

# Složení zrna ječmene z hlediska potravinářského využití

## *The Composition of Barley Grain in regards to Food Technology*

Marta ZAVŘELOVÁ

Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, 76701 Kroměříž / Agrotest fyto, Ltd., Havlíčkova 2787, 76701 Kroměříž  
e-mail: zavrelova@vukrom.cz

Recenzovaný článek / Reviewed paper

**Zavřelová, M.: Složení zrna ječmene z hlediska potravinářského využití.** Kvasny Prum. 60, 2014, č. 5, s. 127–130

Ječmen je široce využitelnou obilovinou – je jednou ze základních surovin pro výrobu piva, používá se pro krmení hospodářských zvířat a částečně i v přímé lidské výživě. V současné době jsou dobře specifikovány kvalitativní parametry zrna ječmene pro sladovnické využití. Nicméně u některých obsahových látek ječmene, které jsou z pohledu sladovnického průmyslu nebo i z pohledu krmení hospodářských zvířat nežádoucí, byla vědecky prokázána jejich prospěšnost na lidský organismus. Pro potravinářské využití lze zrna ječmene doporučit na základě v příspěvku popsaných obsahových látek s pozitivním účinkem na lidský organismus.

**Zavřelová, M.: The composition of barley grain in regards to food technology.** Kvasny Prum. 60, 2014, No. 5, pp. 127–130

Barley is a very versatile cereal. It is one of the basic raw materials for beer production, it is used as livestock feed and partly in human nutrition. Presently, the qualitative parameters for brewing barley grains are very well specified. Nevertheless, some of the substances in barley grain which, in terms of beer production and livestock feed are undesirable have scientifically proven benefits for the human body. The present study describes the components in barley grain with positive effects in human nutrition.

**Zavřelová, M.: Die Zusammensetzung des Gerstenkornes in der Hinsicht der Lebensmittelausnutzung.** Kvasny Prum. 60, 2014, Nr. 5, S.127–130

Die Gerste stellt eine sehr breit ausgenutzte Getreidepflanze – ein Hauptrohstoff zur Bierherstellung – dar, weiter wird's zu den Viehfuttern und teilweise auch zur direkten Menschenernährung angewandt. Zurzeit werden gut die Qualitätsparameter des Gerstenkornes zur Malzherstellung angegeben. Einige in der Hinsicht der Malzindustrie oder Viehfuttern unerwünschte Gerstengehaltsstoffe sind, wie wissenschaftlich erwiesen, für den menschlichen Organismus vorteilhaft. Für eine Menschenernährung kann das Gerstenkorn auf dem Grund der obig beschriebenen Gehaltstoffe mit einer positiven Wirkung für menschliches Organismus empfohlen werden.

**Klíčová slova:**  $\beta$ -glukany, low phytic acid, prevence, výživové látky, waxy

**Keywords:**  $\beta$ -glucans, low-phytic acid, prevention, nutrients, waxy

## 1 ÚVOD

Ječmen (*Hordeum vulgare* L.) patří spolu s pšenicí, rýží a kukuřicí mezi nejdůležitější plodiny světa. V minulosti byl ječmen hlavní složkou potravy zejména lidí, kteří žili v oblastech, kde se ječmen vyvíjel (Asie, severní Afrika) – nejdříve jako planý druh a později jako domestikovaná plodina. S migrací národů z oblasti Úrodného půlměsíce a se vznikem obchodních cest se ječmen rozšířil i po celém evropském kontinentu. Ječmen byl v té době základní potravou např. římských gladiátorů, kteří věřili, že jim ječný chléb, ve srovnání s jinými potravinami, dodá více síly a vytrvalosti (Percival, 1921). Po pádu římského impéria ztratil ječmen svou slávu a ječný chléb se stal pokrmem převážně otroků a chudých lidí. Postupem času byl v první řadě používán pro krmení hospodářských zvířat, v lihovnictví a pro výrobu sladu. Ullrich (2011) udává, že v současné době je celosvětově využití ječmene směřováno hlavně do oblasti krmení hospodářských zvířat (55–60 %) a výroby sladu (30–40 %). Přímá spotřeba ječmene pro lidskou výživu je obecně ve většině hospodářsky vyspělých států velmi nízká, i když se v poslední době objevuje snaha o navrácení této plodiny do lidské výživy, neboť řada vědeckých studií prokázala celou škálu pozitivních účinků na lidský organismus.

## 2 FORMY ZRNA JEČMENE

Ječmen se vyskytuje ve dvou formách – jarní a ozimé. Taxonomické zařazení jednotlivých odrůd ječmene závisí na rozdílné morfologii klasu. Bothmer et al. (1995) dělí *H. vulgare* na dvě skupiny: ječmeny s rozpadavým nebo pevným klasovým větvením. Typ řadovosti klasu (dvouradý/šestiradý) určuje taxonomické zařazení do konvaret a typ zrna (pluchatý/bezpluchý) pak zařazení do subvariet. Pluchaté genotypy (obr. 1) mají obaly zrna (plucha a pluška) pevně přirostlé k obilce, kdežto u bezpluchých genotypů (obr. 2) zůstává zrno v obalech volné (např. podobně jako u pšenice). V pivovnictví obecně je tradičně využívána pluchatá forma, neboť přítomnost pluch napomáhá při filtraci piva. Nicméně bezpluchá forma má daleko širší uplatnění v potravinářském průmyslu, kde skýtá výhodu minimálního zpracování před použitím.

## 1 INTRODUCTION

Barley (*Hordeum vulgare* L.) belongs, along with wheat, rice and maize to the most important cereals in the world. In the past, barley was a main component of food, firstly as a wild plant and later as a cultivated crop, particularly in regions benefiting on its vegetation such as Asia and Africa. Along with the migration of people from the Fertile Crescent and the improved trade routes, barley expanded through the whole European continent. Barley was the main part of food for roman gladiators who believed that barley bread provided them with more power and endurance in comparison to other foodstuffs (Percival, 1921). After the collapse of the Roman Empire, barley lost its popularity and barley bread became a food for slaves and peasants. Later, barley was mainly used as livestock feed, for distilling and for malting. Ullrich (2011) stated that the worldwide usage of barley is currently 55 to 60% for livestock feed and 30 to 40% for malting. The direct barley consumption in human nutrition is generally very low in economically developed countries. Due to a number of scientific studies showing many positive effects for the human body, an effort has emerged recently to use this cereal increasingly in human nutrition.

## 2 FORMS OF BARLEY GRAINS

There exist two forms of barley – the spring and the winter barley. The taxonomy of the specific variety depends on the different morphology of the spikes. Bothmer et al. (1995) divides *H. vulgare* into two groups: barley with brittle rachis and barley with tough rachis. Furthermore, the type of spike (two-rowed barley and six-row barley) and the type of grain (covered grain and naked grain) determine the classification into sub varieties. The covered genotype (Fig. 1) has a tough outer shell consisting of the lemma and the palea firmly attached around the barley kernel. With the naked genotype (Fig. 2), the grain remains loose in the covering as with wheat for example. The covered barley is customarily used in the brewing industry because the huzz shell helps with the beer filtration. The use of naked barley is favourable in the food industry because of the minimal processing before use.



Obr. 1 Pluchatý typ zrna ječmene / Fig. 1 Covered type of barley grain



Obr. 2 Bezpluchý typ zrna ječmene / Fig. 2 Naked type of barley grain

### 3 ŠKROB

Zrno ječmene je zdrojem řady významných živin. Podle Newmana a Newmana (2008) je genom ječmene tvořen mnoha geny, které ovlivňují vlastnosti potravinářské kvality, přičemž mnoho z nich dosud nebylo blíže charakterizováno. Nejvíce variabilní složkou ze všech živin v zrnu ječmene je škrob a jeho obsah je v průměru většinou v rozmezí 60–65% (MacGregor a Fincher, 1993). Škrob ječmene je tvořen dvěma složkami – amylosou a amylopektinem – v ječmeni jsou tyto složky v poměru 22 až 26 % amylosy a 74 až 78 % amylopektinu (Newman a Newman, 2008). Byly však popsány genotypy ječmene se změněným poměrem amylosy a amylopektinu (Bhatta a Rosnagel, 1992; Washington et al., 2000): tzv. vysokoamylosní genotypy (obsah amylosy vyšší jak 35 %) a tzv. waxy genotypy (obsah amylosy 0–10 %). U potravin vyrobených z vysokoamylosního ječmene byl zaznamenán vliv na snížení glukosy, hladiny inzulinu a cholesterolu v krvi zvířat i člověka (Behall et al., 1989; Delaney et al., 2003). V současné době se v souvislosti s prevencí rakoviny tlustého střeva dostává do popředí také tzv. rezistentní škrob, který se v zrně ječmene vyskytuje pouze v omezeném množství v rozmezí 2,2–3,0 % (Sajilata et al., 2006). Vyšší obsah byl pozorován u genotypů ječmene s vysokým podílem amylosy ve škrobu (Bird et al., 2004). V Austrálii byla vyšlechtěna odrůda bezpluchého ječmene s označením BARLEYmax™ (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Dr. Matthew Morell, 2007), která v sobě kombinuje vysoké obsahy vlákniny a rezistentního škrobu.

### 4 NEŠKROBOVÉ POLYSACHARIDY

Dalšími nutričně významnými látkami obsaženými v ječmeni jsou neškrobové polysacharidy, které jsou strukturními součástmi buněčných stěn obalových vrstev zrna. Hlavními neškrobovými polysacharidy jsou arabinoxylany,  $\beta$ -glukany a celulóza. Z potravinářského hlediska jsou díky svým pozitivním účinkům na lidský organismus nejvýznamnější  $\beta$ -glukany. Jejich význam spočívá ve snižování rizika kardiovaskulárních onemocnění (Hang et al., 2007), diabetu typu 2 (Chen a Raymond, 2008), snižování krevního tlaku (Behall et al., 2004) a v pozitivním účinku v prevenci obezity (Shimizu et al., 2008; El Khoury et al., 2012). Významná množství  $\beta$ -glukanů byla nalezena z obilovin pouze u ovsa a ječmene. V pivovarském průmyslu jsou vysoké obsahy  $\beta$ -glukanů nežádoucí, neboť způsobují vysokou viskozitu sladiny, mohou komplikovat filtraci piva (Ullrich et al., 1986), tvořit zákaly a sraženiny (Zhang et al., 2002; Jamar et al., 2011) a negativně působit na stabilitu piva během skladování. Celkový obsah  $\beta$ -glukanů v zrnu standardních odrůd ječmene kolísá v rozmezí 3,75–6,50 % (MacGregor a Fincher, 1993). Bylo zjištěno, že genotypy ječmene se změněným poměrem amylosy a amylopektinu inklinují k vyšším obsahům  $\beta$ -glukanů v zrnu (Hang et al., 2007; Baik a Ullrich, 2008 a další). Kolektiv autorů Izydorczyk et al. (2005) uvádí průměrný obsah  $\beta$ -glukanů u genotypů ječmene s vysokým podílem amylosy 7,5 %, u waxy genotypů 6,9 %, u genotypů s nulovým obsahem amylosy 6,3 % a u genotypů se standardním složením škrobu pak 4,4 %. Řada studií uvádí, že obsah  $\beta$ -glukanů závisí jak na genotypu, tak i na podmínkách pěstování (MacGregor a Fincher, 1993), kdy teplejší a sušší podmínky pěstování celkový obsah  $\beta$ -glukanů zvyšují (Swatson a Ellis, 2002). Je popisován i vliv dalších agro-environmentálních faktorů nejen u ječmene (Yalcin et al., 2007; Hang et al., 2007; Dickinson et al., 2011), ale i u ovsa

### 3 STARCH

Barley grain is a source of many important nutrients. According to Newman and Neuman (2008) the genome of barley has some genes with an impact on the food quality. Many of them have not been further specified yet. The most variable nutrient is starch. Barley grains contain on average 60 to 65% starch (MacGregor and Fincher, 1993). The barley starch consists of two components, the polysaccharide amylose (22–26%) and amylopectine (74–78%) (Newman and Newman, 2008). However, Baahatty and Rosnagel (1992) and Washington et al., (2000) described barley genotypes with modified ratios. The high-amylose genotype has an amylose content of more than 35% and the waxy genotype contains 0 to 10% of amylose. Food produced from high-amylose barley could reportedly lower glucose, insulin and cholesterol levels in the blood of animals and human beings (Behall et al., 1989; Delaney et al., 2003). Currently, due to a link with prevention of colon cancer, resistant starch has gained increased interest. Barley grain contains only about 2.2 to 3.0% resistant starch (Sajilata et al., 2006). Higher contents of resistant starch were only found in the barley genotype with higher content of the amylose (Bird et al., 2004). In Australia a variety of naked barley with the name BARLEYmax™ (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Dr. Matthew Morell, 2007) was cultivated. BARLEYmax™ combines a high content of fibre with a high content of resistant starch.

### 4 NON-STARCH POLYSACCHARIDES

Further important substances in barley are the non-starch polysaccharides. They are structure components in the cell walls of the grain covering. The main non-starch polysaccharides are arabinoxylans,  $\beta$ -glucans and celluloses. From the nutrition point of view,  $\beta$ -glucans are the most important because of their beneficial influence in the human body. The  $\beta$ -glucans lower the risk of cardio-vascular diseases (Hang et al., 2004), and Type 2 diabetes (Chen and Raymond, 2008). They also lower blood pressure (Behall et al., 2004) and have a positive impact in the prevention of obesity (Shimizu et al., 2008; El Khoury et al., 2012). Significant amounts of  $\beta$ -glucans in cereals were only found in oats and barley. In the brewing industry, high contents of  $\beta$ -glucans are unwanted. They raise the viscosity of the wort, complicate the beer filtration (Ullrich et al., 1986), create turbidity, and precipitate which have a negative influence on the beer stability during storage. The total content of  $\beta$ -glucans in standard barley varieties ranges from 3.75 to 6.50% (MacGregor and Fincher, 1993). It was found that barley genotypes with modified ratios of amylose and amylopectin tend to have higher contents of  $\beta$ -glucans in the grain (Hang et al., 2007; Baik and Ullrich, 2008 and further studies). Izydorczyk et al., (2005) state that the average content of  $\beta$ -glucans in high-amylose genotypes is 7.5%, in waxy genotypes 6.9%, in genotypes with a zero content of amylose 6.3% and in genotypes with a regular starch composition 4.4%. A number of studies suggest that the content of  $\beta$ -glucans depends on genotype as well as on the cultivation conditions (MacGregor and Fincher, 1993). According to Swatson and Ellis (2002), warmer and dryer cultivation conditions increase the total content of  $\beta$ -glucans. Yalcin et al., (2007), Hang et al., (2007) and Dickinson et al., (2011) describe the further influential agro-environmental factors for barley and Peterson (1991) for oats. The European Food Safety Authority (EFSA) which

(Peterson, 1991). Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority, EFSA), který má mimo jiné za úkol poskytovat nezávislá vědecká stanoviska, schválil tvrzení, že  $\beta$ -glukan z ječmene snižuje hladinu cholesterolu v krvi. Tohoto příznivého účinku je dosaženo na základě denního příjmu 3 g  $\beta$ -glukanů z ječmene a toto tvrzení lze použít u potravin, které obsahují alespoň 1 g  $\beta$ -glukanu z ječmene v kvantifikované porci (Nařízení komise č. 1048/2012).

## 5 VITAMIN E

Zrno ječmene je také zdrojem řady vitaminů a minerálních látek. Nejstudovanější skupinou vitaminů v zrně ječmene je vitamin E, což je monofenolická látka s výraznými antioxidačními účinky. Tokoly (isomery vitaminu E) jsou rozděleny do dvou skupin – tokoferoly a tokotrienoly. Do každé skupiny patří 4 isomery, které se rozlišují řeckými písmeny  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  a  $\delta$  (Liu a Moreau, 2008). Ječmeni je v této souvislosti věnována značná pozornost, protože je jednou z mála rostlin, která syntetizuje všech osm izomerů vitaminu E, které chrání obilku před oxidací během skladování a klíčení (Cavallero, 2004). Vitamin E představuje pro člověka esenciální chemickou sloučeninu významně se podílející na celkové antioxidační kapacitě. Za antioxidant s největší biologickou aktivitou je považován  $\alpha$ -tokoferol (Traber a Packer, 1995; Chen et al., 2006).

## 6 FYTOVÁ KYSELINA

V řadě rozvojových zemí byly v minulosti u obyvatel s jednostranným jídelníčkem v podobě obilovin a luštěnin pozorovány minerální malnutrice. Bylo zjištěno, že v těchto zemích je běžný nedostatek zinku a železa způsobován potravou chudou na tyto prvky a bohatou na fytovou kyselinu (Marounek, 2004), která tvoří s esenciálními minerály, jako vápník, zinek, železo a hořčík komplexy, které jsou pro absorpci biologicky nevyužitelné (Lee et al., 2003). Značným úspěchem bylo vyšlechtění mutantních linií nejen ječmene (Bregitzer et al., 2010), ale i kukuřice (Mazariegos et al., 2006), pšenice (Guttieri et al., 2004), sóji (Frank et al., 2009) a rýže (Ali et al., 2013), které mají snížený obsah fytové kyseliny a zvýšený podíl anorganického fosforu – tzv. *lpa* (low phytic acid) genotypy (Bregitzer a Raboy, 2006), které následně našly významné uplatnění zejména v krmení hospodářských zvířat. Ve výživě lidí přijímajících vyváženou stravu může mít fytová kyselina i řadu pozitivních účinků – působí jako antioxidant. Kyselina fytová je antioxidant, snižuje riziko kolorektálního karcinomu a má příznivý vliv na lipidový metabolismus, brání vzniku ledvinových kamenů a je prekursorem derivátů inositolu s významnými fyziologickými funkcemi (Marounek, 2004).

## 7 TUK

Obsah tuku v ječném zrně není vysoký a kolísá v závislosti na odrůdě a pěstebních podmínkách od 2,4 % do 3,9 % (Morrison, 1993). Protože je obsah tuku v zrně ječmene tak nízký, není lisování oleje z celého zrna jednoduché, ani ekonomicky výhodné (Moreau et al., 2007). Tuk je v rámci ječné obilky koncentrován zejména v klíčku, kde představuje okolo 18 % z celkového obsahu tuku v zrně (Price a Parson, 1975) a z tohoto důvodu se k lisování oleje používají odpadní mlecí frakce (obsahující klíčky), které jsou na tuk bohatší. Hlavními mastnými kyselinami v zrně ječmene jsou kyselina palmitová, kyselina olejová, kyselina linolová a kyselina linolenová (Newman a Newman, 2008). Relativně vysoký obsah kyseliny linolové (50,7–57,9 %) činí ječný olej nutričně hodnotný v prevenci kardiovaskulárních a rakovinných onemocnění (Fedak a De La Roche, 1977; Wahle et al., 2004).

## 8 ZÁVĚR

Efektivní možností snížení rizika nejruznějších civilizačních onemocnění a tím i ekonomickou zátěží, která při léčbě těchto onemocnění vzniká, je jednoznačně prevence. Zařazení ječmene do jídelníčku může přispět k udržení normální hladiny cholesterolu v krvi a snížení rizika kardiovaskulárních srdečních onemocnění. Svůj význam má konzumace ječmene také v prevenci cukrovky II. typu a rakoviny tlustého střeva a v prevenci a léčbě nadváhy.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla za podpory projektu MZe ČR č. QJ1210257 a institucionální podpory č. RO0211.

has, among other things the task of presenting independent scientific opinions confirmed the claim that the  $\beta$ -glucans in barley lower the cholesterol level in blood. This beneficial effect is achieved through a daily intake of 3 g  $\beta$ -glucans from barley and this claim could only be used for foodstuffs containing at least 1 g of barley  $\beta$ -glucans in a standard portion (Commission Regulation EU No. 1048/2012).

## 5 VITAMIN E

Barley grain is also a source of many vitamins and minerals. Due to high antioxidant effect, the most monitored group of vitamins in barley grain is vitamin E. The tocopherols (isomers of vitamin E) are divided into two groups – the tocopherols and the tocotrienols. Each group has four isomers –  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  and  $\delta$  (Liu and Moreau, 2008). Barley is one of the few plants that synthesises all eight isomers that protect the caryopsis against oxidation during storage and germination (Cavallero, 2004). Vitamin E is an essential substance for the human body contributing to the total antioxidant capacity. The most biologically active isomer is  $\alpha$ -tocopherol (Traber and Packer, 1995; Chen et al., 2006).

## 6 PHYTIC ACID

Due to the non-varied diet consisting of cereals and pulses, inhabitants of many developing countries suffer from malnutrition. Deficiencies in zinc and iron are common due to a diet poor in these elements and rich in phytic acid (Marounek, 2004). Phytic acid forms complexes with essential minerals such as calcium, zinc, iron and magnesium, which cannot be biologically absorbed by the human body (Lee et al., 2003). Therefore, it was very useful to breeding the *lpa* (low phytic acid) genotypes which are mutant lines with reduced contents of phytic acid and increased proportions of inorganic phosphorous (Bregitzer and Raboy, 2006). These mutants were cultivated not only from barley (Bregitzer et al., 2010) but also from maize (Mazariegos et al., 2006), from wheat (Guttieri et al., 2004) from soya (Frank et al., 2009) and from rice (Ali et al., 2013). They are frequently used as livestock feed. Phytic acid could have also a positive impact in human nutrition based on balanced food. Phytic acid is an antioxidant. It reduces the risk of colorectal cancer, effects favourable lipid metabolism, prevents the occurrence of kidney stones and it is a precursor of inositol derivatives which have important physiological functions (Marounek, 2004).

## 7 FAT

The content of fat in barley grain is not high and varies from 2.4 to 3.9 % depending on the variety and cultivation conditions (Morrison, 1993). Due to such a low content of fat, the oil pressing from the whole grain is rather complicated and economically not viable (Moreau et al., 2007). In the barley caryopsis, the fat is mainly concentrated in the germ and makes up about 18 % of the total fat in the grain (Price and Parson, 1975). As a result, the abraded waste fractions containing the germs are used for oil pressing. The main fatty acids in barley grain are palmitic acid, oleic acid linoleic acid and linolenic acid (Newman and Newman, 2008). Due to the relatively high content of linoleic acid (50.7–57.9%) barley oil has health benefits in the prevention of cardio-vascular diseases and cancer (Fedak and De La Roche, 1977; Wahle et al., 2004).

## 8 CONCLUSIONS

The best possibility for decreasing the risk of the various lifestyle diseases and lowering the associated economic burdens linked to their treatment is prevention. Barley as a part of a diet could contribute to the maintenance of normal blood cholesterol levels and lower the risk of cardio-vascular diseases. Barley consumption also has some importance in the prevention of Type 2 diabetes and colon cancer and in the prevention and treatment of obesity.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The present study was supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic No. QJ1210257 and by the Institutional Support No. RO0211.



## LITERATURA/ REFERENCES

- Ali, N., Paul, S., Gayen, D., Sarkar, S.N., Datta, K., 2013: Development of Low Phytate Rice by RNAi Mediated Seed-Specific Silencing of Inositol 1,3,4,5,6-Pentakisphosphate 2-Kinase Gene (*IPK1*). PLoS ONE, 8(7): e68161, doi:10.1371/journal.pone.0068161.
- Baik, B.-K., Ullrich, S.E., 2008: Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest. Journal of Cereal Science, 48(2): 233–242.
- Behall, K.M., Scholfield, D.J., Yuhaiak, I., Canary, J., 1989: Diets containing high amylose vs amylopectin starch: Effects on metabolic variables in human subjects. Am. J. Clin. Nutr., 49(2): 337–344.
- Behall, K. M., Scholfield, D.J., Hallfrisch, J., 2004: Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. Am. J. Clin. Nutr., 80(5): 1185–1193.
- Bhatty, R.S., Rossnagel, B.G., 1992: Zero amylose lines of hull-less barley. Cereal Chem. 74(2): 190–191.
- Bird, A. R., Jackson, M., King, R.A., Davies, D. A., Usher, S., Topping, D. L., 2004: A novel high-amylose barley cultivar (*Hordeum vulgare* var. *Himalaya 292*) lowers plasma cholesterol and alters indices of large-bowel fermentation in pigs. Br. J. Nutr., 92(4): 607–615.
- Bothmer, R. von, Jacobsen, N., Baden, C., Jørgensen, R.B., Lindel-Laursen, I., 1995: An ecogeographical study of the genus *Hordeum*. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. 7. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 2nd edition, 129 p.
- Bregitzer, P., Raboy, V., 2006: Effects of four independent low-phytate mutations in barley (*Hordeum vulgare* L.) on seed phosphorus characteristics and malting quality. Cereal Chem., 83(5): 460–464.
- Bregitzer, P., Raboy, V., Obert, D.E., 2010: Registration of LP1–2581, LP1–2163H, LP3–1159, and LP640–1304 low-phytate spring barley germplasm lines. J. Plant Regist., 4(3): 228–231.
- Cavallero, A., Gianinetti, A., Finocchiaro, F., Delogu, G., Stanca, A.M., 2004: Tocols in hull-less and hulled barley genotypes grown in contrasting environments. Journal of Cereal Science, 39(2):175–180.
- Delaney, B., Nicolosi, R.J., Wilson, T.A., Carlson, T., Frazer, S., Zheng, G.H., Hess, R., Ostergren, K., Haworth, J., Knutson, N., 2003:  $\beta$ -glucan fractions from barley and oat are similarly antiatherogenic in hypercholesterolemic Syrian golden hamsters. J. Nutr. 133(2): 468–475.
- Dickin, E., Steele, K., Frost, G., Edwards-Jones, G., Wright, D., 2011: Effect of genotype, environment and agronomic management on  $\beta$ -glucan concentration of naked barley grain intended for health food use. Journal of Cereal Science, 54(1): 44–52.
- El Khoury, D., Cuda, C., Luhovyy, B. L., Anderson, G. H., 2012: Beta glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome. J. Nutr. Metab., 2012: 1–28.
- Fedak, G., De La Roche, I., 1977: Lipid and fatty acid composition of barley kernels. Can. J. Plant. Sci., 57(1): 257.
- Frank, T., Nörenberg, S., Engel, K.H., 2009: Metabolite profiling of two novel phytic acid (lpa) soybean mutants. J. Agric. Food. Chem., 57(14): 6408–16.
- Guttieri, M., Bowen, D., Dorsch, J.A., Raboy, V., Souza, E., 2004: Identification and characterization of a low phytic acid wheat. Crop Sci., 44(2): 418–424.
- Hang, A., Obert, D., Gironella, A.I.N., Burton, C.S., 2007: Barley amylose and  $\beta$ -glucan: Their relationships to protein, agronomic traits, and environmental factors. Crop Sci., 47(4): 1754–1760.
- Izydorczyk, M.S., Lagasse, S.L., Hatcher, D.W., Dexter, J.E., Rossnagel, B.G., 2005: The enrichment of Asian nobles with fibre-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley. Journal of the Science and Food Agriculture, 85(12): 2094–2104.
- Jamar, C., du Jardin, P., Fauconnier, M.-L., 2011: Cell wall polysaccharides hydrolysis of malting barley (*Hordeum vulgare* L.): A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 15(2): 301–313.
- Chen, S., Li, H., Liu, G., 2006: Progress of vitamin E metabolic engineering in plants. Transgenic Research, 15: 655–665.
- Chen, J., Raymond, K., 2008: Beta-glucans in the treatment of diabetes and associated cardiovascular risks. Vasc. Health Risk Manag., 4(6): 1265–1272.
- Lee, J.M., Joung, H., Li, S.J., Paik, H.Y., 2003: Strategies to reduce phytate content in the Korean Diet. International Journal of Human Ecology, 4(1): 25–34.
- Liu, K.S., Moreau, R.A., 2008: Concentrations of functional lipids in abraded fractions of hullless barley and effect of storage. Journal of Food Science, 73(8): 569–576.
- MacGregor, A.W., Fincher, G.B., 1993: Carbohydrates of the Barley Grain, s. 73–130. In: MacGregor A.W., Bhatty, R.S. (eds.): Barley Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota, 486 p.
- Marounek, M., 2004: Význam kyseliny fytové ve výživě zvířat a lidí a důsledky její přítomnosti v krmivech a potravinách. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha – Uhřetěves, 31 str.
- Mazariegos, M., Hambidge, K. M., Krebs, N. F., Westcott, J. E., Lei, S., Grunwald, G. K., 2006: Zinc absorption in Guatemalan schoolchildren fed normal or low-phytate maize. Am. J. Clin. Nutr., 83(1): 59–64.
- Moreau, R.A., Flores, R.A., Hicks, K.B., 2007: The composition of functional lipids in hulled and hullless barley, in fractions obtained by scarification, and in barley oil. Cereal Chem., 84(1):1–5.
- Morrison, W.R., 1993: Barley lipids. p. 199–246. In: MacGregor A.W. and Bhatty R.S. (eds.), Barley: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota, 486 p.
- Nařízení komise (EU), 2012: č. 1048/2012 ze dne 8. listopadu 2012 o schválení zdravotního tvrzení při označování potravin, jež se týká snížení rizika onemocnění.
- Newman, R.K., Newman, C.W., 2008: Barley for Food and Health. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, United States of America, 245 p.
- Percival, J., 1921: The wheat Plant. Duckworth, London.
- Peterson, D.M., 1991: Genotype and environment effects on oat  $\beta$ -glucan concentration. Crop Sci, 31(6): 1517–1520.
- Price, P.B., Parson, J.G., 1975: Lipids of seven cereal grains. J. Am. Oil Chem. Soc., 52: 490–493.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., 2006: Resistant Starch – a Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Institute of Food Technologists, 5(1): 1–17.
- Shimizu, C., Kihara, M., Aoe, S., Araki, S., Ito, K., Hayashi, K., Watairi, J., Sakata, Y., Ikegami, S., 2008: Effect of high  $\beta$ -glucan barley on serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men – A randomized, doubleblinded, placebo-controlled trial. Plant Foods Hum. Nutr., 63(1): 21–25.
- Swatson, J.S., Ellis, R.P., 2002: Genetics and Breeding of Malt Quality Attributes, pp. 85–114. In: Slafer, G.A., Molina-Cano, J.L., Savin, R., Araus, J.L., Romagosa, I. (eds.): Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality. Food Products Press, New York, 569 p.
- Traber, M.G., Packer, L., 1995: Vitamin E: beyond antioxidant function. Am. J. Clin. Nutr., 62:1501S–1509S.
- Ullrich, S.E., Clancy, J.A., Eslick, R.F., Lance, R.C.M., 1986:  $\beta$ -glucan content and viscosity of extracts from waxy barley. J. Cereal Sci. 4(3):279–285.
- Ullrich, S.E., 2011: Significance, Adaptation, Production, and Trade of Barley, s. 3–13. In: Ullrich S.E. (ed.) Barley: Production, Improvement, and Uses. Blackwell Publishing Ltd., U.K., 662 s.
- Wahle, K.W.J., Heys, S.D., Rotondo, D., 2004: Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health? Prog. Lipid Res., 43(6): 553–587.
- Washington, J.M., Box, A., Barr, A.R., 2000: Developing waxy barley cultivars for food, feed and malt. pp. 303–306. In: Logue, S. (ed.): Barley genetics VIII. Int. Barley Genet. Symp., 8th, Adelaide, Australia. 22–27 Oct. 2000. Univ. of Adelaide, SA, Australia.
- Yalcin, E., Celik, S., Akar, T., Sayim, I., Koksels, H., 2007: Effects of genotype and environment on  $\beta$ -glucan and dietary fibre contents of hull-less barleys grown in Turkey. Food Chem., 101(1): 171–176.
- Zhang, G., Junmei, W., Jinxin, C., 2002: Analysis of  $\beta$ -glucan content in barley cultivars from different location of China. Food Chem., 79(2): 251–254.