



# Quality analysis of Norwegian farmhouse malt: A case study

## Analýza kvality norského farmářského sladu: Případová studie

Vratislav Psota<sup>1</sup>, Milan Starec<sup>2</sup>, Sigurd Johan Saure<sup>3</sup>, Jørund Geving<sup>4</sup>, Markéta Garčárová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Brewing and Malting, Mostecká 971/7, 614 00 Brno, Czech Republic  
Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Mostecká 971/7, 614 00 Brno  
e-mail: [psota@beerresearch.cz](mailto:psota@beerresearch.cz), [garcarova@beerresearch.cz](mailto:garcarova@beerresearch.cz)

<sup>2</sup> National Museum of Brewing, Českobrodská 17, 281 63 Kostelec nad Černými lesy, Czech Republic  
Národní muzeum pivovarnictví, Českobrodská 17, 281 63 Kostelec nad Černými lesy  
e-mail: [milan@cernokosteleckypivovar.cz](mailto:milan@cernokosteleckypivovar.cz)

<sup>3</sup> Aurdalsvegen 95, 6230 Sykkylven, Norway  
e-mail: [sigurd@tormodgarden.no](mailto:sigurd@tormodgarden.no)

<sup>4</sup> 7504 Stjørdalshalsen, Nord-Trøndelag, Norway  
e-mail: [Joerund@geving.no](mailto:Joerund@geving.no)

\*corresponding author: [psota@beerresearch.cz](mailto:psota@beerresearch.cz)

### Abstract

In this case study, we conducted a detailed investigation into the quality of Norwegian farmhouse malt. We analysed the physical, chemical, and organoleptic properties of the malt. Our findings indicate that a specific sample of Norwegian farmhouse malt exhibits a distinct quality, attributed to the production process and the use of a non-malting barley variety with high nitrogen content. The sample of Norwegian farmhouse malt showed low values for all basic malting characteristics. Low values were found especially in cytolytic modification. Additionally, the sensory characteristics of this malt differed significantly from those of conventional, industrially produced malts, especially the smell of the malt and then the smell of the mash after smoke was distinctive.

**Keywords:** Norwegian farmhouse malt; malting quality

### Abstrakt

V této případové studii jsme podrobně zkoumali kvalitu norského farmářského sladu. Analyzovali jsme fyzikální, chemické a organoleptické vlastnosti sladu. Z našich zjištění vyplývá, že konkrétní vzorek norského farmářského sladu vykazuje odlišnou kvalitu, která je přisuzována výrobnímu procesu a použití nesladovnické odrůdy ječmene s vysokým obsahem dusíku. Vzorek norského farmářského sladu vykazoval nízké hodnoty všech základních sladovnických charakteristik. Nízké hodnoty byly zjištěny zejména u cytolytické modifikace. Kromě toho se sensorické vlastnosti tohoto sladu výrazně lišily od konvenčních, průmyslově vyráběných sladů, zejména vůně sladu a pak vůně rmutu po kouři byla výrazná.

**Klíčová slova:** norský farmářský slad; sladovnická kvalita

### 1 Introduction

Today, many people are passionate about home brewing. They buy ingredients from specialty shops and home

### 1 Úvod

Mnoho lidí se dnes s vášní věnuje domácí výrobě piva. Suroviny nakupují ve specializovaných obchodech a návody

brewing instructions are widely available. They share their experiences with others on the internet and invite their friends to taste their products. It is their hobby.

In the past, in small Scandinavian villages and secluded places, where people had to rely mainly on themselves and their neighbours, the situation was different. The malt, the basic raw material for the production of beer, was made by the farmers at home from barley they grew themselves. The quality of the individual batches varied considerably. The malt was produced in small volumes using inherited production methods and technology commonly available on specific farmhouses. Accurate reconstruction of traditional malting methods is therefore difficult. An interesting and worth mentioning study dealing with raw materials and traditional production methods is the book *“Historical Brewing Techniques: The Lost Art of Farmhouse Brewing”* (Garshol, 2020).

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most widely adapted cereal grain crops, that can be grown in different climatic conditions (Baik, 2016). It ranks fourth in worldwide cereal production, after wheat, rice, and maize. It is used as feed, food and raw material for malting (Newton et al., 2011). Barley tolerates dry and poor soils and the harsh Nordic climate well, which is why barley was most often used for malt production. In Scandinavia, six-row barley was the most common variety until the end of the Middle Ages and was still the most widespread in the nineteenth century. Farmers often sowed a mixture of barley and oats, which increased the chances of a good harvest in any weather. In cool and wet summers, oats prevailed while in hot and dry conditions, barley grew better (Høeg, 1974; Leino, 2017).

Since ancient times, farmers have saved the best quality grain as seed for the following year. This practice has led to the development of quality landraces capable of withstanding local climatic conditions. Landraces of barley could theoretically have originated from the seed grown in the same area as early as the end of the Stone Age (Schmidt et al., 2019; Wallace et al., 2013). Landraces are mostly genetically and phenotypically heterogeneous and represent an important reservoir of genetic variability (Marone et al., 2021). Currently, some farmhouse malt producers use historical varieties, while others prefer new varieties bred in Norway after 2000, such as Tiril from 2004, Brage from 2010, and Fairytale from 2014 (Garshol, 2020).

The production of malt begins with steeping the grain. Previously, producers of farmhouse malt used containers into which the grain was poured and then covered with water. In this case, the water needed to be changed regularly. An alternative was to put the grain in a cloth sack and soak it in a stream. The water naturally flowed through the sack,

na domácí výrobu piva jsou běžně dostupné. Sdílejí své zkušenosti s ostatními na internetu a své přátele zvou na ochutnávku svých výrobků. Je to jejich hobby.

Jiná situace byla v minulosti v malých skandinávských obcích a samotách, kde se lidé museli spoléhat především sami na sebe a na své sousedy. Slad, základní surovinu pro výrobu piva, si farmáři vyráběli doma z ječmene, který sami vypěstovali. Výroba sladu probíhala v malých objemech, a jednotlivé šarže se po kvalitativní stránce výrazně lišily. Výrobní postupy se dědily a pro výrobu farmářského sladu byla využívána technologie běžně dostupná na konkrétních usedlostech. Přesná rekonstrukce tradičních metod výroby sladu je tedy obtížná. Zajímavou a záslužnou publikací, která se zabývá surovinami a tradičními výrobními postupy, je kniha *“Historical Brewing Techniques: The Lost Art of Farmhouse Brewing”* (Garshol, 2020).

Ječmen (*Hordeum vulgare* L.) je jednou z nejpřizpůsobivějších obilovin, kterou lze pěstovat v různých klimatických podmínkách (Baik, 2016). V celosvětové produkci obilovin zaujímá čtvrté místo, hned po pšenici, rýži a kukuřici. Používá se jako krmivo, potravina a surovina pro výrobu sladu (Newton et al., 2011).

Ječmen snáší dobře suché a chudé půdy a drsné severské klima, a proto byl ječmen nejčastěji používán pro výrobu sladu. Ve Skandinávii převládal do konce středověku šestiřadý ječmen, a byl nejrozšířenější ještě v devatenáctém století. Zemědělci často seli směs ječmene a ovsu, což zvyšovalo šanci na dobrou úrodu bez ohledu na počasí. V chladném a vlhkém létě převládal oves, když bylo horko a sucho lépe rostl ječmen (Høeg, 1974; Leino, 2017).

Zemědělci si od pradávna uchovávali nejkvalitnější zrna jako osivo pro následující rok. Tento postup vedl ke vzniku kvalitních krajových odrůd schopných odolávat místním klimatickým podmínkám. Krajové odrůdy ječmene mohly teoreticky pocházet z osiva pěstovaného ve stejné oblasti již na konci doby kamenné (Schmidt et al., 2019; Wallace et al., 2013). Krajové odrůdy jsou většinou geneticky a fenotypově heterogenní a představují významnou zásobárnu genetické variability (Marone et al., 2021). V současné době používají někteří výrobci farmářského sladu historické odrůdy, jiní preferují nové odrůdy vyšlechtěné v Norsku po roce 2000, například odrůdy Tiril z roku 2004, Brage z roku 2010 a Fairytale z roku 2014 (Garshol, 2020).

Výroba sladu začíná máčením zrna. Výrobci farmářského sladu k tomu používali nádoby, do kterých se zrno nasypalo a následně zalilo vodou. V takovém případě bylo nutné vodu pravidelně vyměňovat. Alternativní možností bylo vložit zrno do textilního pytle a tento pytel namočit do potoka. Voda přirozeně protékala pyt-

giving the grain access to oxygen. The flowing water carried away dust and impurities. The initial phase of germination still took place in the sack, which was removed from the water to let the water drain out. Finally, the grain was spread on a wooden frame in a layer of 10 to 15 cm or on a frame with stretched netting. The grain was manually turned to ensure even germination. In some areas, the germinated grains were not turned and were left to grow through deliberately. At the end of the germination phase, the grain was rolled up and transferred to the kiln (Garshol, 2020).

The drying procedures for green malt differed greatly in farmhouse malt production. The method of drying the malt varied according to local customs and, above all, the capabilities of the individual producers. Various methods were used for drying, such as kilns, saunas, or even attics. The malt was often dried by gentle heating and ventilation. The simplest way was to dry the malt in the sun by spreading it out on a cloth. This produced pale malt. Malt was considered dry when it was possible to write with the grain on the wall, like chalk. Often the green malt was spread out on a wooden board with many small holes through which warm air and smoke passed. Wood was used for heating, and the choice of suitable wood for heating was crucial. Managing the temperature was also very important to ensure that the enzymes were not destroyed. All this required considerable experience (Garshol, 2020).

Malt affects the colour, taste, clarity, and aroma of the final product. In the presented case study, analyses of the Norwegian farmhouse malt and malt produced from the same variety in a micro-malting plant are presented.

lem, a zrno tak mělo přístup ke kyslíku. Tekoucí voda odnášela prach a nečistoty. Počáteční fáze klíčení probíhala ještě v pytli, který byl vytažen z vody, aby z něj voda volně vytekla. Nakonec se zrno rozprostřelo na dřevěný rám ve vrstvě 10 až 15 cm nebo na rám, ve kterém byla napnutá síťovina. Pro rovnoměrnější průběh klíčení bylo zrno ručně obráceno. V některých oblastech se klíčící zrna neobracela a nechala se záměrně prorůst. Na konci fáze klíčení se pak zrno srolovalo a bylo přeneseno na hvozdu (Garshol, 2020).

Postupy sušení zeleného sladu byly v případě výroby farmářského sladu velmi různorodé. Způsob sušení sladu se lišil podle místních zvyklostí, a hlavně podle možností konkrétního výrobce. Pro sušení byly využívány různé metody, jako jsou sušárny, sauny nebo i půdy. Slad se často sušil mírným zahříváním a větráním. Nejjednodušším způsobem bylo sušení sladu na slunci, kdy slad byl rozprostřen na plátnu. Takto vznikala světlý slad. V Norsku byl slad považován za suchý, když bylo možné psát na zeď zrnem, jako křídou. Často byl zelený slad rozprostřen na dřevěnou desku s mnoha malými otvory, kterými procházel teplý vzduch a kouř. Topilo se dřevem a výběr vhodného dřeva na topení byl klíčový. Velmi důležitá byla také práce s teplotou, aby nebyly zničeny enzymy. To vše vyžadovalo značnou zkušenost (Garshol, 2020).

Slad ovlivňuje barvu, chuť, čirost a aroma finálního výrobku. V předložené případové studii jsou uvedeny analýzy norského domácího sladu a sladu vyrobeného ze stejné odrůdy v mikroskladovně.

**Table 1** Characteristics of barley grain (harvest 2021)

Tabulka 1 Vlastnosti zrna ječmene (sklizeň 2021)

Variety / Odrůda		BRAGE
Barley grain origin / Původ zrna ječmene		NOR
Moisture content / Obsah vody	%	12.0
Nitrogen content d.m. / Dusík v sušině	%	1.856
Protein content (factor 6.25) / Dusíkaté látky v sušině	%	11.6
Starch content d.m. / Obsah škrobu NIR	%	63.6
Moisture content of malt / Obsah vody NIR	%	13.8
Bulk density / Objemová hmotnost	kg/hl	70.6
Grain fraction above 2.8 mm / Frakce zrn nad 2,8 mm	%	35.8
Grain fraction above 2.5 mm / Frakce zrn nad 2,5 mm	%	46.9
Grain fraction above 2.2 mm / Frakce zrn nad 2,2 mm	%	16
Grain fraction below 2.2 mm / Frakce zrn pod 2,2 mm	%	0.4
Grain fragments, other cereals, foreign matter / Zlomky zrn, jiné obiloviny, cizí látky	%	0.9
Thousand grain weight d.m. / Hmotnost tisíce zrn v suš.	g	37.3

## 2 Materials and methods

### 2.1 Variety

In the experiment, the six-row feed variety of spring barley Brage bred by Graminor AS, Norway was used. The grain for malting was grown in Norway in 2021. The results of the analysis of the barley grain before malting in the micromalting plant are presented in [Table 1](#).

### 2.2 Malting

The malt from the six-row variety Brage was produced in Norway (NOR) using traditional technology at Søndergaarden Soinnhus in Stjørdal. The technology goes back more than 1 000 years.

The **steeping** phase was carried out with the grain placed in two bathtubs with running oxygen-rich water for about 3 days. The total water consumption was approximately 20 m<sup>3</sup>.

During the **germination** phase, which lasted about 5 days, depending on the outside temperature, the following procedure was used: the wet grain was spread in a layer about 7 cm high, i.e. about the length of the index finger. The temperature must not exceed 16 degrees, so the green malt was turned over at regular intervals. To retain moisture, the grain was covered with wet straw. To check the level of modification, the grain was pressed between the fingernails and its contents squeezed out. In properly modified green malt, the endosperm mass feels like chalk when rubbed between the thumb and index finger. If the green malt passed this test, it was ready to be moved to the såinn, the traditional malt kiln.

The malt was spread on perforated planks (with a hole diameter of ca 6 mm) which formed a **drying** board on top of the såinn. Precise information on temperatures is not available. The drying temperature was around 45–50 °C.

In the Czech Republic, a sample of the variety Brage (CZE) delivered from Norway was sorted and a grain size fraction >2.5 mm was used for micromalting.

The samples (0.5 kg) were malted in a micro-malting plant (KVM Czech Republic). The micro-malting was carried out according to the [MEBAK method \(2018\)](#).

**Steeping** took place in the steeping box for 72 hours with alternating wet stages and air rests. The water and air temperature were maintained at 14.0 °C. Duration of wet stages and air-rests: on the first day, the wet stage took 5 hours and air-rest 19 hours, on the second day, the wet stage took 4 hours and air-rest 20 hours. On the third day, the water content of the germinating grains was adjusted to 45% by steeping or spraying.

**Germination** was performed in the germination box. The temperature during germination was maintained at 14.0 °C. The total germination time was 72 hours.

## 2 Materiál a metody

### 2.1 Odrůda

V experimentu byla použita víceřadá krmná odrůda jarního ječmene Brage vyšlechtěná norskou firmou Graminor AS. Zrno pro sladování bylo vypěstováno v Norsku v roce 2021. Výsledky analýzy zrna ječmene před sladováním v mikrosladovně jsou uvedeny v [tabulce 1](#).

### 2.2 Sladování

Slad z víceřadé odrůdy Brage byl vyroben v Norsku (NOR) tradiční technologií v Søndergaarden Soinnhus ve Stjørdalu. Tato technologie je stará více než 1 000 let.

Fáze **máčení** probíhala tak, že zrno leželo ve dvou vanách s tekoucí vodou bohatou na kyslík po dobu asi 3 dnů. Celková spotřeba vody byla přibližně 20 m<sup>3</sup>.

Během fáze **klíčení**, která trvala asi 5 dní, v závislosti na venkovní teplotě, byl použit následující postup: mokré zrno bylo rozprostřeno do vrstvy vysoké asi 7 cm, tj. asi na délku ukazováčku. Teplota nesmí přesáhnout 16 °C, proto se zelený slad v pravidelných intervalech obracel. Pro udržení vlhkosti bylo zrno přikryto vlhkou slámou. Pro kontrolu úrovně modifikace se zrno stisklo mezi nehty a jeho obsah vymáčkl. U správně modifikovaného zeleného sladu je hmota endospermu při tření mezi palcem a ukazováčkem jako křída. Pokud zelený slad v této zkoušce obstál, byl připraven k přesunu do såinn, tradiční sladovnické pece.

Slad se rozprostřel na děrovaná prkna (s průměrem otvorů cca 6 mm), která tvořila sušící plochu na vrcholu såinn. Přesné informace o teplotách nejsou k dispozici. Teplota sušení se pohybovala kolem 45–50 °C.

V České republice byl vzorek odrůdy Brage (CZE) doručený z Norska vytříděn a pro mikrosladování byl použit podíl předního zrna.

Vzorky (0,5 kg) byly sladovány v mikrosladovně (KVM Česká republika). Mikrosladování probíhalo podle metodiky [MEBAK \(2018\)](#).

**Máčení** probíhalo v máčírně po dobu 72 hodin při střídání namáček a vzdušných přestávek. Voda a teplota vzduchu byly udržovány na 14,0 °C. Délky namáček a vzdušných přestávek: první den namáčka 5 hodin a 19 hodin vzdušná přestávka, druhý den namáčka 4 hodiny a 20 hodin vzdušná přestávka. Třetí den byl obsah vody v klíčících zrnech upraven na hodnotu 45 % namočením nebo postřikem.

**Klíčení** bylo provedeno v klíčírně. Teplota během klíčení byla udržována na 14,0 °C. Celková doba klíčení byla 72 hodin.

**Hvozdění** probíhalo v jednolískovém elektricky vytápěném hvozdu. Fáze předsoušení trvala 12 hodin při teplotě 55 °C. Během fáze zvyšování teploty se teplota



**Kilning** took place in a single-floor electrically heated kiln. The free-drying stage lasted 12 hours at 55 °C. During the forced drying stage, the temperature was gradually increased to 75 °C. The curing stage was carried out for 4 hours at 80 °C.

### 2.3 Malt analysis

Malt quality was determined according to the methods described in [MEBAK \(2011, 2018\)](#) and [EBC Analysis Committee \(2010\)](#). The methods used and the values achieved are shown in [Table 2](#).

## 3 Results and discussion

The malt samples were not made from the same batch of grain. The content of nitrogenous substances in the grain used for the production of the malt in the micromalting plant was satisfactory (11.6%), this corresponds to the content of nitrogenous substances in the malt (11.1%). The content of nitrogenous substances in malt produced in Norway was 13.2%, which means that the content of nitrogenous substances in barley grain was probably around 13.7%. Grain size fraction >2.5 mm of the barley grain sample was at the level of 82.7%. 1000 grain weight was low (37.3 g).

The NOR sample gave a wort with a lower extract content (71.5%) than the CZE sample (77.6%). This difference could be due, besides the technology used, to the significant difference in the nitrogen content of the barley grain between the NOR and CZE samples. The characteristic feature of amylolytic enzyme activity is the diastatic power. It is assumed that this trait mainly reflects the activity of  $\beta$ -amylase. In the NOR sample, the diastatic power was significantly lower (189 WK). In the CZE sample, the diastatic power was significantly higher (332 WK). Another feature characterising the rate of conversion of starch to sugars is the saccharification time. The saccharification time of the congress wort is an important indicator of the efficiency of the amylolytic enzymes of malt. For this trait, a big difference is also evident between the NOR malt sample (60 min or more) and the CZE sample (13 min). These traits characterizing the activity of the amylolytic enzymes were strongly influenced by the malting process and the variety used. They reached lower values than usually required ([Kunze, 2010](#)).

Proteolytic modification (degradation of high molecular weight nitrogen-containing substances) characterised by the level of Kolbach index was significantly low in the NOR sample (27.9%) compared to the CZE sample (42.1%), where the optimum level of this trait was reached ([Kunze, 2010](#); [Psota and Kosař, 2002](#)). The soluble nitrogen content of wort was 200 mg/l lower in the NOR sample

postupně zvyšovala až na 75 °C. Fáze dotahování sladu probíhala 4 hodiny při teplotě 80 °C.

### 2.3 Analýza sladu

Kvalita sladu byla stanovena podle metod popsanych v [MEBAK \(2011, 2018\)](#) a [EBC Analysis Committee \(2010\)](#). Použité metody a dosažené hodnoty jsou uvedeny v [tabulce 2](#).

## 3 Výsledky a diskuze

Vzorky sladu nebyly vyrobeny ze stejné partie zrna. Obsah dusíkatých látek v zrně, které bylo využito pro výrobu sladu v mikrosladovně, byl vyhovující (11,6 %), což koresponduje s obsahem dusíkatých látek ve sladu (11,1 %). Obsah dusíkatých látek ve sladu vyrobeném Norsku byl 13,2 %, což znamená, že obsah dusíkatých látek v zrně ječmene se pohyboval pravděpodobně kolem 13,7 %. Vzorek zrna ječmene měl podíl předního zrna na úrovni 82,7 %. Hmotnost tisíce zrn byla nízká (37,3 g).

Vzorek NOR poskytl sladinu s nižším obsahem extraktu (71,5 %) než vzorek CZE (77,6 %). Tento rozdíl mohl být způsoben vedle použité technologie výrazným rozdílem v obsahu dusíkatých látek v zrně ječmene mezi vzorkem NOR a CZE. Znakem charakterizujícím aktivitu amylolytických enzymů je diastatická mohutnost. Předpokládá se, že tento znak odráží především aktivitu  $\beta$ -amylázy. V případě vzorku NOR byla diastatická mohutnost výrazně nižší (189 WK). V případě vzorku CZE byla diastatická mohutnost výrazně vyšší (332 WK). Dalším znakem charakterizujícím rychlost přeměny škrobu na cukry je doba zcukření. Doba zcukření kongresní sladiny je důležitým ukazatelem účinnosti amylolytických enzymů sladu. I u tohoto znaku je zřejmý velký rozdíl mezi vzorkem sladu NOR (60 min a více) a CZE (13 min). Uvedené znaky charakterizující aktivitu amylolytických enzymů byly výrazně ovlivněny postupem výroby sladu a použitou odrůdou. Dosáhly nižších hodnot, než je obvykle požadováno ([Kunze, 2010](#)).

Proteolytické rozluštění (degradace vysokomolekulárních látek obsahujících dusík) charakterizované úrovní Kolbachova čísla bylo u vzorku NOR výrazně nízké (27,9 %) ve srovnání se vzorkem CZE (42,1 %), u kterého byla dosažena optimální úroveň tohoto znaku ([Kunze, 2010](#); [Psota a Kosař, 2002](#)). Obsah rozpustného dusíku ve sladině byl u vzorku NOR o 200 mg/l nižší než u vzorku CZE. Také obsah volného amidusíku (FAN) byl u vzorku NOR výrazně nižší (112 mg/l) než u vzorku CZE (211 mg/l). Kvasinky

**Table 2** Malt and wort characteristics (harvest 2021)  
**Tabulka 2** Vlastnosti sladu a sladiny (sklizeň 2021)

Variety / Odrůda		BRAGE	BRAGE
Malt origin / Původ sladu		NOR	CZE
Moisture content / Obsah vody	%	7.91	3.62
Appearance (clarity) of wort / Čírost sladiny		cloudy / zákal	opalizující
Haze of wort (12°) / Zákal sladiny 12°	EBC	11.99	7.79
Haze of wort (90°) / Zákal sladiny 90°	EBC	12.56	6.55
Speed of filtration / Doba stékání 200 ml	min	18	13
Odour of mash / Vůně rmutu	min	smoked / po kourfi	musty / zátuchlý
Saccharification time / Doba zcukření	min	>60	13
Viscosity of wort 8.6 % / Viskozita sladiny 8,6 %	mPa.s	2.064	1.781
Apparent final attenuation / Dosažitelný stupeň prokvašení	%	63.2	78.8
Diastatic power / Diastatická mohutnost	WK	189	332
Free amino nitrogen / Alfa-aminodusík	mg/l	112	211
Free amino nitrogen / Alfa-aminodusík	mg/100 g	103	186
β-Glucans in wort / β-glukany ve sladine	mg/l	1090	863
Extract of malt as is (congress mash) / Extrakt sladu v původním (kongresní sladina)	%	65.8	74.8
Extract of malt d.m. (congress mash) / Extrakt sladu v sušine (kongresní sladina)	%	71.5	77.6
Hartong VZ 45 °C / Relativní extrakt při 45 °C	%	29.3	36.8
Colour of malt (visual method) / Barva sladiny EBC	EBC	25	4
Protein content of malt (factor 6.25) / Dusikaté látky ve sladu (faktor 6,25)	%	13.2	11.07
Total nitrogen of malt (Kjeldahl) / Dusík ve sladu (Kjeldahl)	%	2.11	1.77
Kolbach index / Kolbachovo číslo	%	27.9	42.1
Soluble protein of malt (Kjeldahl) / Rozpuštěné dusíkaté látky ve sladu (Kjeldahl)	%	3.7	4.7
Soluble nitrogen of malt (Kjeldahl) / Rozpuštěný dusík ve sladu (Kjeldahl)	mg/100 g	588	745
Soluble nitrogen of wort (Kjeldahl) / Rozpuštěný dusík ve sladine (Kjeldahl)	mg/l	637	843
Pentosans in wort / Pentosany ve sladine	mg/l	667	791
Total polyphenols in wort / Celkové polyfenoly ve sladine	mg/l	96	115
Friability / Friabilita	%	22.6	56.9
Homogeneity (by friabilimeter) / Homogenita friabilimetrem	%	53.9	79.2
Partly unmodified grains / Částečně sklovitá zrna	%	46.1	20.8
Wholly unmodified grains / Celosklovitá zrna	%	34.8	3.0

than in the CZE sample. The free amino nitrogen (FAN) content was also significantly lower in the NOR sample (112 mg/l) than in the CZE sample (211 mg/l). Yeasts use FAN as a key nutrient source during fermentation. Low levels of FAN can lead to slow or incomplete fermentation. Generally, a minimum of 150 mg/l FAN is considered necessary for proper yeast growth during fermentation. Levels below 150 mg/l can lead to poor fermentation and high diacetyl levels (Schwarz and Li, 2011).

The degradation of cell walls characterized by friability did not reach the lowest acceptable level (75%) in the samples studied (NOR 23%, CZE 57%). This corresponds to the amount of partly unmodified grains and wholly unmodified grains, namely in the NOR sample. The low levels of friability (NOR 23%, CZE 57%) correspond to the high values of viscosity of wort and  $\beta$ -glucans in wort for both samples (NOR 1090 mg/l, CZE 863 mg/l). The acceptable content of  $\beta$ -glucans in wort in two-row spring varieties of malting barley is 250 mg/l (Psota and Kosař, 2002). Although some varieties of two-row winter barley achieve these values, in this case, the low level of cytolytic modification is mainly variety-related. In six-row barley varieties, the activity of cytolytic enzymes is significantly lower.

The yield of fermentable sugars constitutes a substantial part of the extract, which in turn influences the level of alcohol production, which is characterized by the apparent final attenuation. Apparent final attenuation was particularly low in the NOR sample (63.2%). The CZE sample achieved the lower acceptable value for this trait (79%) (Psota and Kosař, 2002).

The sensory characteristics (appearance and colour of the wort, and odour of the mash) are key for the beer quality. The comparison between the NOR and CZE samples offers interesting findings.

For the NOR sample, the appearance of the wort was visually determined. The CZE sample gave an opalizing wort. The haze values determined by the nephelometer were well above the EBC limit of 4 units for both samples. Brage may be one of the varieties that do not produce clear malt.

In the NOR sample, the colour of the wort was at the level of Munich malt (25 EBC units). The high wort colour could be due to the high nitrogen content of the malt and the kilning process. The colour of the wort in the CZE sample corresponded to that of the pale Pilsner malt (Kunze, 1999).

The NOR malt sample had a strong smell of smoke caused by the kilning technology used. The CZE malt sample had a rather musty smell, probably due to the 2,4,6-trichloroanisole (TCA) produced by mould (McGarrity

využívají FAN jako klíčový zdroj živin během fermentace. Nízké hladiny FAN mohou vést k pomalé nebo neúplné fermentaci. Minimální hodnota 150 mg/l FAN je obecně považována za nezbytnou pro správný růst kvasinek během kvašení. Hodnoty nižší než 150 mg/l mohou vést ke špatnému kvašení a vysokým hladinám diacetylů (Schwarz a Li, 2011).

Degradace buněčných stěn charakterizovaná friabilitou nedosáhla u sledovaných vzorků ani nejnižší akceptovatelnou úroveň (75 %) (NOR 23 %, CZE 57 %). Tomu odpovídá i množství částečně sklovitých a sklovitých zrn především u vzorku NOR. Nízké úrovni friability (NOR 23 %, CZE 57 %) odpovídají vysoké hodnoty viskozity sladiny a  $\beta$ -glukanů ve sladince u obou vzorků (NOR 1090 mg/l, CZE 863 mg/l). Akceptovatelný obsah  $\beta$ -glukanů ve sladince u jarních dvouřadých sladovnických odrůd je 250 mg/l (Psota a Kosař, 2002) Přestože některé odrůdy ozimého dvouřadého ječmene dosahují těchto hodnot, v tomto případě je nízká úroveň cytolytického rozluštění spojena především s odrůdou. Víceřadé odrůdy ječmene mají aktivitu cytolytických enzymů výrazně nižší.

Výtěžek zkvasitelných cukrů tvoří podstatnou část extraktu, což následně ovlivňuje úroveň produkce alkoholu, která je charakterizovaná dosažitelným stupněm prokvašení. Dosažitelný stupeň prokvašení byl především u vzorku NOR velmi nízký (63,2 %). Vzorek CZE dosáhl spodní akceptovatelné hodnoty u tohoto znaku (79 %) (Psota a Kosař, 2002).

Senzorické vlastnosti (čirost a barva sladiny a vůně rmutu) jsou klíčové pro senzoricou kvalitu piva. Porovnání mezi vzorky NOR a CZE nabízí zajímavé poznatky.

U vzorku NOR byla vizuálně stanovena čirost sladiny. Vzorek CZE poskytl sladinu opalizující. Hodnoty zákalu stanovené nefelometrem byly u obou vzorků výrazně nad hraniční hodnotu 4 jednotek EBC. Je možné, že odrůda Brage patří k odrůdám, které neposkytují sladinu čirou.

U vzorku NOR byla barva sladiny na úrovni mnichovského sladu (25 jednotek EBC). Vysoká hodnota barvy sladiny mohla být způsobena vysokým obsahem dusíkatých látek ve sladu a postupem hvozdění. Barva sladiny u vzorku CZE odpovídala barvě světlého plzeňského sladu (Kunze, 1999).

Vzorek sladu NOR byl výrazně cítit kouřem, což bylo způsobeno použitou technologií hvozdění. Vzorek sladu CZE měl spíše zatuchlou vůni, způsobenou pravděpodobně látkou 2,4,6-trichloroanisolem (TCA) produkovanou plísními (McGarrity et al., 2003). Přítomnost plísní na zru ječmene může přispět k výskytu TCA ve všech

et al., 2003). Mould on barley grain may contribute to the occurrence of TCA in all subsequent intermediate products of the brewing process. The possible presence of TCA in the NOR sample was masked by a strong smoke odour.

The production of farmhouse malt (sample NOR) did not allow the enzymatic apparatus of the germinating grain to develop. The use of a six-row non-malting variety worsened this problem. The use of current malting varieties, ideally two-row spring barley with high enzyme activity, could lead to the production of farmhouse malt providing higher yields in farmhouse breweries.

## 4 Conclusion

Farmhouse malt and beer production is primarily about preserving intangible cultural heritage. Future studies on malt quality should therefore focus on using Norwegian landraces and historical varieties grown in Norway in the 19th and early 20th centuries. We do not know much about the technological quality of these varieties in terms of today's requirements for malting and brewing quality. By using landraces and historical barley varieties in traditional farmhouse malting and brewing, we can get even closer to the authentic sensory qualities of farmhouse malt and beer. Given the importance and potential of this research, the author team will continue this study on a representative set of samples of current and historical varieties used in Norway for the production of farmhouse malt.

## 5 Acknowledgement

Supported under Financial Mechanism Programme EEA/Norwegian 2014-2021 (initiative no. BC5-018) – project „Historical methods of malt drying in the Czech Republic and Norway in a pan-European context“. The study was also supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic under the institutional support of MZe-RO1923.

## 6 References

- Baik, B.K. (2016). Current and potential barley grain food products. *Cereal Foods World*, 61(5), 188–196. <https://doi.org/10.1094/CFW-61-5-0188>
- EBC Analysis Committee (2010). *Analytica-EBC*, Fachverlag Hans Carl, Nuremberg. ISBN 978-3-418-00759-5
- Garshol, L.M. (2020). *Historical brewing techniques: the lost art of farmhouse brewing*. Brewers Publications, Boulder, USA. ISBN-10: 1938469550
- Høeg, O.A. (1974). *Planter og tradisjon. Floraen i levende tale og tradisjon i Norge 1925–1973*. Universitetsforlaget, Oslo – Bergen – Tromsø.
- Kunze, W. (1999). *Technology of brewing and malting*, 2<sup>nd</sup> edition, VLB Berlin, Germany. ISBN 3-921 690-49-8
- Kunze, W. (2010). *Technology of brewing and malting*. VLB Berlin, Germany. ISBN 978-3-921690-64-2

následujících meziproduktech pivovarského procesu. Případná přítomnost TCA u vzorku NOR byla překryta silnou vůní kouře.

Výroba farmářského sladu (vzorek NOR) neumožnila rozvinout enzymový aparát klíčícího zrna. Použitím šestiřadě nesladovnické odrůdy se tento problém ještě prohloubil.

Použití současné sladovnické odrůdy, ideálně jarního dvouřaděho ječmene s vysokou enzymovou aktivitou, by mohlo vést k výrobě farmářského sladu poskytujícího vyšší výtěžnost ve farmářském pivovaru.

## 4 Závěr

Při farmářské výrobě sladu a piva jde především o zachování nehmotného kulturního dědictví. Budoucí studie kvality sladu by se proto měly zaměřit na využití norských krajových odrůd a historických odrůd pěstovaných v Norsku v 19. a na počátku 20. století. O technologické kvalitě těchto odrůd z hlediska dnešních požadavků na sladovnickou a pivovarskou kvalitu toho mnoho nevíme. Používáním krajových a historických odrůd ječmene v tradiční farmářské výrobě sladu a piva se můžeme ještě více přiblížit autentickým sensorickým vlastnostem farmářského sladu a piva. Vzhledem k významu a potenciálu tohoto výzkumu bude autorský tým v této studii pokračovat na reprezentativním souboru vzorků současných i historických odrůd používaných v Norsku pro výrobu farmářského sladu.

## 5 Poděkování

Podpořeno prostřednictvím finančního mechanismu Fondů EHP 2014-2021 (iniciativa č. BC5-018) – projekt „Historické způsoby sušení sladu v Česku a Norsku v celoevropském kontextu“. Studie byla rovněž podpořena Ministerstvem zemědělství ČR v rámci institucionální podpory MZe-RO1923.

- Leino, M.W. (2017). *Spannmål: Svenska lantsorter*. Stockholm: Nordiska museets förlag. ISBN 978-91-7108-594-8
- Marone, D., Russo, M.A., Mores, A., Ficco, D.B.M., Laidò, G., Mastrangelo, A.M., Borrelli, G.M. (2021). Importance of landraces in cereal breeding for stress tolerance. *Plants*, 10(7), 1267. <https://doi.org/10.3390/plants10071267>
- McGarrity, M.J., McRoberts, C., Fitzpatrick, M. (2003). Identification, cause, and prevention of musty off-flavors in beer. *MBAA Technical Quarterly*, 40(1), 44–47.
- MEBAK (2011). *Raw Materials: barley, adjuncts, malt, hops and hop products: Collection of brewing analysis methods of the Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission (MEBAK)*, Freising-Weihenstephan.



- MEBAK (2018). Raw materials: barley, adjuncts, malt, hops and hop products: Collection of brewing analysis methods of the Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission (MEBAK), Freising-Weihenstephan. ISBN 978-3-9815960-3-8
- Newton, A.C., Flavell, A.J., George, T.S., Leat, P., Mullholland, B., Ramsay, L., Revoredo-Giha, C., Russell, J., Steffenson, B.J., Swanston, J.S., William, T.B., Waugh, R., Waugh, T., White, P.J., Bingham, I.J. (2011). Crops that feed the world 4. Barley: A resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Security*, 3, 141–178. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0126-3>
- Psota, V., Kosař, K. (2002). Malting quality index. *Kvasny Prumysl*, 48(6), 142–148. <https://doi.org/10.18832/kp2002011>
- Schmidt, S.B., George, T.S., Brown, L.K., Booth, A., Wishart, J., Hedley, P.E., Martin, P., Russell, J., Husted, S. (2019). Ancient barley landraces adapted to marginal soils demonstrate exceptional tolerance to manganese limitation. *Annals of Botany*, 123(5), 831–843. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy215>
- Schwarz, P., Li, Y. (2011). Malting and brewing uses of barley. Barley: Production, improvement, and uses. In Ullrich, S.E., Barley: Production, improvement, and uses (pp. 478–521). Blackwell Publishing Ltd., Chichester UK. <https://doi.org/10.1002/9780470958636.ch15>, ISBN 978-0-470-95863-6
- Wallace, M., Jones, G., Charles, M., Fraser, R., Halstead, P., Heaton, T. H.E., Bogaard, A. (2013). Stable carbon isotope analysis as a direct means of inferring crop water status and water management practices. *World Archaeology*, 45(3), 388–409. <https://doi.org/10.1080/00438243.2013.821671>