscuits, cakes and other sweet products.

Einkorn wheat has also a higher carotenoid content compared to the other wheat species (Abdel-Aal et al., 2002; Frégeaz-Reid and Abdel-Aal, 2005; Hidalgo et al., 2006). Carotenoids are relatively stable in the endosperm even after longer storage (Hidalgo and Brandolini, 2008), possibly due to lowered lipoxygenase activity (Leenhardt et al., 2006).

The aim of research was to modify the standard technology of malting and adapt it to needs of malting einkorn wheat, and find the optimal variant of malting while maintaining the parameters decisive for einkorn wheat malt quality at high level. Further aim was to summarize complete data on quality of einkorn wheat malt quality.

## 2 MATERIAL AND METHODS

A sample of wheat einkorn was obtained for experimental malting (producer Petkom – Petko Angelov ST Rabovo, Bulgaria). In non-malted grain, content of nitrogenous substances (EBC, 2009), starch content (ISO, 1997), volume weight (MEBAK, 2006), germinative capacity, germinative energy, sieving (EBC, 2009) (Table 2) were determined, subsequently the sample was malted.

The sample of wheat einkorn was malted using nine different variants of malting, three different lengths of malting (120, 144, and 168 hours) and three different degrees of steeping (43, 45, and 47%). The malting conditions are given in Table 1. Malting was conducted in the laboratory micromalting plant of KVM company (Uničov, Czech Republic).

The basic technological parameters were assessed in the malt produced using the EBC (EBC, 2009) and MEBAK (MEBAK, 2006) methods. Results are always given in the dry matter. Vitamin E content was determined using HPLC with fluorescent detection (McLaughlin, Weihrauch, 1979; Cavallero et al., 2004; Ehrenbergerová, 2006), activity of superoxide dismutase (SOD) was determined with the RAN-SOD set (Březinová Belcredi et al., 2007), lipoxygenase activity (LOX) with the method given by Tappel et al. (1953).  $\alpha$ -Amylase activity was determined colorimetrically (EBC, 2009) and  $\beta$ -amylase activity was determined using the Megazyme kit (McCleary, Codd, 1989).

Notes to some parameters given in Table 3:

Wort clarity is assessed as follows: 1 = clear, 2 = weakly opalizing, 3 = opalizing, 4 = turbid.

Tab. 1 Podmínky sladování / Table 1 Conditions of malting

Variety sladování / Different malting variants	Máčení / Steeping (h)	Klíčení / Germination (h)	Celková délka sladování / Total malting time (h)	Hvozdění / Kilning (h)	Obsah vody na počátku klíčení / Water content at the beginning of germination (%)	Teplota vody a vzduchu během máčení / Temperature of water and air during steeping (°C)	Teplota vody v průběhu klíčení / Temperature of water during germination (°C)	Teplota na počátku hvozdění / Temperature at the beginning of kilning (°C)	Teplota na konci hvozdění / Temperature at the end of kilning (°C)
5D – 43 %	72	48	120	22	43	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
5D – 45 %	72	48	120	22	45	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
5D – 47 %	72	48	120	22	47	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
6D – 43 %	72	72	144	22	43	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
6D – 45 %	72	72	144	22	45	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
6D – 47 %	72	72	144	22	47	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
7D – 43 %	72	96	168	22	43	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
7D – 45 %	72	96	168	22	45	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2
7D – 47 %	72	96	168	22	47	14 ± 1	14 ± 1	55 ± 2	80 ± 2

Poznámky k některým znakům uvedeným v tab. 3:

Čiřost sladin je hodnocena následovně: 1 = čirá, 2 = slabě opalizující, 3 = opalizující, 4 = kalná.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Obsah dusíkatých látek v sušině zrna u hodnoceného vzorku pšenice jednozrnky byl 15,8 % (tab. 2). V literatuře se zpravidla uvádí obsah dusíkatých látek v sušině zrna kolem 20 % (Niggemann, 2003). Objemová (hektolitrová) hmotnost dosáhla hodnoty 81,0 kg a obsah škrobu 62 %. Hmotnost tisíce zrn byla pouze 23,1 g, což potvrzují také údaje z literatury. Konvalina et al. (2012b) uvádí, že hmotnost tisíce zrn se pohybuje v rozmezí 21–28 g. Zrna byla velmi malá, při rozdělení podle velikostních frakcí na síte s podlouhlými zakulacenými otvory 63,2 % zrn tvořilo propad pod sítem 2,2 mm. Pouze 31,5 % zrn tvořilo podíl nad sítem 2,2 mm. Nad sítem 2,5 a 2,8 mm zůstal zanedbatelný podíl (2,8 resp. 0,5 %) zrn. Dále byla sledována klíčivost ( $H_2O_2$ ) a energie klíčení. Klíčivost vyjadřující procento životaschopných zrn byla 90 %. Energie klíčení je procento vyklíčených zrn v daném čase, dosáhla hodnoty 86 %. Obě tyto hodnoty jsou poměrně nízké. V literatuře se uvádí, že zrna vyloupaná z klásků rychle ztrácí klíčivost (Konvalina et al., 2012b).

Vzorky sladu vyrobené devíti různými technologickými postupy byly analyzovány. Byly zhodnoceny rozdíly mezi jednotlivými variantami sladování. Průměrný obsah dusíkatých látek v sušině sladu z pšenice jednozrnky byl 15,3 % a průměrná hodnota rozpustného dusíku ve sladu byla 5,9 %. Modifikace dusíkatých látek vyjádřená hodnotou Kolbachova čísla se u sledovaných variant pohybovala se v rozmezí 32,4–46,6 % (tab. 3). Průměrná hodnota Kolbachova čísla

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

Content of nitrogenous substances in the grain dry matter of the evaluated einkorn wheat sample was 15.8% (Table 2). In the literature, the content of nitrogenous substances usually varies around 20% (Niggemann, 2003). Volume (hectoliter) weight reached 81.0 kg and starch content 62%. Thousand grain weight was only 23.1 g, which is in compliance with the data from the literature. Konvalina et al. (2012b) claimed that thousand grain weight moved between 21–28 g. Grains were very small, at classification according to size fractions on the sieve with oblong apertures, 63.2% of grains formed the fraction of 2.2 mm below the sieve. Only 31.5% of grains formed the fraction of 2.2 mm above the sieve. The sieving fractions above 2.5 and 2.8 mm were only negligible (2.8 and 0.5%, respectively). In addition, germination capacity ( $H_2O_2$ ) and germination energy were studied. Germination capacity expressing percentage of viable grains was 90%. Germinative energy, a percentage of germinated grains over a given time, reached 86%. Both these values are relatively low. Grains thrashed from the spikelets lose their germination capacity very quickly (Konvalina et al., 2012b).

The samples of malt produced using nine different technological methods were analyzed. Differences between the individual malting variants were assessed. The average content of nitrogenous substances in the malt dry matter prepared from einkorn wheat was 15.3% and the average value of soluble nitrogen in malt was 5.9%. Modification of nitrogenous substance expressed by the value of Kolbach Index varied in the studied variants in the range from 32.4–46.6% (Table 3). The average value of Kolbach Index was 38.6%. The most powerful activity of proteolytic enzymes was recorded in the 7D – 47 % (46.6%) and 7D – 45% (42.4%).

Tab. 2 Analýza zrna pšenice jednozrnky / Table 2 Einkorn grain analyses

Metody / Methods	Jednotky / Units	Odkazy / References	Hodnota znaku / Value
Dusíkaté látky (bílkoviny) v zrně (faktor 5,7) / Protein content of grain (factor 5.7)	%	EBC 2009	15.8
Obsah škrobu / Starch content	%	ČSN EN ISO 10520	62.0
Objemová hmotnost / Bulk density d.m.	kg	MEBAK 2006	81.0
Klíčivost (peroxid vodíku) / Germination capacity with hydrogen peroxide	%	EBC 2009	90
Energie klíčení / Germination energy	%	EBC 2009	86
Hmotnost 1000 zrn / Thousand grain weight d.m.	g	EBC 2009	23.1
Podíl nad 2,8 mm / Grading > 2.8 mm	%	EBC 2009	0.5
Podíl nad 2,5 mm / Grading > 2.5 mm	%	EBC 2009	2.8
Podíl nad 2,2 mm / Grading > 2.2 mm	%	EBC 2009	31.5
Propad pod 2,2 mm / Waste < 2.2 mm	%	EBC 2009	63.2
Příměsi / Admixtures	%	EBC 2009	2.0



Tab. 3 Analýza sladu pšenice jednozrnky / Table 3 Malt analyses of einkorn

Metody Methods	Jednotky Units	Odkazy References	5D – 43 %	5D – 45 %	5D – 47 %	6D – 43 %	6D – 45 %	6D – 47 %	7D – 43 %	7D – 45 %	7D – 47 %
Dusíkaté látky (bílkoviny) ve sladu (faktor 5,7) / Protein content of malt (factor 5.7)	%	EBC 2009	15.3	15.4	15.4	15.4	15.2	15.2	15.1	15.1	15.3
Celkový dusík ve sladu, metodou podle Dumase / Total nitrogen of malt, Dumas method	%	EBC 2009	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Rozpustný dusík ve sladu, metodou podle Dumase / Soluble nitrogen of malt, Dumas method	%	EBC 2009	5.5	5.6	5.0	5.7	6.1	6.2	5.4	7.1	6.5
Kolbachovo číslo / Kolbach index	%	EBC 2009	36.2	36.6	32.4	36.8	39.9	40.3	36.0	46.6	42.4
Extrakt šrotu, kongresní sladina / Extract of coarse grind, congress mash	%	EBC 2009	76.2	76.1	74.3	78.6	78.8	77.8	80.7	81.1	81.3
Extrakt mouky, kongresní sladina / Extract of fine grind, congress mash	%	EBC 2009	82.8	82.8	82.0	83.3	83.6	83.6	83.7	84.4	83.8
Rozdíl extraktů / Extract difference	%	MEBAK 2006	6.6	6.7	7.7	4.7	4.8	5.8	3.0	3.3	2.5
Relativní extrakt při 45 °C / Mash method according to Hartong and Kretschmer VZ 45 °C	%	MEBAK 2006	23.8	24.0	22.7	28.1	28.8	28.6	31.7	34.2	34.5
Diastatická mohutnost / Diastatic power	WK u.	EBC 2009	240	229	214	251	255	251	282	283	288
Dosažitelný stupeň prokvašení / Final attenuation of laboratory wort from malt	%	EBC 2009	60.4	58.2	55.0	63.9	63.4	64.9	67.7	67.4	67.7
Friabilita / Friability	%	EBC 2009	84	84	82	86	81	81	82	80	75
Obsah vysokomolekulárních $\beta$ -glukanů, metodou FIA / High molecular weight $\beta$ -glucan content of malt, FIA	mg/l	EBC 2009	22	21	26	18	18	16	16	16	15
Viskozita sladin / Viscosity of laboratory wort from malt	mPa.s	EBC 2009	2.30	2.37	2.44	2.25	2.25	2.29	2.09	2.09	2.12
pH / pH of laboratory wort		MEBAK 2006	6.09	6.09	6.07	6.09	6.08	6.07	6.06	6.04	6.02
Barva sladin / Colour of malt, visual method	EBC u.	EBC 2009	4.8	5.0	4.8	4.6	5.0	6.3	4.2	5.2	6.0
Doba zcukření / Saccharification time	min	EBC 2009	>60	>60	>60	45	40	32	24	20	19
Čiřost sladin / Appearance (clarity) of wort		MEBAK 2006	4.0	4.0	3.5	2.5	3.0	4.0	3.0	3.5	3.0
Zákal sladin (90°) / Haze of wort (90°)	EBC u.	EBC 2009	22.0	25.2	26.7	5.9	9.0	18.1	3.4	7.1	11.6
Zákal sladin (12°) / Haze of wort (12°)	EBC u.	EBC 2009	27.3	29.0	26.4	8.7	10.4	16.2	5.4	9.1	12.0
Celkové polyfenoly / Total polyphenols	mg/l	EBC 2009	40.0	30.7	27.8	33.1	27.0	34.5	25.7	28.8	26.1
Obsah vitamínu E / Vitamin E activity	mg/kg	McLaughlin, Weihrauch 1979	8.14	7.28	6.77	8.30	8.52	8.15	8.83	8.68	8.93
Aktivita superoxid dismutázy (SOD) / SOD (superoxide dismutase)	U/g	Březinová-Belcredi et al. 2007	135	136	152	141	144	137	134	117	114
Aktivita lipoxygenázy / (LOX) LOX (lipoxygenase)	U/mg	Tappel et al. 1953	2.61	2.25	2.50	2.54	2.09	1.71	1.75	1.51	1.16
Aktivita $\beta$ -amylázy / $\beta$ -amylase	U/g	setem Mega-zyne	9.1	9.8	9.1	11.4	11.3	11.4	12.6	13.5	14.7
Aktivita $\alpha$ -amylázy (kolorimetricky) / $\alpha$ -amylase (color.)	D.U.	EBC 2009	>60	>60	>60	10	10	10	14	17	17

## Vysvětlivky / Explanatory notes:

5D, 6D a 7D – celková délka sladování 120, 144 nebo 168 hodin / total malting time 120, 144 or 168 hour

43, 45 a 47 % – stupeň domočení / degree of steeping

byla 38,6 %. Nejsilnější aktivitu proteolytických enzymů měla varianta 7D – 47 % (46,6 %) a 7D – 45 % (42,4 %).

Extrakt sladu je důležitým ekonomickým ukazatelem, ovlivňuje výsledky kvašení, chemické složení hotového piva i jeho organoleptické vlastnosti (Basařová, 2015). Obsah extraktu u všech sledovaných variant byl na dobré až optimální úrovni. Hodnota extraktu se pohybovala v intervalu 82,0–84,4 %. Nejsilnější aktivitu amylolytických enzymů měla varianta 7D – 45 % (84,4 %). Průměrná hodnota tohoto znaku byla na úrovni 83,3 %. Relativní extrakt při 45 °C, informující o výtěžku extraktu za dané teploty, byl nízký, v průměru dosáhl hodnoty 28,5 %. Vyšší obsah měly sedmidenní varianty, nejvyšší hodnotu relativního extraktu při 45 °C měla varianta 7D – 47 % (34,5 %).

Kvalita sladin vyjádřená dosažitelným stupněm prokvašení byla na nízké úrovni. Průměrná hodnota všech sledovaných variant byla

Malt extract is an important economic parameter affecting fermentation, chemical composition of finished beer and its organoleptic properties (Basařová, 2015). Extract content in all the studied variants was at a good to optimal level. The extract value moved in the interval of 82.0–84.4%. The strongest activity of amylolytic enzymes had the variant 7D – 45% (84.4%). The average value of this parameter was at the level of 83.3%. Relative extract at 45 °C that informs about the extract yield at the given temperature, was low, on average, it achieved the value of 28.5%. A higher content was detected in the seven-day variants, the highest value of relative extract at 45 °C was recorded in the variant 7D – 47% (34.5%).

Sweet wort quality expressed by the apparent final attenuation was low. The average value of all the studied variants was 63.2%. The lowest values were achieved by the variant 5D – 47% (55%). The

63,2 %. Nejnižší hodnoty dosáhla varianta 5D – 47 % (55 %). Varianty s delší dobou sladování měly hodnotu dosažitelného stupně prokvašení vyšší než 67 %.

Diastatická mohutnost, která představuje enzymový potenciál sladu, převážně  $\beta$ -amylázy, se pohybovala v rozmezí 214–288 j.WK. Průměrná hodnota tohoto znaku byla 255 j.WK. Nejvyšší hodnotu, 288 j.WK, měla varianta 7D – 47 %. Běžné hodnoty u světlého plzeňského sladu se pohybují v intervalu 200 – 300 j.WK (Basařová et al., 1992).

S modifikací buněčných stěn, vyjádřenou obsahem  $\beta$ -glukanů ve sladině, nebyly problémy, průměrná hodnota tohoto znaku byla 19 mg/l. Naopak všechny sledované varianty sladování měly problémy s cytolytickým rozluštěním, vyjádřeným friabilitou. Friabilita se pohybovala v intervalu 75–86 %. Nejvyšší hodnoty dosáhla varianta 6D – 43 % (86 %). Basařová (2015) uvádí, že hodnota viskozity kongresní sladiny je jedno z mnoha kritérií, které ovlivňuje průběh sčezování sladiny i filtrovatelnost piva. Orientačně informuje o stupni degradace hemicelulos. Viskozita se u sledovaných variant sladování pohybovala v intervalu 2,09–2,44 mPa.s. Běžné hodnoty pro normálně rozluštěný světlý plzeňský slad se pohybují v rozmezí 1,53–1,67 mPa.s (Basařová, 2015).

Kromě základních znaků rozhodujících o kvalitě sladu z pšenice jednozrnky, byla sledována celá řada speciálních znaků (tab. 3). Byl sledován obsah vitamínu E, aktivita superoxidodismutázy, aktivita lipoxigenázy, aktivita  $\alpha$  a  $\beta$ -amylasy. Nejvyšší rozdíl mezi sledovanými variantami sladování byl zjištěn u obsahu vitamínu E. Obsah vitamínu E značně kolísá, hodnota tohoto znaku se pohybovala v intervalu 6,77–8,93 mg/kg sušiny, což jsou hodnoty srovnatelné s těmi, které uvádějí pro pšenici jednozrnku autoři Hejtmánková et al. (2010). Nejvyšší obsah vitamínu E byl zjištěn u varianty 7D – 47 % (8,93 mg/kg) a 7D – 43 % (8,83 mg/kg). Aktivita LOX ve sladu, enzymu, jehož aktivita je spojována s negativními senzorickými změnami, ke kterým dochází v průběhu stárnutí piva, byla velmi nízká. Hodnoty se pohybovaly v intervalu 1,16–2,61 U/mg, autoři Psota et al. (2005) uvádějí hodnoty u světlého plzeňského sladu 3,3–7,1 U/mg. Aktivita SOD byla u pšenice jednozrnky srovnatelná s údaji, které uvádějí autoři Belcrediová et al. (2006) nebo Boivin (2001) pro světlý plzeňský slad, pohybovala se v intervalu 114–152 U/g. Tito autoři shodně uvádějí, že aktivita enzymu SOD ve sladu se pohybuje v rozmezí 96–187 U/g.

Polyfenoly mohou ve větší koncentraci způsobovat svíravou chuť a podílet se na tvorbě zákalů. Mají však i pozitivní roli; brání oxidaci, a tím stabilizují senzorické vlastnosti finálního výrobku. Narziss a Bellmer (1976) uvádí u světlého sladu z ječmene hodnoty obsahu celkových polyfenolů v rozpětí 46,0–76,2 mg/l. Slad z pšenice jednozrnky obsahoval výrazně nižší obsahy celkových polyfenolů (25,7–40,0 mg/l). Nižší obsah celkových polyfenolů ve sladu z pšenice jednozrnky v porovnání s ječným sladem uvádí také Fogarasi et al. (2015). Tito autoři dále uvádějí, že vlivem sladování došlo k poklesu obsahu celkových polyfenolů v sušině sladu.

Barva sladin z pšenice jednozrnky se pohybovala v rozpětí 4,2–6,3 j.EBC a byla ve srovnání se světlým sladem z ječmene vyšší. Sacher a Narziss (1992) uvádí barvu sladin u dnešních odrůd pšenice v rozpětí 3,3–5,1 j.EBC. Sladiny získané ze sladu pšenice jednozrnky byly opalizující až kalné (tab. 3).

Délka sladování zvyšovala kvalitu sladu výrazněji než stupeň domočení. Nej kvalitnější slady poskytly varianty se sedmidenním sladováním. Také stupeň domočení ovlivnil kvalitu sladu. Nejlepších hodnot bylo dosaženo při stupni domočení 43 a 45 %. Nejlepší variantou byla varianta sedmidenní sladování při 45 % stupni domočení (tab. 3).

## 4 ZÁVĚR

Vzorky pšenice jednozrnky byly zhodnoceny stejným způsobem, který se používá při hodnocení sladovnického ječmene. V některých kvalitativních parametrech dosáhla pšenice jednozrnka srovnatelných výsledků jako sladovnický ječmen, např. aktivita amylolytických enzymů, vyjádřená extraktem mouky byla na průměrné úrovni 83,3 %. Diastatická mohutnost, která představuje enzymový potenciál sladu, se pohybovala v rozmezí 214–288 j.WK. Běžné hodnoty u světlého plzeňského sladu se pohybují v intervalu 200–300 j.WK. Vzhledem k absenci pluch u pšenice jednozrnky nebyl problém s modifikací buněčných stěn, obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině byl velmi nízký. Naopak hodnoty relativního extraktu při 45 °C a dosažitelného stupně prokvašení byly velmi nízké. Varianty s delší dobou sladování měly hodnotu dosažitelného stupně prokvašení vyšší než 67 %.

Obsah vitamínu E a aktivita SOD ve sladu z pšenice jednozrnky byla srovnatelná s hodnotami, které uvádějí autoři pro světlý plzeň-

value of final apparent attenuation of the variants with a longer length of malting time was higher than 67%.

Diastatic power representing an enzymatic potential of malt, prevalently  $\beta$ -amylase, moved from 214–288 WK un. The average value of this parameter was 255 WK un. The highest value, 288 WK un., was detected in the variant 7D – 47%. In Pilsner pale malt, the values commonly move in the interval of 200–300 WK un. (Basařová et al., 1992).

Modification of cell walls expressed by  $\beta$ -glucan content in sweet wort was without any problems; the average value of this parameter was 19 mg/l. On the contrary, all the studied variants of malting had problems with cytolytic modification expressed by friability. Friability moved in the interval of 75–86%. The highest value was achieved by the variant 6D – 43% (86%). According to Basařová (2015), the value of congress wort viscosity is one of many criteria affecting sweet wort lautering and beer filterability. It provides indicative information on the degree of hemicellulose degradation. Viscosity in the studied variants of malting moved in the interval of 2.09–2.44 mPa.s. Common values for standard modified pale Pilsner malt move in the scope of 1.53–1.67 mPa.s (Basařová, 2015).

Besides the basic parameters decisive for quality of malt from einkorn wheat, a number of special traits were studied (Table 3). Content of vitamin E, superoxide dismutase activity, lipoxigenase activity,  $\alpha$  and  $\beta$  – amylase activity were studied. The highest difference between the variants under study was detected in content of vitamin E. Vitamin E content fluctuated considerably, the value of this parameter moved in the interval of 6.77–8.93 mg/kg of dry matter, which are the values comparable with those reported for einkorn wheat by Hejtmánková et al. (2010). The highest vitamin E content was found in the variant 7D – 47% (8.93 mg/kg) and 7D – 43% (8.83 mg/kg). Activity of LOX in malt was very low; activity of this enzyme is connected with negative sensorial changes occurring during beer ageing. The values varied in the interval of 1.16–2.61 U/mg. Psota et al. (2005) reported values in pale Pilsner malt of 3.3–7.1 U/mg. SOD activity in wheat einkorn was comparable with the data given by Belcrediová et al. (2006) and Boivin (2001) for pale Pilsner malt, it moved in the interval of 114–152 U/g. These authors reported that activity of SOD in malt varied from 96–187 U/g.

At higher concentration, polyphenols can lead to astringent flavor and haze. However, they also play a positive role: they prevent oxidation thus stabilizing sensory properties of a final product. Narziss and Bellmer (1976) reported the values of total polyphenol content in pale malt from barley in the range of 46.0–76.2 mg/l. Malt from einkorn wheat contained markedly lower contents of total polyphenols (25.7–40.0 mg/l). A lower total polyphenol content in malt from einkorn wheat compared to barley malt was also reported by Fogarasi et al. (2015). According to these authors, malting led to a decline in total polyphenol content in malt dry matter.

Color of sweet wort from einkorn wheat moved in the range of 4.2–6.3 EBC un. and compared to pale barley malt it was higher. Sacher and Narziss (1992) reported sweet wort color in current wheat varieties in the scope of 3.3–5.1 EBC un. Sweet worts obtained from einkorn wheat malt were opalizing to turbid (Table 3).

The length of malting increased malt quality more markedly than degree of steeping. Best quality malts were provided by the variants with seven-day malting. Degree of steeping also affected malt quality. The best values were achieved at the degree of steeping of 43 and 45%. The best variant was the variant employing seven-day malting at 45% degree of steeping (Table 3).

## 4 CONCLUSIONS

Einkorn wheat samples were assessed with the same method as that applied for the assessment of malting barley. In some qualitative parameters, einkorn wheat achieved comparable results as malting barley, for example, the activity of amylolytic enzymes expressed by flour extract was at the average level of 83.3%. Diastatic power which represents an enzymatic potential of malt moved in the range of 214–288 WK un. Common values in pale Pilsner malt vary in the interval of 200–300 WK un. Due to the absence of hulls, einkorn wheat did not have a problem with modification of cell walls,  $\beta$ -glucan content in sweet wort was very low. On the contrary, the values of relative extract at 45 °C and apparent final attenuation were very low. The value of apparent final attenuation in the variants with a longer malting time was higher than 67%.

Vitamin E and SOD activity in malt from einkorn wheat were comparable with the values given by authors for pale Pilsner malt. LOX activity was lower than in pale Pilsner malt.

ský slad. Aktivita LOX byla ve srovnání se světlym plzeňským sladem nižší.

Dosažené výsledky ukazují, že nejvhodnější délka sladování je 168 hodin, tedy varianta 7D – 45 %. Tato varianta sladování poskytuje vysoký obsah extraktu při zachování ostatních parametrů rozhodujících o kvalitě sladu na příznivé úrovni.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském, a.s. v rámci řešení projektu evropského programu vzdělávání Leonardo da Vinci – Použití sladu pšenice jednozrnky v potravinářství – starověká inovace (Application of malted einkorn in food industry – Ancient Innovation) (2013-1-BG1-LEO05-08705).

Téma článku bylo prezentováno jako poster na 26. pivovarsko-sladařských dnech.

## LITERATURA / REFERENCES

- Abdel-Aal, E.-S. M., Hucl, P., Sosulski, F. W., 1995: Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats. *Cereal Chemistry*, 72: 621–624.
- Abdel-Aal, E.-S. M., Young, J. C., Wood, P. J., Rabalski, I., Hucl, P., Falk, D., Frégeau-Reid, J., 2002: Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat. *Cereal Chem.* 79(3): 455–457. DOI: 10.1094/CHEM.2002.79.3.455
- Acquistucci, R., D'Wgidio, M. G., Vallega, V., 1995: Amino acid composition of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum* L. *Cereal Chemistry*, 71: 213–216.
- Basařová, G., Čepička, J., Doležalová, A., Kahler, M., Kubiček, J., Poledníková, M., Voborský, J., 1992: Pivovarsko-sladařská analytika. Merkanta, Praha.
- Basařová, G., 2015: Druhy sladů a jejich vlastnosti. In Basařová, G. ed. Sladařství: Teorie a praxe výroby sladu. Havlíček Brain Team, Praha. ISBN 978-80-87109-47-2.
- Belcrediová, N., Ehrenbergerová, J., Havlová, P., 2006: Enzyme superoxide dismutase in grain of barley and malt. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, LIV(2): 7–14.
- Boivin, P., 2001: Pro- and anti-oxidant enzymatic activity in malt. *Cerevisia*, 26(2): 109–115. ISSN 0770-1713.
- Borghi, B., Castagna, R., Corbellini, M., Heun, M., Salamini, F., 1996: Breadmaking quality of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*). *Cereal Chemistry*, 73: 208–214.
- Březinová Belcrediová, N., Ehrenbergerová, J., Prýma, J., Havlová, P., 2007: Stanovení aktivity enzymu superoxiddismutasy pomocí Soupravy Ransod v rostlinném materiálu *Chemické listy*, 101(6): 504–508. ISSN 0009-2770
- Cavallero, A., Gianinetti, A., Finocchiaro, F., Delogu, G., Stanca, A. M., 2004: Tocols in hull-less and hulled barley genotypes grown in contrasting environments. *J. Cereal Sci.* 39: 175–200.
- D'Egidio, M. G., Nardi, S., Vallega, V., 1993: Grain, flour, and dough characteristics of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum* L. *Cereal Chemistry*, 70: 298–303.
- EBC Analysis Committee, 2009: *Analytica-EBC*, Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg.
- Ehrenbergerová, J., Belcrediová, N., Prýma, J., Vaculová, K., Newman, C. W., 2006: Effect of cultivar, year grown, and cropping system on the content of tocopherols and tocotrienols in grains of hulled and hullless barley. *Plant Food Hum. Nutr.* 61: 145–150. DOI: 10.1007/s11130-006-0024-6
- Fogarasi, A., L., Kun, S., Tankó, G., Stefanovits-Bányai, É., Hegyesné-Vecseri, B., 2015: A comparative assessment of antioxidant properties, total phenolic content of einkorn, wheat, barley and their malts. *Food Chem.* 167: 1–6. ISSN 0308-8146.
- Frégeau-Reid, J., Abdel-Aal, E. S. M., 2005: Einkorn: A potential functional wheat and genetic resource. In: Abdel-Aal, E. S. M., Wood, P. (Eds), *Speciality grains for food*, American Association of Cereal Chemists Inc., Minnesota: 37–62.
- Grausgruber, H., Arndorfer, M., 2002: Current situation of einkorn (*Triticum monococcum* subsp. *monococcum*) and emmer (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccum*) cultivation in Austria. *Proceedings of the EUCARPIA Cereal Section Meeting, Salsomaggiore, Italy*, 21.–25. 11. 2002: 45–47.
- Grausgruber, H., Sailer, C., Ghambashidze, G., Bolyos, L., Ruckebauer, P., 2004a: Genetic variation in agronomic and qualitative traits of ancient wheat. *Proceedings of the 17th EUCARPIA General Congress, Tulln, Austria*, 8.–11. 9. 2004: 19–22.
- The achieved results show that the most suitable length of malting is 168 hours; this means the variant 7D – 45%. This variant of malting provides high extract content while maintaining the other parameters decisive for malt quality at a favorable level.
- ACKNOWLEDGEMENTS**
- This study was performed in the Research Institute of Brewing and Malting, Plc, within solution of the European Educational Program Leonardo da Vinci – Application of Malted Einkorn in Food Industry – Ancient Innovation) (2013-1-BG1-LEO05-08705).
- The subject matter of this paper was introduced as poster on 26th Brewing and Malting Days.*
- Translated by Vladimíra Nováková*
- Hejtmánková, K., Lachman, J., Hejtmánková, A., Pivec, V., Janovská, D., 2010: Tocols selected spring wheat (*Triticum aestivum* L.), einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) and wild emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [Schrack]) varieties. *Food Chem.* 123: 1267–1274. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.05.064.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C., Piscozzi, R., 2006: Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*). *J. Cereal Sci.*, 44: 182–193.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., 2008: Protein, ash, lutein and tocopherols distributions in einkorn (*Triticum monococcum* subsp. *monococcum*) seed fractions. *Food Chemistry*, 107: 444–448
- ISO (International Organization for Standardization), 1997. Native starch – Determination of starch content – Ewers polarimetric method. ISO International Standard (ISO), no. 10520. ISO, Geneva pp. 1–8.
- Konvalina, P., Capouchová, I., Stehno, Z., Moudrý, J., Moudrý, J., 2010: Volba druhu a odrůdy pšenice v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-7394-230-4.
- Konvalina, P. (Ed.), 2012a: Pěstování a využití minoritních obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-87510-24-7.
- Konvalina, P., Capouchová, I., Stehno, Z., Káš, M., Janovská, D., Škeříková, A., Moudrý, J., 2012b: Pěstování a využití pšenice jednozrnky v ekologickém zemědělství. VÚRV, v.v.v., Praha: 40. ISBN 978-80-7427-120-5.
- Leenhardt, F., Lyan, B., Rock, E., Boussard, A., Potus, J., Chanliaud, E., Remesy, C., 2006: Genetic variability of carotenoids concentration, and lipoxygenase and peroxidase activities among cultivated wheat species and bread wheat varieties. *Eur. J. Agron.*, 25: 170–176.
- McCleary, B. V., Codd, R., 1989: The measurement of beta-amylase in cereal flours and commercial enzyme preparations. *Journal of Cereal Science* 9: 17–33.
- McLaughlin, P. J., Weihrauch, J. L., 1979: Vitamin E content of foods. *Journal of the American Dietetic Association* 75 (6): 647–665.
- MEBAK, 2006: Brautechnische Analysenmethoden, MEBAK, Weihenstephan – Freising.
- Narziss, L., Bellmer, H. G., 1976: Veränderungen der Polyphenole während des Maischens und Abläuterns. *Brauwissenschaft* 1976, 29(5): 144–152.
- Niggemann, Ch., 2003: Emmer und Einkorn – Botanik und Qualität mit Berücksichtigung und Auswertung von gezielten Evaluierungsversuchen. Diplomarbeit 2003, Nürtingen, Fachhochschule, Germany.
- Psota, V., Jurečka D., Horáková, V., 2005: Odrůdy ječmene registrované v České republice v roce 2005. *Kvasný Prum.* 51(6): 190–194. ISSN 0023-5830.
- Sacher, B., Narziss, L., 1992: Rechnerische Auswertungen von Kleinmälzungsversuchen mit Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Ernte 1991. *Monatsschrift für Brauwissenschaft* 45(12): 404–412.
- Tappel, A. L., Boyer, P. D., Lundberg, W. O., 1953: Effect of temperature and antioxidants upon the lipoxidase-catalyzed oxidation of sodium linoleate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 42, 293–304.