

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav technologie potravin



Obsah beta-glukanů a pentosanů v odrůdách ječmene
Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Jindřiška Kučerová, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Simona Orságová

Brno 2015

Zadání práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Obsah beta-glukanů a pentosanů v odrůdách ječmene** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí své diplomové práce doc. Ing. Jindřišce Kučerové, Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady, připomínky a návrhy k diplomové práci, zároveň za její trpělivost a ochotu v průběhu zpracování práce. Také bych chtěla poděkovat svému konzultantu Ing. Ivu Hartmanovi, Ph. D. z VÚPS v Brně za odborné vedení, užitečné rady připomínky a návrhy k diplomové práci a ochotu v průběhu zpracování. Rovněž chci poděkovat panu Ing. Jiřímu Hartmannovi, CSc. z ÚKZÚZ v Brně za ochotu, odbornou pomoc a rady při statistickém vyhodnocování výsledků. Mé velké díky patří i přátelům a rodině za podporu při studiu na Mendelově univerzitě v Brně.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo stanovit variabilitu obsahu neškrobových polysacharidů v zrna sladovnického ječmene jarního (Bojos, Kangoo, Laudis 550, Malz, Sebastian, Xanadu), ozimého ječmene (Wintmalt), nesladovnických odrůdách ozimého ječmene (Jup, Lester, Nero), jarního ječmene (Azit, Tocada, Wiebke) a potravinářsky vhodných odrůdách ječmene jarního (AF Cesar, AF Lucius). Ze vzorků zrna ječmene byly zjišťovány hodnoty obsahu pentosanů a beta-glukanů. Pentosany byly stanoveny metodou dle Douglase. Obsah beta-glukanů v zrna metodou FIA (Flow Injection Analysis). Vliv faktorů na obsah pentosanů a beta-glukanů mezi jednotlivými odrůdami byla testována na 5 % hladině průkaznosti. Obsah pentosanů v zrna se pohyboval v rozmezí 2,28 – 5,95 %. Nejnižší obsah pentosanů byl zjištěn u sladovnické odrůdy jarního ječmene Sebastian, nejvyšší obsah u odrůdy ozimého ječmene Nero. Rozmezí beta-glukanů se pohybovalo od 4,01 – 6,69 %. Nejnižší obsah beta-glukanů byl zjištěn u sladovnické odrůdy ozimého ječmene Wintmalt, nejvyšší u potravinářsky vhodné odrůdy jarního ječmene AF Cesar.

Klíčová slova: ječmen, pentosany (arabinoxylany), beta-glukan

ABSTRACT

The aim of this thesis was to determine the variability of the quantity of non-starch polysaccharides in grain malting spring barley (Bojos, Kangoo, Laudis 550, Malz, Sebastian Xanadu), winter barley (Wintmalt) non-malting varieties of winter barley (Jup, Lester, Nero), spring barley (Azita, Tocada, Wiebke) and food suitable varieties spring barley (Cesar AF, AF Lucius). Samples of barley grains were detected on the quantity of pentosans and beta-glucans. Pentosans were determined by the Douglas method. Beta-glucan content in grain by FIA (Flow Injection Analysis). The influence factors on the content of pentosans and beta-glucans between varieties have been tested at the 5% level of conclusiveness. The quantity of pentosanes in the grain was in the range from 2.28 to 5.95%. The lowest content of pentosans was found in malting varieties of spring barley Sebastian, the highest content by winter barley varieties Nero. The range of beta-glucan varied from 4.01 to 6.69%. The lowest content of beta-glucan was found in malting varieties of winter barley Wintmalt the highest in nutritionally appropriate to varieties of spring barley AF Cesar.

Keywords: barley, pentosans (arabinoxylans), beta-glucans

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1	Morfologie a anatomie ječmene	10
3.2	Ječmen a vztah k lidské výživě	11
3.3	Chemické složení zrna ječmene	12
3.3.1	Sacharidy	12
3.3.2	Dusíkaté látky	14
3.3.2.1	Enzymy	15
3.3.3	Lipidy	16
3.3.4	Vitamíny	16
3.4	Pentosany	17
3.5	Beta-glukany	17
3.6	Pentosany a jejich vliv na zdravotní stav	18
3.7	Funkce beta-glukanů	18
3.8	Beta-glukany a jejich vliv na zdravotní stav	19
3.9	Mechanismy účinků beta-glukanů a nádorová onemocnění	20
3.10	Beta- glukany a infekční onemocnění	21
3.11	Lokální použití beta-glukanů	21
4	MATERIÁL A METODIKA	22
4.1	Materiál	22
4.1.1	Charakteristika sledovaných odrůd ječmene	22
4.2	Variety pěstování	26
4.3	Charakteristika pokusných lokalit	26
4.2	Metodika	27
4.2.1	Stanovení obsahu pentosanů (Douglas)	27

4.2.2 Stanovení obsahu beta-glukanů metodou FIA	28
5.1 Naměřené hodnoty pentosanů.....	30
5.2 Naměřené hodnoty beta-glukanů	33
5.3 Statistické zhodnocení obsahu pentosanů	35
5.4 Statistické zhodnocení obsahu beta-glukanů	38
6 ZÁVĚR	41
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
8 SEZNAM TABULEK.....	48
9 PŘÍLOHY	49

1 ÚVOD

Ječmen setý (*Hordeum vulgare*) řadíme mezi jednu z nejstarších zemědělsky pěstovaných plodin na světě. Hlavní důvodem proč se pěstuje, je především výroba piva, v minulosti se hojně využíval také v potravinářském průmyslu. S rozvíjejícími se poznatky při výrobě piva se postupem času vyšlechtily ječmeny s co možná nejmenším obsahem beta-glukanů, které zpomalují filtraci piva. Světové výzkumy zjistily, že právě beta-glukany obsažené v ječmeni hrají důležitou roli při odvodu přebytečné žluče z organismu, snižují hladiny cholesterolu a jsou prevencí proti vzniku rakoviny. Velkou výhodou je, že nemají žádné vedlejší účinky (HAVEL, 2015).

V současnosti jsou obě formy (jarní i ozimá) ječmene setého druhou nejpěstovanější plodinou v České republice. V historii České republiky pěstování jarního ječmene se využíval ke krmení hospodářských zvířat. V roce 2013 převažovala spotřeba ječmene pro potravinářské využití nad krmnými účely (MACHÁŇ A KOL., 2014). Nejvyšší část produkce slouží k výrobě sladu, v České republice to činí 30 % jarních forem ječmene. Historické prameny uvádí zmínky o ječné kaši, která byla v antice běžným pokrmem, dnes se běžně konzumuje na území Blízkého Východu. V Evropě nahradila konzumace ječmene pšenice. Jako přísada do polévek a dušených jídel se těší velké oblibě ječné kroupy a krupky.

V zrně ječmene jsou nejvíce zastoupeny sacharidy, až z 80 %. Neškrobové polysacharidy (beta-glukany a arabinoxylany) jsou v pivovarském průmyslu nežádoucí (KOSAŘ A KOL., 2000), ale ve výživě člověka, jsou ceněny jako hodnotná složka rozpustné i nerozpustné vlákniny potravy (BAIK, ULLRICH, 2008). Hlavní úkol vlákniny spočívá v podpoře střevní funkce. Vlákna je schopna vázat rakovinné látky, toxiny, cholesterol a usnadňuje jejich vyloučení z těla (BELCREIDIOVÁ, EHRENBERGEROVÁ, HAVLOVÁ, 2006). Ječmen slouží k výrobě náhražky kávy. V současnosti se nabízí ke konzumaci mladý ječmen ve formě zeleného prášku, který se smíchá s vodou nebo džusem a pije se. Mladý ječmen obsahuje řadu vitamínů (C, E, H, K, cholin, beta-karoten a skupinu B vitamínů), minerálních látek a stopových prvků. Podporuje trávení, pozitivně ovlivňuje krevní obraz, urychluje regeneraci tkáně a poskytuje antioxidační ochranu.

2 CÍL PRÁCE

Cílem závěrečné práce bylo:

- prostudovat literární podklady týkající se řešené problematiky, popsat chemickou strukturu beta-glukanů a pentosanů, vlivy působící na obsah beta-glukanů v zrně ječmene, význam beta-glukanů a pentosanů ve výživě člověka.
- laboratorně stanovit obsahu beta-glukanů a pentosanů ve vzorcích různých odrůd ječmene (používaných pro sladovnický, potravinářský i krmivářský průmysl).
- obsahy beta-glukanů v ječmeni stanovit z různých lokalit ČR a zjištěné výsledky porovnat s publikovanými údaji.
- získané výsledky vyhodnotit pomocí vhodných statistických metod, statisticky porovnat obsahy beta-glukanů a pentosanů z různých odrůd ječmene.
- zpracovat diplomovou práci v požadovaném rozsahu.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Morfologie a anatomie ječmene

Ječmeny se dělí podle počtu plodných kvítků v klasu na víceřadé ječmeny, které se dělí na šestiřadé a čtyřřadé a na ječmeny dvouřadé, do kterých řadíme sladovnické ječmeny. Zde je větší převaha jarních odrůd před ozimými.

Ječmen patří do čeledi lipnicovité. Pro tuto čeleď jsou typické svazčité kořeny. V porovnání s dvouděložnými rostlinami jsou slabší a netloustnou. Kořenová soustava ječmene je tvořena zárodečnými kořínky, které v době odnoží odumírají. Z bazálních podzemních kolínek vyrůstají adventivní kořínky. Tvorbu kořenové soustavy ječmene ovlivňuje: zrnitost půdy, předplodina, hustota porostu a přísun živin (BASAROVÁ, ČEPIČKA, 1985).

Stéblo ječmene je tvořeno články (internodia), které jsou spojeny kolénky. Internodia mají různou velikost, přičemž spodní článek je nejkratší. Nejvyšší stébla mohou dosahovat výšky od 0,8 do 1,3 m (ZIMOLKA, MILOTOVÁ, 2006). Stéblo nese listy ječmene, které jsou postaveny proti sobě ve dvou řadách nad sebou. Výnos zrna je závislý na listové ploše a ploše stébel a jejich účinnosti. Vedle výživy ječmene se zde ještě uplatňuje i zdravotní stav listů.

Květy tvoří květenství, tzv. nerozvětvený klas. Květ ječmene je složen ze semeníku, dvou malých plenek, dvou pluch a bazální stětičky nacházející se na bázi plodu. Semeník je tvořen dvěma pérovitými bliznami, u pluchatých ječmenů pluchy po oplození přirůstají k obilce, u nahých ječmenů jsou volné.

Obilka (zrno) ječmene je tvořena zárodkem, endospermem a obalovými částmi zrna. Zárodek (klíček, embryo) je živnou částí zrna, je umístěn na spodu obilky. S klíčkem je srostlý štítek zásobující zárodek živinami. Endosperm (vnitřní obsah zrna) představuje největší podíl zrna a nachází se zde zásobní bílkoviny, škrob a aleuronová vrstva. Ta tvoří vnější část endospermu, je složena převážně z bílkovin a tuku. Začátkem klíčení se v aleuronové vrstvě aktivují enzymy a jejich činnost se šíří do jádra endospermu. V průběhu klíčení zrna se složení endospermu mění, odehrávají se zde biologické a chemické reakce. Obalové části zrna (pluchy) mají ochrannou funkci. Hřbetní strana je tvořena hrubší pluchou, překrývá ji jemnější pluška břišní části zrna. Pod pluchou se nachází oplodí

(perikarp) a osemení (testa). Obě tyto části jsou tvořeny vzájemně srostlými vrstvami. Oplodí propouští vodu a různé ionty, zadržuje vysokomolekulární látky.

Zrno ječmene se využívá ne jen k výrobě sladu, ale také k lidské výživě. Všechna zrna mají v podstatě stejnou morfológickou skladbu, jednotlivá zrna se liší tvarem, velikostí a hmotností. Nejsvrchnější vrstva zrna (oplodí) slouží k ochraně před mechanickým poškozením a krátkodobým působením škodlivých látek. Oplodí je tvořeno nerozpustnými a obtížně bobtnajícími materiály (celulosa). Následující vrstvy obsahují polysacharidy (KOPÁČOVÁ, 2007).

3.2 Ječmen a vztah k lidské výživě

V dnešní době poptávka po produktech z ječmene určených k lidské spotřebě neustále roste. Produkty, které jsou volně dostupné na trhu můžeme jmenovat např. ječné kroupy, mouku, vločky a ječnou krupici. Ječmen se uplatňuje nejen v pekárenském průmyslu, ale i v mlékárenském k výrobě sýru s perličkami ječmene (HAVEL, 2015). Jedná se především o bezpluchou formu ječmene, která má širší uplatnění v potravinářském průmyslu, výhodou je zde minimální zpracování před použitím (ZAVŘELOVÁ, 2014). Ve vyspělých zemích se ječmen používá k výrobě funkčních potravin obsahujících účinné složky – nutriceutika. Tyto složky se využívají v humánní, zdravotně-preventivní výživě a jejich konzumací lze předcházet civilizačním chorobám (chorobám oběhového ústrojí, nádorových onemocnění a diabetu) (PSOTA, EHRENBERGEROVÁ, 2008). Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) vydal Nařízení komise č. 1048/2012 v němž informuje o příznivých účincích beta-glukanů z ječmene. Nařízení potvrzuje, že denní příjem 3 g beta-glukanů snižuje hladinu cholesterolu v krvi.

V České republice jsou v současnosti registrovány dvě odrůdy ječmene jarního s bezpluchým zrnem. První z odrůd – AF Lucius byla registrována již roku 2009, je využívána spíše zemědělci hospodařící v podmínkách ekologického zemědělství. Výše zmíněná odrůda může být využívána pro potravinářské i krmné účely. Roku 2014 byla registrovaná druhá potravinářsky významná bezpluchá odrůda jarního ječmene s názvem AF Cesar. Odrůda se vyznačuje vysokým obsahem beta-glukanů (v průměru 6,8 % v sušině zrna). Významně se odlišuje nejen od standardních pluchatých sladovnických odrůd, ale také od první české bezpluché odrůdy AF Lucius s průměrným obsahem 5,4 % beta-glukanů (PSOTA, 2014). Návrh na registraci odrůdy byl schválen v roce 2014. Odrůda AF Cesar je

vhodná nejen pro podmínky ekologického, ale i konvenčního zemědělství. V laboratorních pokusech bylo prokázáno, že odrůda AF Lucius se světlou barvou zrna ječmene bude mít uplatnění při výrobě potravin. Může sloužit jako zajímavý zdroj flavonoidů s významnou antioxidační aktivitou (VACULOVÁ, 2015). Ječmen řadíme mezi potraviny s velmi nízkým glykemickým indexem, zejména odrůdy s vysokým obsahem amylosy a beta-glukanu (ABDEL-AAL, WOOD, 2005).

3.3 Chemické složení zrna ječmene

Chemické složení ječmene a ostatních obilovin je v zásadě stejné. Velkou měrou se na chemickém složení zrna podílí půdní, klimatické a agrotechnické podmínky (KOPÁČOVÁ, 2007). Obilka ječmene je složena z 80 – 88 % sušiny a 12 – 20 % vody. Dusíkaté, bezdusíkaté organické látky a minerální látky tvoří sušinu zrna (DUDÁŠ, 2004).

3.3.1 Sacharidy

Nejvíce zastoupenou organickou složkou v zrně jsou sacharidy. V různých částech zrna se podíl jednotlivých sacharidů liší.

Sacharidy se dělí na monosacharidy, polysacharidy a oligosacharidy. Homopolysacharidy (homoglykany) jsou polysacharidy, tvořeny stejnými monomery (s výjimkou koncových jednotek). Heteropolysacharidy (heteroglykany) jsou složeny z molekul dvou a více různých monosacharidů, popř. obsahují deriváty monosacharidů (glykuronové kyseliny, jejich estery, deoxycukry aj.). Jako příklad homoglykanu můžeme uvést obě složky škrobu (amylosa a amylopektin), glykogen a celulosu, které jsou složeny pouze z molekul D-glukosy. Do skupiny heteroglykany patří většina dalších polysacharidů (VELÍŠEK, 2009).

Polysacharidy obilných zrn se zpravidla dělí na škrob a skupinu neškrbových polysacharidů (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003). Základní organickou složkou ječmene tvoří škrob, který vzniká z nízkomolekulárních cukrů enzymovou cestou. Škrob je rezervní polysacharid a zásobárna živin pro klíček při jeho vývinu vyskytující se u všech obilovin. Škrbová zrna jsou složena ze dvou strukturálně odlišných sacharidů – amylosy a amylopektinu. U obou sacharidů tvoří základ molekula glukosy. Amylosu tvoří dlouhé do spirály stočené řetězce složeny z glukosových zbytků (60 – 200) spojených

alfa-1,4-glykosidickou vazbou. Amylopektin je složen z větvených molekul glukosových jednotek, spojených nejčastěji alfa-1,6 glykosidickou vazbou, větvení řetězce je po patnácti glukosových jednotkách (BASARŮVA, ČEPIČKA, 1985). Přejít mezi oběma frakcemi je povolný a podíl mezi nimi je v obilných škrobech zastoupený v různém poměru. Amylosa a amylopektin se díky rozdílné struktuře liší svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Amylosa je ve studené vodě rozpustná, amylopektin bobtná a není schopen vytvořit roztok (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003). Jedna z frakcí škrobu, která není trávena v tenkém střevě člověka, se nazývá rezistentní škrob. Tato frakce je substrátem pro mikroorganismy v tlustém střevě a její fyziologické účinky se podobají účinkům vlákniny. Přítomnost rezistentního škrobu je zdraví prospěšné a podobně jako vláknina zvyšuje objem stolice, zkracuje dobu průchodu tráveniny trávicím traktem, zvyšuje produkci těkavých mastných kyselin v zadní části trávicího traktu a snižuje tam i pH (HAVLÍK, MAROUNEK, 2013). Polysacharidy můžeme rozdělit i podle původu, a to na polysacharidy rostlin, ty mají největší význam ve výživě člověka, polysacharidy živočichů a ostatní přirozené polysacharidy. Polysacharidy rostlin, mořských řas a mikroorganismů jsou součástí řady potravin jako aditiva ve formě přirozené nebo modifikované. Polysacharidy se dělí i podle funkce, které vykonávají na zásobní (rezervní), stavební (strukturní) a mající jiné funkce. Zásobními polysacharidy rostlin v semenech, hlízách, oddencích, cibulích a kořenech jsou: škroby a neškrobové polysacharidy. Celulosa a s ní asociované necelulosové polysacharidy (hemicelulosa – u pšenice a žita arabinoxylany, u ječmene a ovesa beta-glukany) mají funkci stavebních látek ve stěnách rostlinných buněk. Některé strukturní polysacharidy mikroorganismů a vyšších hub, konkrétně se jedná o beta-glukany s jinou strukturou než mají beta-glukany obilovin, se používají jako imunomodulátory (látky, které zvyšují výkonnost imunitního systému) a antikarcinogenní látky.

Základními stavebními jednotkami homopolysacharidů jsou pentosy, hexosy a glykuronové (alduronové) kyseliny, jejich polymery se nazývají – pentosy, hexosy a glykuronany (polyuronidy). Nejčastěji se vyskytující pentosou vázanou v pentosanech je D-xylosa přítomná v xylanech. Homopolysacharidy, které se nazývají glukany, jsou složeny z glukosových jednotek (amylosa, amylopektin, celulosa). Pokud jsou glykosidovou vazbou vzájemně spojeny alfa-anomery monomeru (př. amylosa), jedná se o alfa-glukany. Celulosa je beta-glukan, resp. beta-(1→4)-glukan (VELÍŠEK, 2009).

Vlastnosti, obsah i poměr neškrobových polysacharidů je v různých částech zrna odlišný. Neškrobové polysacharidy v zrně ječmene tvoří vlákninu. Rozeznáváme dva typy

vlákniny – nerozpustná vláknina (celulosa, lignin, arabinoxylany a beta-glukany) a rozpustná vláknina (arabinoxylany, beta-glukany, glukamannany a arabinogalaktany). Nerozpustná vláknina je důležitou součástí potravy s příznivými zdravotními účinky (zvyšuje objem potravy, zkracuje dobu jejího průchodu zažívacím traktem a zlepšuje střevní peristaltiku). Celulosa je hlavní složka buněčných stěn. Rozpustná vláknina zpomaluje promíchávání obsahu žaludku a střev, je částečně štěpena trávicími enzymy v horní části zažívacího traktu člověka a monogastričních savců. Nerozpustná vláknina není štěpena enzymy v tenkém střevě, spolu s rozpustnou vlákninou je metabolizována mikroorganismy tlustého a slepého střeva. Výchozími produkty rozpustné i nerozpustné vlákniny jsou plyny (oxid uhličitý, vodík, často také metan) a využitelné mastné kyseliny (octová, propionová a máselná) (VELÍŠEK, 2009). Pentosany (slizy) se vyznačují schopností vytvářet vysoce viskosní koloidní roztoky. Beta-glukany, rozpustné polysacharidy, které vytvářejí stejně jako pentosany vysokoviskózní gely plní funkci stavebních látek v buněčných stěnách endospermu a vykazují příznivé fyziologické účinky (KOPÁČOVÁ, 2007). Ječné škroby obsahují dvě základní složky, jak bylo zmíněno výše, amylosu (25 %) a amylopektin (75 %). Poměr amylosy a amylopektinu můžeme šlechtěním změnit, př. jsou tzv. waxy typy ječmene, kde je poměr změněn ve prospěch amylopektinu (EHRENBERGEROVÁ, 2006). Waxy odrůdy ječmene obsahují vyšší obsah beta-glukanů na rozdíl od odrůd ječmene s normálním zastoupením amylosy a amylopektinu (BAIK, ULLRICH, 2008).

3.3.2 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří dusíkaté látky typu bílkovin a jejich štěpné produkty. Do této skupiny náleží aminokyseliny, peptidy, peptony a pravé bílkoviny – proteiny. Druhou skupinu tvoří dusíkaté látky nebílkovinné povahy (dusíkaté báze, složky fosfatidů, malé množství amidů a amonných solí). Dusíkaté látky ve formě proteinů jsou zastoupeny v zrna ječmene nejvíce. Podle fyzikálně chemických vlastností je můžeme rozdělit na: albuminy (leukosiny), globuliny (edestiny), prolaminy (hordeiny) a gluteliny (gluteniny) (VOŇKA, 1985).

Peptidy jsou tvořeny aminokyselinami – nejjednoduššími dusíkatými sloučeninami spojenými peptidovými vazbami. Peptidová vazba vzniká spojením jedné aminokyseliny s karboxylovou skupinou druhé molekuly aminokyselin. Aminokyseliny se dělí dle počtu na dipeptidy až tetrapeptidy. Pokud obsahuje řetězec do deseti aminokyselin, jedná se

o oligopeptidy, nad deset aminokyselin – polypeptidy, sto aminokyselin značí makropeptidy – proteiny.

Molekuly proteinů jsou tvořeny různě dlouhými řetězci aminokyselin navzájem spojených peptidovou vazbou. Bílkoviny ječmene můžeme, rozdělit dle morfologického původu na bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy a zárodku. Jiné rozdělení je podle morfologického původu na bílkoviny metabolicky aktivní a zásobní. Další dělení je na nízko a vysokomolekulární a dle chemického složení se dělí na jednoduché a komplexní proteiny (EHRENBERGEROVÁ, 2006). Hlavními zásobními proteiny jsou hordeiny a gluteliny. Ječmen obsahuje příznivé zastoupení aminokyselin s vysokým obsahem lysinu (KOPÁČOVÁ 2006).

3.3.2.1 Enzymy

Z chemického hlediska se jedná o bílkovinné makromolekuly. Enzymy mají schopnost katalyzovat chemické reakce, podle povahy reakce se odvíjí jejich názvy. Dělí se do šesti skupin: oxidoreduktasy, transferasy, hydrolasy, lyasy, izomerasy a ligasy (*Tab. 1*). Oxidoreduktasy jsou nejhodněji zastoupenými enzymy, podílejí se na procesech spjatých s dýcháním obilky a kvašením při výrobě piva. Hrají důležitou roli při metabolismu sacharidů, dusíkatých a lipidických látek. Transferasy se podílejí na metabolismu všech látek v zrna ječmene. Lyasy a izomerasy jsou důležité pro metabolismus uhlíku, dusíku, lipidů, polyfenolů. Ligasy jsou nepostradatelné při biosyntéze škrobu, bílkovin a aminokyselin.

Pro zrna ječmene je důležitým enzymem beta-glukanasa, která rozkládá beta-glukany během sladování a rmutování za spoluúčasti enzymů ze skupiny hydrolas. Vyšší obsah beta-glukanů ve sladu při technologické výrobě piva je nežádoucí, protože zvyšuje viskozitu sladiny a piva, snižuje varný výtěžek, zhoršuje scezování sladiny a způsobuje špatnou filtrovatelnost piva. Na obsah beta-glukanů, aktivitu beta-glukanasy má vliv odrůda ječmene a povětrnostní podmínky pěstování. Množství beta-glukanasy je možné zvýšit klíčením obilky při vyšší teplotě i průběhem sladování (EHRENBERGEROVÁ, 2006). Amylolýtické enzymy alfa- a beta-amylasa štěpí škrob (amylosu, amylopektin) na maltosu a glukosu.

Tab. 1 Představitelé jednotlivých skupin enzymů v ječmeni (KOSAŘ A KOL., 2000)

Oxidoreduktasy	lipoxygenasa, superoxid dismutasa, katalasa, peroxidasa, polyfenoloxidasa
Transferasy	transglukosidasy: D-enzym, P-enzym, Q-enzym
Hydrolasy	esterasy: lipasy, fosfatasy
	karbohydrasy: alfa-amylasa, beta-amylasa, hraniční dextrinasa, R-enzym, maltasa, sacharasa
	hemicelulasy: štěpící glukany a pentosany (beta-glukanasa, solubilasa, xylobiasa, arabinosidasa, xylanasa)
	štěpící peptidové vazby: endopeptidasy, exopeptidasy
Lyasy	aldolasa, karboxydismutasa
Izomerasy	ribulaza-5-fosfat-epimerasa
Ligasy	acetyl-CoA-karboxylasa

3.3.3 Lipidy

Lipidy jsou složeny převážně z triacylglycerolů a nejvíce se jich nachází v aleuronové vrstvě, pluchách a v klíčku. Celkové množství se pohybuje od 2 do 9 % v závislosti na odrůdě a podmínkách pěstování. Tuk se vyskytuje jak ve formě volné, tak i ve formě vázané. Volné tuky jsou přítomny ve formě nenasycených mastných kyselin, z nichž nejvíce zastoupená je kyselina linolová (KOPÁČOVÁ, 2006). Další z mastných kyselin, vyskytující se jsou olejová a palmitová. Zrno ječmene obsahuje i sloučeniny, které mají tuk vázaný na bílkoviny a sacharidy – tzv. lipoidy. Do skupiny lipoidů řadíme např. fosfatidy, fytosteriny a estery fosfolipidů s cukernatými sloučeninami. Mezi lipidické sloučeniny řadíme hořké látky ječmene – hořké pryskyřice. Pro něž je typická svíravá chuť s antiseptickými vlastnostmi (KOSAŘ A KOL., 2000).

3.3.4 Vitamíny

Aleuronové a obalové vrstvy zrna a klíčku obsahují největší množství vitamínů. Nejvíce jsou zastoupeny vitamíny skupiny B (především B1, B2 a B6), dále vitamín C, vitamín H, kyselina pantotenová, nikotinová, alfa-aminobenzoová a kyselina listová. Z provitaminů to

jsou karotenoidy (vitamín A) a provitamín D (EHRENBERGEROVÁ, 2006). V zrně ječmene se vyskytuje také vitamín E v podobě izomerů zastoupený ve všech jeho formách (alfa-, beta-, gama-, delta-tokoferoly a tokotrienoly) (PRÝMA A KOL., 2000).

3.4 Pentosany

Pentosany (arabinoxylany) se vyskytují převážně v buněčných stěnách aleuronových buněk (ve vnější vrstvě) endospermu a jsou složeny z polysacharidů založených na pentosách (nejčastěji arabinosa a xylosa). Pentosany můžeme rozdělit na nerozpustné ve vodě – hemicelulosity, které doprovází celulosu v buněčných stěnách a na rozpustné pentosany – slizy. Struktura je založena na polysacharidu arabinoxylanu s lineárním základním řetězcem tvořeným jednotkami xylosy vázanými beta-1→4 vazbami s odvětvenými krátkými řetězci arabinosy (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003). Obsah pentosanů je v obilovinách a odrůdách ječmene velmi rozdílný, je ovlivňován agroekologickými podmínkami pěstování. V endospermu ječmene tvoří 1,5 % hmotnosti, má schopnost tvořit vysoce viskózní roztoky a tím může ovlivňovat negativně technologické využití ječmene (EHRENBERGEROVÁ, 2006).

3.5 Beta-glukany

Beta-glukany jsou z chemického hlediska polysacharidy, řadí se do skupiny fyziologicky aktivních látek souhrnně nazývaných imunomodulátory (látky, které zvyšují výkonnost imunitního systému). Tyto látky tvoří vysoce konzervované strukturální složky buněčné stěny kvasinek, hub a mořských řas. Obecně je glukán chemický název pro polymer glukosy, těchto polymerů existuje celá řada, ale jsou chemicky heterogenní (VĚTVIČKA, 2011).

Pro ječmen jsou typické beta-glukany složeny ze dvou nebo více sousedících 1→4 vazeb (BELCREIDIOVÁ, EHRENBERGEROVÁ, HAVLOVÁ, 2006), 30 % zbytků glukosy je spojeno vazbou beta-(1→3), zbylých 70 % vazbou beta-(1→4) (MARQUART, 2007). Další frakce beta-glukanů, mimo již zmíněné beta-(1→3) a beta-(1→4) mohou být získány při teplotách vyšších než 40 a 65 °C s alkalickými (PREECE AND HOBKIRK, 1953; PALMER AND MACKENZIE, 1986) nebo s chaotropními (schopnost látek

rozrušovat strukturu vody, zejména vodíkové můstky mezi molekulami tím, že samy s vodou tyto můstky vytvářejí) látkami (FINCHER, 1975).

Stanovení beta-glukanů se běžně neprovádí, většinou se stanovuje obsah beta-glukanů ve sladu (pomletém zrně) a sladině. Obsahy beta-glukanů v zrně jsou vyšší než ve sladu a sladině díky enzymu beta-glukanase, který způsobuje postupný rozklad beta-glukanů.

3.6 Pentosany a jejich vliv na zdravotní stav

Arabinoxylany a arabinoxylanové oligosacharidy jsou brány jako složky potravní vlákniny, které mají příznivý vliv na zdravotní stav lidí. Snižují hladiny cholesterolu v krvi, zmírňují průběh diabetu II. typu a mají prebiotický efekt (MACHÁŇ A KOL., 2014). Od pentosanů odvozený léčivý přípravek pentosan polysulfát sodný je využíván k léčbě vzácných nemocí. Jako vzácné nemoci jsou charakterizovány takové, kterými trpí méně než pět osob z deseti tisíc nebo méně než jedna osoba ze dvou tisíc, převážně se jedná o choroby, které mají genetickou příčinu. Tento léčivý přípravek byl schválen nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 141/2000. Studie publikovaná roku 2008 zabývající se nádory močového měchýře prokázala mírnější příznaky této nemoci po užití léku pentosanu polysulfátu sodného u pacientů, kterým byl lék podán ihned po zjištění nádoru nebo do dvou a půl let než u těch, kterým byl lék podán po více jak čtyřech letech (NICKEL A KOL., 2008).

3.7 Funkce beta-glukanů

Beta-glukany mají schopnost vázat makrofágy ve svých buněčných membránách, díky tomu se aktivuje jejich činnost, tzv. nespecifická imunita. Buňka imunitního systému (makrofág) tzv. fagocyt má schopnost pohltit škodliviny (viry, bakterie, mutované migrující nádorové buňky nebo buňky odumřelé), tím se aktivuje schopnost makrofága pohlcovat cizorodé částice cytokinů (skupina menších signálních proteinů účastnících se v imunitní odpovědi) a uvolňování kolonizačních stimulačních faktorů a interferonů (proteiny nespecifické imunity). Fagocyt snižuje hladinu některých zplodin výměny látek, ovlivňuje rychlost odstranění přebytečných hormonů, především takových, které chrání buňky při chemoterapii a ozařování. Podporuje tvorbu červených a bílých krvinek po léčbě nádorů. Preventivní působení beta-glukanu souvisí především s jeho schopností zvýšit aktivitu imunitního systému bez následné provokace cytokinů s prozánětlivým účinkem. Další preventivní využití beta-glukanu je při tvorbě a obnově kostní hmoty. Molekula beta-

glukanu je odolná vůči kyselému prostředí, po požití ústy prochází až do střeva kde je enzymem beta-1,3-D-glukanasou štěpena. Díky interakci receptoru dojde k okamžité aktivaci makrofágů, která se přenáší do lokálních lymfatických uzlin ve střevní stěně. Jako při přirozené prezentaci antigenu se uvolňují cytokiny aktivující imunitní systém, nástup účinku je rychlý, již po dvou hodinách od požití ústy. Mechanismus účinku se označuje jako fagocytární transport (FOŘT 2005).

3.8 Beta-glukany a jejich vliv na zdravotní stav

Beta glukany mají významné antioxidační vlastnosti, disponují ochranným efektem proti zvýšené radiaci a používají se v mnoha indikacích souvisejících s imunitou, např. při hypercholesterolemii, diabetu, rakovině a AIDS. V případě opakovaných infekčních onemocnění, chřipek, lymeské boreliosisy, astmatu, ekzémů, zánětu středouší, vředových onemocnění zažívacího traktu je doporučeno užívání beta-glukanů. Užívání beta-glukanů se doporučuje jako prevence po chirurgických zákrocích, slouží jako podpůrný prostředek při léčbě kloubního a mimokloubního revmatismu (FOŘT, 2005), gastrointestinálních problémech se zažívacím traktem a regulaci krevního cholesterolu (KOPÁČOVÁ, 2007), syndromu chronické únavy a také podporují krvetvorbu. Jsou považovány za bezpečné, netoxické a nenávykové. Úřad pro schvalování léčiv v USA jim udělil status GRAS (obecně chápáno jako bezpečné látky). Účinky beta-glukanů jsou potvrzeny studii realizovanými na univerzitách v Harvardu, Tulane, Baylor College of Medicine, ale i na českých univerzitách – Vojenská lékařská akademie JEP v Hradci Králové a Mikrobiologický ústav Akademie věd České republiky (FOŘT, 2005).

Jak už bylo zmíněno, beta-glukany ječmene mají pozitivní vliv na lidský organismus. Snižují celkovou hladinu cholesterolu a hladinu LDL cholesterolu (BEHALL, SCHOLFIELD, HALLFRISCH, 2004) a také snižují postprandiální hladinu glukózy v krvi, a to i v potravinách s vysokým glykemickým indexem (CAVALLERO A KOL., 2002). HAVRLENTOVÁ A KOL., 2011 zkoumali beta-glukany a došli k závěru, že mají pozitivní vliv na kardiovaskulární systém, ale také antibakteriální, protinádorové, a radioprotektivní vlastnosti. Ve studii se zabývali β -glukany a jejich využitím jako funkčních složek v potravinách, kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Některé složky potravy mohou pomoci chránit jednotlivce proti ischemické chorobě srdeční.

3.9 Mechanismy účinků beta-glukanů a nádorová onemocnění

Beta-glukany si zachovávají svoji biologickou aktivitu na rozdíl od většiny přírodních produktů i po přečištění. Díky tomu můžeme charakterizovat a analyzovat mechanismy účinků beta-glukanů na buněčné i molekulární úrovni. Mechanismy účinků beta-glukanů na lidské zdraví zůstaly dlouhou dobu i přes velký zájem a výzkumu neprobádané. V průběhu předchozích třiceti let se v literatuře (především japonského farmaceutického průmyslu) objevilo nejméně pět set publikací, které sledovaly vztah struktury beta-glukanů a jeho baktericidní nebo tumoricidní aktivitu. Důležitým závěrem studií bylo potvrzení skutečnosti, že beta-glukany (rozpustné i nerozpustné) mají biologické účinky (VĚTVIČKA, 2011).

Beta- glukany jsou využíván již od 80. let v Japonsku k imunoterapii nádorového bujení (TAKESHITA A KOL., 1991). V 80. letech byla objevena další aktivita beta-glukanů, a to stimulace krvetvorby (PATCHEN A KOL., 1986). Beta-glukan se vyznačuje lokálním i systémovým protinádorovým účinkem, který působí příznivě při léčbě melanomu a bazálních kožních nádorových buněk. Při kombinované léčbě glukanem s protinádorovými léčivými má glukan synergický efekt a zvyšuje účinnost léčby. Může podpořit prevenci posttraumatických pooperačních sepsí a kompenzovat sníženou fagocytární schopnost makrofágů způsobenou podáváním kortikoidů (syntetické chemické látky, které mají stejnou strukturu jako hormony z kůry nadledvin, použití je stejné jako u hormonů). Beta-glukany jako obrana před negativními účinky radioaktivního záření působí jako účinné zachycovače volných radikálů vznikajících v důsledku záření. Beta-glukany jsou schopny chránit makrofágy od napadení volnými radikály (FOŘT, 2005).

Beta-glukany směřují makrofágy, neutrofilů a přirozené zabíječe k nádorovým buňkám, které jsou opsonizovány (opsonizace – proces, při kterém jsou "označeny" buňky nebo částice určené k fagocytóze) protilátkami a fragmenty komplementu (soubor asi 40 sérových a membránových glykoproteinů, které slouží jako humorální složky nespecifické imunity spolu s interferony a dalšími plazmatickými proteiny). Tímto beta-glukany získávají stejnou specifitu, jakou mají protilátky vážící se na nádorové buňky (ROSS A KOL., 1999). Rozpustné i nerozpustné beta-glukany aplikované intravenózně způsobily rychlejší obnovu počtu krevních buněk poškozenou ozářováním. Při opakovaných pokusech bylo prokázáno, že beta-glukany mohou zvrátit poškození kostní dřevě způsobených chemoterapeutickými léky (VĚTVIČKA, 2011).

Významná z pohledu poznávání vlastností účinků beta-glukanů byla studie realizována na National Cancer Center Research Institute v Tokiu, která byla zveřejněna již roku 1984. Ze studie vyplývá, že dávka již 0,1 mg glukanu na 1 kg živé váhy vykazala protinádorovou aktivitu. Za významný zdroj beta-glukanů jsou v Asii považovány houby. Jsou brány jako prostředek k dosažení vysokého věku, prevence srdečně cévních onemocnění a rakoviny, také jako lék proti nim. Asijské houby – shiitake, pomáhají při prevenci a v léčbě virových onemocnění, vysoké hladiny cholesterolu, brání nadměrnému shlukování krevních destiček a vzniku vysokého krevního tlaku. V Číně se houby shiitake používají k léčbě leukémie, v Japonsku k léčbě rakoviny prsu (YOSHIOKA A KOL., 1984). V České republice je dostupným zdrojem beta-glukanů hlíva ústříčná, dosud však nebyly prozkoumány účinky beta-glukanů z hlívy.

3.10 Beta- glukany a infekční onemocnění

Beta-glukany jsou účinné v obraně proti infekčním chorobám (bakteriálním i protozoálním – způsobeny prvoky), zvyšují účinek antibiotik u bakterií, které jsou k účinkům antibiotik rezistentní (VĚTVIČKA, 2011). Beta-glukany významně zlepšují a zrychlují léčbu infekčního onemocnění virového, bakteriálního, plísňového a parazitálního původu (FOŘT, 2005).

3.11 Lokální použití beta-glukanů

Glukany jsou vhodnými prostředky pro léčbu a hojení povrchových ran. Během lokální léčby zvířat (myši) beta-1,3-D-glukanem se vyskytuje v místě zranění zvýšený počet makrofágů a rychleji dojde k opravnému procesu s malým počtem bílých krvinek na rozdíl od skupiny zvířat, jež nebyla glukanem léčena. Po pětidenní léčbě léčených zvířat byla poraněná zvířata kompletně reepitelizována (obnova pokrytí epitelem). Pozoruhodný účinek byl prokázán i v případě nepoškozené kůže (LEIBOVICH, DANON, 1980). U testovaných žen, po podání beta-1,3-D-glukanu došlo k revitalizaci kůže, redukci počtu vrásek a k úpravě vlhkosti kůže. Lokálně aplikovaný glukan působí fotoprotektivně (chrání proti záření) (FOŘT, 2005).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Materiál

Jako materiál bylo použito zrno sladovnického ječmene jarního (Bojos, Kangoo, Laudis 550, Malz, Sebastian, Xanadu), odrůda ozimého ječmene (Wintmalt), odrůdy ozimého ječmene (Jup, Lester, Nero), nesladovnické odrůdy jarního ječmene (Azit, Tocada, Wiebke) a potravinářsky vhodné odrůdy jarního ječmene (AF Cesar, AF Lucius).

Požadavky pro zrno sladovnického ječmene jsou uvedeny v ČSN 46 1100-5, požadavky pro zrno ječmene jako zemědělského výrobku určeného k průmyslovému zpracování jsou stanoveny v ČSN 46 1200-3.

4.1.1 Charakteristika sledovaných odrůd ječmene

Odrůdy ječmene jsou uvedeny dle publikace Seznam doporučených odrůd 2009 (DVOŘÁČKOVÁ, 2009) a publikace Seznam doporučených odrůd 2013 (DVOŘÁČKOVÁ, 2013).

Sladovnické odrůdy jarního ječmene

Odrůdy Kangoo, Sebastian, Xanadu se používají pro výrobu sladu na tzv. exportní pivo. Pro přesnější orientaci jde zde uvedeno slovní spojení „exportní pivo“ což není správné označení. Tyto odrůdy jsou používány i pro výrobu sladu tzv. Českého piva, ale převážně slouží k výrobě sladu zahraničních. Dále v textu je proto používáno slovní spojení exportní pivo. Odrůdy Bojos, Laudis 550, Malz jsou vhodné pro výrobu sladu na tzv. České pivo.

Kangoo

Výnos předního zrna v neošetřené variantě ve všech oblastech středně vysoký, v ošetřené variantě ve všech oblastech vysoký. Rostliny středně vysoké, méně odolné proti poléhání. Zrno středně velké až velké, podíl předního zrna středně vysoký. Pěstitelská rizika nejsou výrazná, registrováno od roku 2008.

Sebastian

Sladovnická odrůda s výběrovou sladovnickou jakostí. Výnos předního zrna v neošetřené variantě v kukuřičné a řepařské oblasti nízký, v ošetřené variantě v obilnářské

a bramborářské oblasti vysoký, v ostatních oblastech a variantách středně vysoký. Rostliny nízké, méně odolné proti poléhání. Zrno středně velké až malé, podíl předního zrna středně vysoký. Středně odolný proti napadení rží ječnou, méně odolný proti napadení padlím travním na listu, registrace roku 2005.

Xanadu

Sladovnická odrůda s výběrovou sladovnickou jakostí. Výnos předního zrna v ošetřené variantě v řepařské, obilnářské a bramborářské oblasti vysoký, v ostatních oblastech a variantách středně vysoký až vysoký. Rostliny středně vysoké, méně odolné proti poléhání a proti napadení rží ječnou. Zrno středně velké, podíl předního zrna vysoký, registrace roku 2006.

Bojos

Odrůda Bojos je doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s chráněným zeměpisným označením „České pivo“. Výnos předního zrna ve všech oblastech a variantách středně vysoký až vysoký. Rostliny středně vysoké, méně odolné proti poléhání a rhynchosporiovou skvrnitostí. Zrno středně velké s podílem předního zrna středně vysokým. Odrůda registrovaná roku 2005.

Laudis 550

Sladovnická polopozdní odrůda, která je doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s chráněným zeměpisným označením „České pivo“. Rostlina je středně vysoká, středně odolná proti poléhání, středně odolná proti lámání stébla a středně odolná proti napadení rží ječnou, proti napadení komplexem hnědých skvrnitostí a proti rhynchosporiové skvrnitosti. Odolná proti napadení padlím travním na listu. Velikost zrna středně velká až malá s podílem předního zrna, který je vysoký. Středně vysoký až vysoký výnos předního zrna odrůdy pěstované v kukuřičné zemědělské výrobní oblasti v neošetřené variantě. Odrůda pěstovaná v obilnářské, řepařské a bramborářské zemědělské výrobní oblasti v neošetřené variantě má středně vysoký výnos. Ošetřená varianta pěstovaná v kukuřičné, řepařské, obilnářské a bramborářské zemědělské výrobní oblasti má výnos středně vysoký až nízký. Registrace odrůdy roku 2013.

Malz

Díky velkému zájmu sladovnického průmyslu byla tato odrůda znovu zařazena, po přestávce, do zkoušení pro Seznam doporučených odrůd. Sladovnická odrůda, která je

preferována téměř všemi sladovny, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ji doporučuje pro výrobu piva s chráněným zeměpisným označením „České pivo“. Rostlina je středně vysokého vzrůstu a středně odolná proti poléhání. Méně odolná proti napadení padlím travním na listu, hnědé skvrnitosti a rhynchosporovou skvrnitostí. Negativem je nízký podíl předního zrna ve všech pěstitelských oblastech. Velikost zrna je středně vysoké až malé. Odrůda je registrována od roku 2002.

Sladovnická odrůda ozimého ječmene

Wintmalt

Dvouřadá sladovnická odrůda nízkého vzrůstu. Středně odolná proti poléhání se středně velkými zrny a středně vysokým podílem předního zrna. Tato odrůda má střední až menší odolnost proti vymrznutí, registrace roku 2009.

Odrůdy ozimého ječmene

Jup

Víceřadá odrůda, jejíž rostlina je středně vysoká až vysoká s velkým zrnem. Středně odolná proti poléhání, podíl předního zrna je vysoký. Odrůda se vyznačuje nízkým výnosem zrna pěstovaného v ošetřené i neošetřené variantě. Je méně odolná proti napadení padlím travním na listu a proti napadení komplexem hnědých skvrnitostí. Registrována roku 2009.

Lester

Víceřadá ozimá odrůda, rostliny jsou středně vysoké, středně odolné proti poléhání a odolné proti vymrznutí. Malá odolnost proti napadení komplexem hnědých skvrnitostí. Zrno je malé s nízkým výnosem předního zrna v obou variantách pěstování (ošetřená i neošetřená varianta). Lester je doporučená odrůda registrovaná roku 2010.

Nero

Další víceřadá odrůda se středně velkým zrnem a středně vysokým podílem předního zrna. Středně vysoké odrůdy, které jsou středně odolné proti poléhání a méně odolné proti napadení komplexem hnědých skvrnitostí. Tato odrůda je registrována od roku 2011.

Nesladovnické odrůdy jarního ječmene

Azit

Rostliny odrůdy Azit jsou středně vysoké. Výnos zrna je vysoký až velmi vysoký v neošetřené variantě. Středně až méně odolné proti poléhání, středně odolné proti napadení rzi ječnou a méně odolné proti napadení padlím travním na listu. Podíl předního zrna je vysoký, zrno velké. Registrováno roku 2008.

Tocada

Nesladovnická odrůda, která má menší odolnost proti napadení padlím travním na listu i proti napadení rhynchosporiovou skvrnitostí. Středně vysoké rostliny s menší odolností proti poléhání. Velké zrno s podílem předního zrna středně vysokým. Registrováno roku 2006.

Wiebke

Jedná se o nesladovnickou odrůdu předběžně doporučenou Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským. Zrno je velké, podíl výnosu předního zrna je vysoký. Vysoký výnos zrna v neošetřené variantě v kukuřičné oblasti a v ošetřené variantě v řepařské oblasti. Rostlina středně vysoká, středně odolná proti poléhání a méně odolná proti napadení rhynchosporiovou skvrnitostí. Registrováno roku 2012.

Potravinářsky vhodné odrůdy ječmene jarního

AF Cesar

Nesladovnická polopozdní bezpluchá odrůda jarního ječmene, která byla registrovaná na jaře 2014. Vzrůst odrůdy je středně vysoký, rostlina je středně odolná proti poléhání a odolná proti lámání stébla. Zrno středně velké až malé s podílem předního zrna nízkým. AF Cesar je odolná odrůda proti napadení padlím travním na listu, méně odolná proti napadení rzi ječnou, méně odolná proti napadení komplexem hnědých skvrnitostí, méně až středně odolná proti napadení rhynchosporiovou skvrnitostí a méně odolná proti napadení fuzárií v klase. Výnos zrna v ošetřené i neošetřené variantě pěstování v kukuřičné zemědělské výrobní oblasti a v neošetřené variantě pěstování v řepařské a obilnářské zemědělské výrobní oblasti je středně vysoký. V ošetřené variantě pěstování v řepařské a obilnářské zemědělské výrobní oblasti středně vysoký až nízký. V obou variantách pěstování v bramborářské zemědělské výrobní oblasti nízký výnos. Obsah beta-glukanů

v zrna ve srovnání s níže uvedenou registrovanou bezpluchou odrůdou AF Lucius vysoký. Odrůda byla dříve známá jako KM 2084 (ÚKZÚZ, 2014).

AF Lucius

Nesladovnická bezpluchá pozdní odrůda. Rostliny jsou středně vysoké, odrůda středně odolná až odolná proti poléhání a středně odolná proti lámání stébla. Zrno malé, bezpluché s podílem předního zrna velmi nízkým. Odrůda je středně odolná proti, napadení komplexem hnědých skvrnitostí, padlím travním na listu, rzí ječnou a napadením rhynchosporiovou skvrnitostí. Výnos zrna je ve všech zemědělských výrobních oblastech velmi nízký. Odrůda je registrována od roku 2009.

4.2 Varianty pěstování

Ošetřená varianta

Ošetřená varianta je založena na účinném moření proti sněti prašné ječné, pruhovitosti ječné a hnědé skvrnitosti ječmene. Při hnojení se bere v úvahu základní dávka dusíku, která se odvíjí od závislosti na předplodině a pěstební lokalitě. Je aplikován fungicidní postřik proti chorobám pat stébel a proti listovým a klasovým chorobám. První ošetření je do konce sloupkování, druhé ošetření v době metání až začátkem kvetení (HORÁKOVÁ, DVOŘÁČKOVÁ, MEZLÍK, 2013).

Neošetřená varianta

Zde se také používá moření proti sněti prašné ječné, pruhovitosti ječné a hnědé skvrnitosti ječmene. Hnojení dusíkem je stejné jako u ošetřené varianty, tj. základní dávka dusíku. Neaplikuje se fungicidní ošetření (HORÁKOVÁ, DVOŘÁČKOVÁ, MEZLÍK, 2013).

4.3 Charakteristika pokusných lokalit

Jaroměřice nad Rokytnou byla jednou z lokalit, kde se pěstovala zrna ječmene z nichž byl dále byl zjišťován pentosanů a obsah beta-glukanů. Nachází se na Vysočině v nadmořské výšce 425 m nad mořem. Dlouhodobá průměrná teplota činí 8 °C a dlouhodobý průměrný úhrn srážek 481 mm. Charakteristická půda pro pokusnou lokalitu – hnědozem

s jílovitohlinitým půdním druhem. Druhou ze zkušebních stanic byly Kujavy nacházející se v Moravskoslezském kraji v nadmořské výšce 260 m nad mořem, dlouhodobou průměrnou teplotou 8,2 °C, dlouhodobým průměrným úhrnem srážek 604 mm a půdním typem luvizem s půdním druhem – hlinitá půda. Jaroměřice nad Rokytnou i Kujavy jsou zkušebními stanice Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského, obě lokality patří do zemědělské výrobní oblasti obilnářské (HORÁKOVÁ, DVOŘÁČKOVÁ, MEZLÍK, 2013, ÚKZÚZ, 2014).

4.2 Metodika

4.2.1 Stanovení obsahu pentosanů (Douglas)

Stanovení bylo prováděno na základě laboratorních návodů (DOUGLES, 1981).

Přístroje a zařízení

Ke stanovení obsahu pentosanů metodou dle Douglese bylo nezbytné následující zařízení a vybavení: mlýnek na homogenizaci vzorku, analytické váhy s přesností na 0,0001 g, vodní a ultrazvuková lázeň, zkumavky s víčky, odměrné válce o objemu 5, 10 a 1000 ml, alobal, stopky, kyvety, PC se spektrofotometrem a tiskárnou.

Chemikálie

Deionizovaná voda, na přípravu extračního roztoku -- kyselina octová AR -- glaciár (ledová koncentrovaná) sigma A – 6283, kyselina chlorovodíková AR – koncentrovaná, 20% ploroglucinol (který se připraví z ploroglucinolu smíchaného s etanolem 85%) a 1,75% glukosu.

Pracovní postup

4,5 až 5,5 mg (zapsat přesnou navážku) namleté ječné mouky navážíme do zkumavek, přidá se deionizovaná voda a čerstvě připravený extrakční roztok. Zkumavky se uzavřou víčky, pevně se zakryjí alobalem a umístí do vroucí vodní lázně na 25 min. Následně se rychle ochladí pod studenou tekoucí vodou a měří se absorbance při 552 a 510 nm. Destilovaná voda slepého pokusu a standardu D-(+)-xylosy v destilované vodě jsou umístěny ve vodní lázni společně se vzorky. Jejich absorbance se při 552 a 510 nm se zaznamenává ve stejnou dobu jako vzorky. Standardy byly připraveny se vzorky společně, absorbanci u vzorku i standardu je nezbytné přečíst v co nejkratším čase po ochlazení.

4.2.2 Stanovení obsahu beta-glukanů metodou FIA

Metoda je využívána pro stanovení obsahu beta-glukanů v ječmeni, sladu, sladině a nápojích.

Vysokomolekulární beta-glukany vytváří v roztoku komplexy s fluorochromem calcofluorem. Vzniklé komplexy vykazují zvýšení fluorescenční intenzity daného barviva. Vzorek je vstřikován do tekoucího nosného proudu tlumivého roztoku a činidla, vznikne barevný komplex, který je detekován fluorescenčním detektorem. Výše zmíněné je principem metody (JØRGENSEN, AASTRUP, 1988).

Přístroje a zařízení

Ke stanovení obsahu beta-glukanů metodou FIA bylo nezbytné následující zařízení a vybavení: čerpadlo Gilson s PC software Clarity, fluorescenční detektor, váha s přesností na 0,01 g, analytické váhy s přesností na 0,0001 g, chlazená centrifuga, ultrazvuková lázeň, vodní lázeň, pH metr, mlýnek na homogenizaci vzorku, zkumavky s teflonovou šroubovací zátkou, rotační míchadlo, kádinky o objemu 25 ml, odměrné baňky o objemu 25, 50, 100, 500 a 1000 ml, pipeta 5, 10, 20 ml, nálevky na filtrát (průměr cca 70 mm), dávkovač kapalin a stopky.

Chemikálie, roztoky a materiály

Deionizovaná voda, skládané filtry (průměr 320 mm), glycin p. a. – c = 0,2 M (pH 10), calcofluor p. a. – c = $2,5 \cdot 10^{-3}$ M, standard beta-glukan, hydroxid sodný p. a. – c = 2 M, kyselina sírová p. a. – c = 0,075 M.

Pracovní postup

Ječná mouka (max. 24 hodin namletá) se naváží do Pyrexových zkumavek s teflonovou zátkou. Přidá se deionizovaná voda, suspenze se zamíchá, zátka se uzavře a vzorek se umístí na 1 hodinu do vroucí lázně. Po samovolném ochlazení na teplotu laboratoře se ke vzorku přidá kyselina sírová, zátky se opět uzavřou a vzorek vloží do vroucí lázně na dobu $10 \pm 0,5$ min. Následně se vzorek samovolně ochladí, zcentrifuguje nejméně při 8000 ot./min po dobu 10 min., přefiltruje a supernatant se použije na vlastní analýzu.

Stanovení FIA

Výpočet a vyhodnocení

Kalibrační křivka se provede analýzou standardních roztoků, které obsahují 25, 50, 100, 150, 200 mg v 1 litru ječného beta-glukanu. Standardní roztoky se připraví příslušným naředěním ze zásobního roztoku čistého beta-glukanu o koncentraci $250 \pm 0,2$ mg na 500 ml deionizované vody. Sběr dat, vyhodnocení a výpočet se provádí na počítači pomocí programu Clarity dodaného výrobcem.

Výpočet obsahu beta-glukanů v ječmeni

Výpočet je proveden dle následující rovnice:

$$BS = \frac{BL \cdot V \cdot 100 \cdot 100}{1000 \cdot v \cdot (100 - M)}$$

BS – obsah beta-glukanů v ječmeni a sladu (%), BL – obsah beta-glukanů odečtených z kalibrační křivky, V – objem extraktu v ml (20 ml), v – navážka vzorku, M – vláha vzorku, 100 – koeficienty přepočtu na procenta a sušinu, 1000 – koeficient přepočtu z $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ na $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Výsledky se uvádějí v % na dvě desetinná místa.

Zpracování výsledků

Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány pomocí jednofaktorové analýzy variance. Významnost rozdílů mezi hodnotami lokalit, systémem pěstování a odrůdami byla testována na 5 % hladině průkaznosti Tukeyovým testem. Vztahy mezi znaky byly stanoveny pomocí Pearsonova korelačního koeficientu na hladině průkaznosti $p = 0,05$. Grafy byly vytvořeny v programu STATISTICA 12.

5 VÝSEDKY A DISKUSE

5.1 Naměřené hodnoty pentosanů

V následujících tabulkách jsou uvedeny naměřené hodnoty pentosanů na dvou lokalitách – Jaroměřice nad Rokytnou a Kujavy v ošetřené i neošetřené variantě pěstování, ze sklizně roku 2014. V tabulkách značí zkratky: SCP – odrůdy jarní sladovnické pro České pivo, S – odrůdy jarní sladovnické, N – nesladovnické jarní odrůdy, SO – sladovnická ozimá odrůda, O – ozimé odrůdy, P – potravinářské odrůdy.

Tab. 2 Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou (ošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupina	Pentosany (%)
Malz	SCP	4,43
Bojos	SCP	3,63
Laudis 550	SCP	3,39
Sebastian	S	3,62
Kango	S	3,79
Xanadu	S	3,40
Azit	N	4,32
Wiebke	N	3,75
Tocada	N	4,85
Wintmalt	SO	4,59
Jup	O	4,80
Lester	O	5,46
Nero	O	5,81
AF Lucius	P	3,80
AF Cesar	P	3,54

V systému pěstování – ošetřená varianta (Tab. 2) a lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou vykazovaly ozimé odrůdy jarního ječmene Nero (5,81 %) a Lester (5,46 %) nejvyšší obsah pentosanů, nejnižší vykazovala sladovnická odrůda jarního ječmene pro výrobu Českého piva Laudis 550 (3,39 %) a sladovnické odrůda jarního ječmene Xanadu (3,40 %).

Tab. 3 Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou (neošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupina	Pentosany (%)
Malz	SCP	3,59
Bojos	SCP	4,20
Laudis 550	SCP	3,54
Sebastian	S	3,30
Kangoo	S	4,57
Xanadu	S	3,71
Azit	N	5,06
Wiebke	N	3,49
Tocada	N	3,92
Wintmalt	SO	3,84
Jup	O	3,59
Lester	O	5,53
Nero	O	7,35
AF Lucius	P	5,99
AF Cesar	P	6,50

Obdobně jako u ošetřené varianty (Tab. 2) vykazovala nejvyšší obsah pentosanů neošetřená varianta pěstování (Tab. 3) ozimá odrůda ječmene Nero (7,35 %) a potravinářská odrůda jarního ječmene AF Cesar (6,50 %). Nejnížší obsahy pentosanů v neošetřené variantě pěstování v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou vykazovala sladovnická odrůda jarního ječmene Sebastian (3,30 %) a nesladovnická odrůda jarního ječmene Wiebke (3,49 %).

Porovnáním ošetřené (Tab. 2) a neošetřené varianty pěstování (Tab. 3) v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou byly průměrné obsahy pentosanů vyšší v neošetřené variantě systému pěstování.

V Tab. 4 jsou uvedeny obsahy pentosanů v lokalitě Kujavy. Nejvyšší obsah pentosanů v ošetřené variantě zrna ječmene vykazovaly ozimé odrůdy ječmene Jup (6,48 %) a Nero (5,29 %). Nejnížší obsah pentosanů vykazovala sladovnická odrůda jarního ječmene Sebastian (2,72 %) a potravinářská odrůda jarního ječmene AF Cesar (3,06 %).

V Tab. 5 jsou uvedeny obsahy pentosanů v lokalitě Kujavy, v systému pěstování neošetřené variantě zrna ječmene. Nejvyšší obsah pentosanů vykazovaly ozimé odrůdy ječmene Nero (5,34 %) a Lester (4,61 %). Nejnížší obsah pentosanů vykazovala nesladovnická odrůda jarního ječmene Wiebke (3,19 %) a sladovnická odrůda jarního ječmene Bojos (3,38 %).

Tab. 4 Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Kujavy (ošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupina	Pentosany (%)
Malz	SCP	5,15
Bojos	SCP	4,10
Laudis 550	SCP	3,10
Sebastian	S	2,72
Kangoo	S	3,21
Xanadu	S	3,09
Azit	N	4,75
Wiebke	N	3,65
Tocada	N	3,58
Wintmalt	SO	4,54
Jup	O	6,48
Lester	O	5,04
Nero	O	5,29
AF Lucius	P	3,71
AF Cesar	P	3,06

Tab. 5 Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Kujavy (neošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupiny	Pentosany (%)
Malz	SCP	3,64
Bojos	SCP	3,38
Laudis 550	SCP	3,48
Sebastian	S	3,47
Kangoo	S	3,97
Xanadu	S	4,23
Azit	N	3,77
Wiebke	N	3,19
Tocada	N	4,12
Wintmalt	SO	4,06
Jup	O	3,56
Lester	O	4,61
Nero	O	5,34
AF Lucius	P	3,60
AF Cesar	P	3,73

Porovnáním průměrných obsahu pentosanů v lokalitě Kujavy bylo dosaženo vyšších hodnot v systému pěstování ošetřená varianta. Průměrný obsah pentosanů v zrna ječmene v rámci obou lokalit a obou systémech pěstování činil 4,18 %

5.2 Naměřené hodnoty beta-glukanů

Tab. 6 Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou (ošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupiny	β-glukany (%)
Malz	SCP	4,76
Bojos	SCP	4,36
Laudis 550	SCP	3,96
Sebastian	S	4,26
Kangoo	S	4,62
Xanadu	S	4,29
Azit	N	5,11
Wiebke	N	4,83
Tocada	N	5,14
Wintmalt	SO	3,83
Jup	O	4,99
Lester	O	5,82
Nero	O	4,91
AF Lucius	P	4,66
AF Cesar	P	6,72

Tab. 7 Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou (neošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupiny	Beta-glukany (%)
Malz	SCP	4,64
Bojos	SCP	4,38
Laudis 550	SCP	4,37
Sebastian	S	4,22
Kangoo	S	4,97
Xanadu	S	4,31
Azit	N	4,88
Wiebke	N	4,63
Tocada	N	4,77
Wintmalt	SO	4,34
Jup	O	5,41
Lester	O	6,22
Nero	O	6,34
AF Lucius	P	5,53
AF Cesar	P	7,18

Tab. 8 Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Kujavy (ošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupiny	Beta-glukany (%)
Malz	SCP	5,29
Bojos	SCP	4,52
Laudis 550	SCP	4,70
Sebastian	S	4,85
Kangoo	S	5,27
Xanadu	S	4,09
Azit	N	5,49
Weibke	N	4,64
Tocada	N	4,63
Wintmalt	SO	3,55
Jup	O	4,46
Lester	O	4,87
Nero	O	5,36
AF Lucius	P	5,70
AF Cesar	P	6,86

Tab. 9 Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Kujavy (neošetřená varianta pěstování)

Odrůda	Skupiny	Beta-glukany (%)
Malz	SCP	5,13
Bojos	SCP	4,13
Laudis 550	SCP	4,09
Sebastian	S	3,85
Kangoo	S	5,15
Xanadu	S	4,41
Azit	N	5,68
Wiebke	N	5,36
Tocada	N	5,19
Wintmalt	SO	4,33
Jup	O	5,02
Lester	O	5,76
Nero	O	5,50
AF Lucius	P	5,70
AF Cesar	P	6,01

V Tab. 6 a 7 jsou uvedeny hodnoty beta-glukanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou a v Tab. 8 a 9 v lokalitě Kujavy. V obou lokalitách bylo vyšších hodnot dosaženo

v neošetřené variantě. Průměrný obsah beta glukanů v obou variantách i lokalitách činil 4,97 %.

5.3 Statistické zhodnocení obsahu pentosanů

Naměřené hodnoty obsahů byly analyzovány pomocí jednofaktorové analýzy variance (ANOVA) a následným Tukeyovým testem. Grafy byly vytvořeny v programu STATISTICA 12. Obsah pentosanů, získaný měřením je vyjádřen v procentech sušiny vzorku odrůd ječmene. Z tabulky analýzy rozptylu (*Tab. 10*) je zřejmé, že odrůdy měly statisticky významný vliv na obsah pentosanů na rozdíl od lokality a systému pěstování, které statisticky význam neměly.

Tab. 10 Analýza rozptylu pro pentosany

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupeň volnosti	Průměrný čtverec	F-hodnota	Významnost	
Lokalita	2,30	1	2,30	4,02	0,05	NS
Systém	0,05	1	0,05	0,08	0,78	NS
Odrůda	27,23	14	1,95	3,41	0,00	***
Residua	24,56	43	0,57			
Celkem	54,13	59				

Vysvětlivky: Lokalita – Kujavy a Jaroměřice nad Rokytinou, Systém – ošetřená (S - 1) a neošetřená varianta pěstování (S - 2), NS = statisticky neprůkazné, *** p = 0,001

Tab. 11 Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro pentosany u lokalit

Metoda: 95 % Tukey			
Lokalita	n	Průměr (%)	Homogenní skupiny
Kujavy	30	3,99	a
Jaroměřice nad R.	30	4,38	a

MD (0,05)

0,39

Tab. 12 Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro pentosany u systému pěstování

Metoda: 95 % Tukey			
Lokalita	n	Průměr (%)	Homogenní skupiny
S - 1	30	4,16	a
S - 2	30	4,21	a

MD (0,05)

0,66

Z Tab. 11 a Tab. 12 je zřejmé, že statisticky významný rozdíl nebyl mezi jednotlivými lokalitami pěstovaných odrůd ani mezi jednotlivými variantami pěstování.

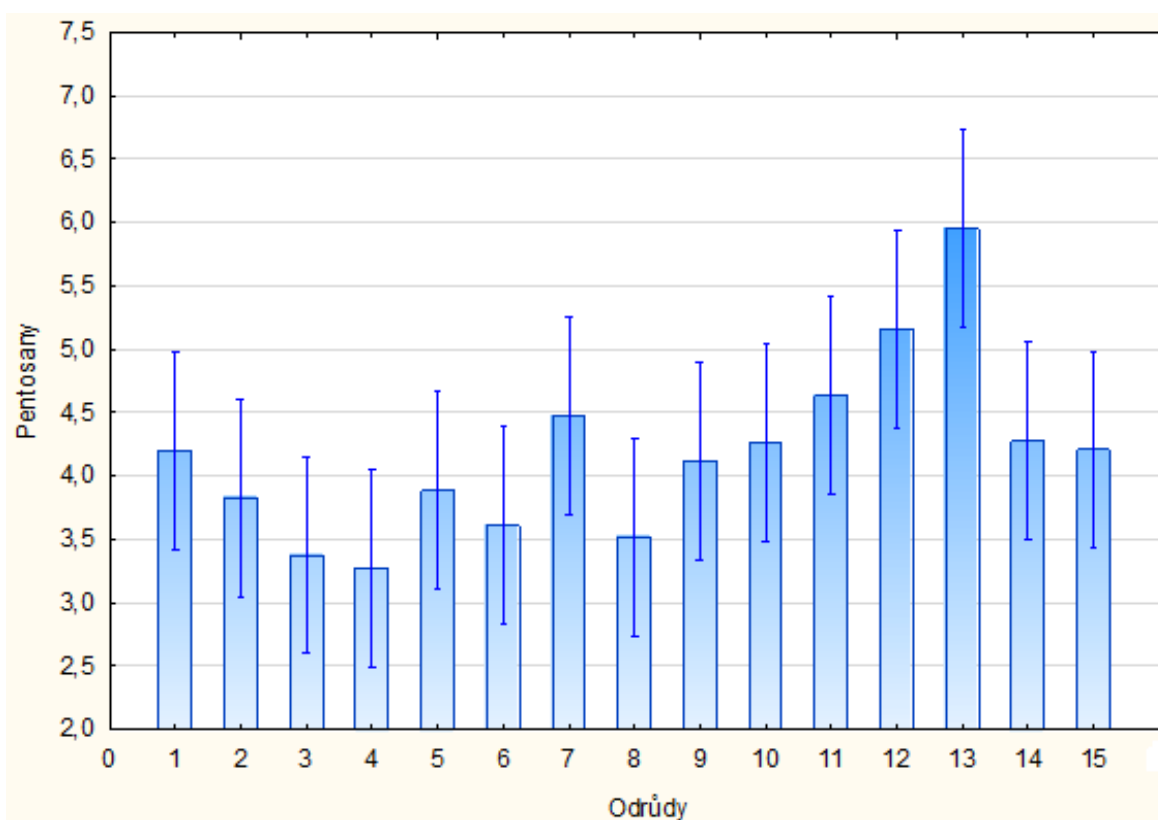
Tab. 13 Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro pentosany podle odrůdy

Metoda: 95 % Tukey				
Odrůda	n	Průměr (%)	Homogenní skupiny	
Sebastian	4	3,28	a	
Laudis 550	4	3,38	a	
Wiebke	4	3,52	a	
Xanadu	4	3,61	a	
Bojos	4	3,83	a	
Kangoo	4	3,89	a	
Tocada	4	4,12	a	b
Malz	4	4,20	a	b
AF Cesar	4	4,21	a	b
Wintmalt	4	4,26	a	b
AF Lucius	4	4,28	a	b
Azit	4	4,48	a	b
Jup	4	4,61	a	b
Lester	4	5,16	a	b
Nero	4	5,95		b
MD (0,05)		1,92		

Z testovaných odrůd (Tab. 13) měla nejvyšší obsah pentosanů sladovnická odrůda jarního ječmene používaná na výrobu exportního piva Sebastian (3,28 %). Odrůda Sebastian, se statisticky významně nelišila od: sladovnických odrůd jarního ječmene určených pro výrobu exportního piva Kangoo (3,89 %) a Xanadu (3,61 %), sladovnických odrůd jarního ječmene určených pro výrobu Českého piva Laudis 550 (3,38 %) a Bojos (3,83 %), a nesladovnické odrůdy jarního ječmene Wiebke (3,52 %).

Nesladovnická odrůda jarního ječmene Tocada (4,12 %) se statisticky významně lišila od výše uvedených. Tocada se však statisticky nelišila od: potravinářských odrůd jarního ječmene AF Cesar (4,21 %) a AF Lucius (4,28 %), odrůdy ozimých ječmenů Jup (4,61 %) a Lester (5,16 %), sladovnické odrůdy jarního ječmene určené pro výrobu exportního piva Malz (4,20 %), sladovnické odrůdy ozimého ječmene Wintmalt (4,26 %) a nesladovnické odrůdy jarního ječmene Azit (4,48 %). Odrůda ozimého ječmene Nero (5,95 %) se statisticky výrazně lišila od výše uvedených odrůd.

Rozdíl mezi největším a nejmenším průměrným obsahem pentosanů činil 2,67 %. Rozpětí hodnot bylo od 3,28 do 5,95 %, grafické znázornění je pomocí chybových úseček (Obr. 1).



Vysvětlivky: 1 – Malz, 2 – Bojos, 3 – Laudis 550, 4 – Sebastian, 5 – Kangoo, 6 – Xanadu, 7 – Azit, 8 – Wiebke, 9 – Tocada, 10 – Wintmalt, 11 – Jup, 12 – Lester, 13 – Nero, 14 – AF Lucius, 15 – AF Cesar

Obr. 1 Znázornění chybových úseček u pentosanů mezi jednotlivými odrůdami

Naměřené hodnoty pentosanů u odrůd jarního ječmene Bojos, Kangoo, Sebastian a Malz byly o 0,65 % nižší, než uvádějí Macháň a kol. (2011).

U potravinářských odrůd ječmene AF Lucius, AF Cesar byly naměřené hodnoty pentosanů o 0,50 % vyšší, než uvádí Macháň a kol. (2011), což může být způsobeno pěstováním v jiných lokalitách (Kroměříž a Žabčice) a jiným průběhem ročníku. EHRENBERGEROVÁ (2006) uvádí, že k vyššímu obsahu pentosanů v zrna ječmene přispívá teplé a suché počasí v době tvorby zrna.

Rovněž Kučerová (2008) uvádí, že obsah pentosanů je ovlivněn průběhem povětrnosti v jednotlivých letech. Zjištěný obsah pentosanů u žita se pohyboval v rozmezí od 6,60 – 9,21 %, což jsou v porovnání s ječmenem hodnoty vyšší.

5.4 Statistické zhodnocení obsahu beta-glukanů

Tab. 14 Analýza rozptylu pro beta-glukany

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupeň volnosti	Průměrný čtverec	F-hodnota	Významnost	
Lokalita	0,02	1	0,02	0,14	0,71	NS
System	0,41	1	0,41	2,73	0,11	NS
Odrůda	27,13	14	1,94	12,90	0,00	***
Residua	6,46	43	0,15			
Celkem	34,02	59				

Vysvětlivky: Lokalita – Kujavy a Jaroměřice nad Rokytnou, System pěstování – ošetřená a neošetřená varianta, NS = statisticky neprůkazné, *** p = 0,001

Obsah beta-glukanů získaný během měření v praktické části byl vyjádřen v procentech sušiny vzorku. Z tabulky analýzy rozptylu (Tab. 14) je zřejmé, že odrůdy měly statisticky významný vliv na obsah beta-glukanů na rozdíl od lokality a systému pěstování, které statisticky význam neměly.

Tab. 15 Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro beta-glukany u lokalit

Metoda: 95 % Tukey			
Lokalita	n	Průměr (%)	Homogenní skupiny
Jaroměřice nad R.	30	4,95	a
Kujavy	30	4,99	a
MD (0,05)		0,20	

Tab. 16 Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro beta-glukany u systému pěstování

Metoda: 95 % Tukey			
Lokalita	n	Průměr (%)	Homogenní skupiny
S - 1	30	4,89	a
S - 2	30	5,05	a
MD (0,05)		0,20	

Vysvětlivky: system pěstování: S 1 = ošetřená varianta, S 2 = neošetřená varianta

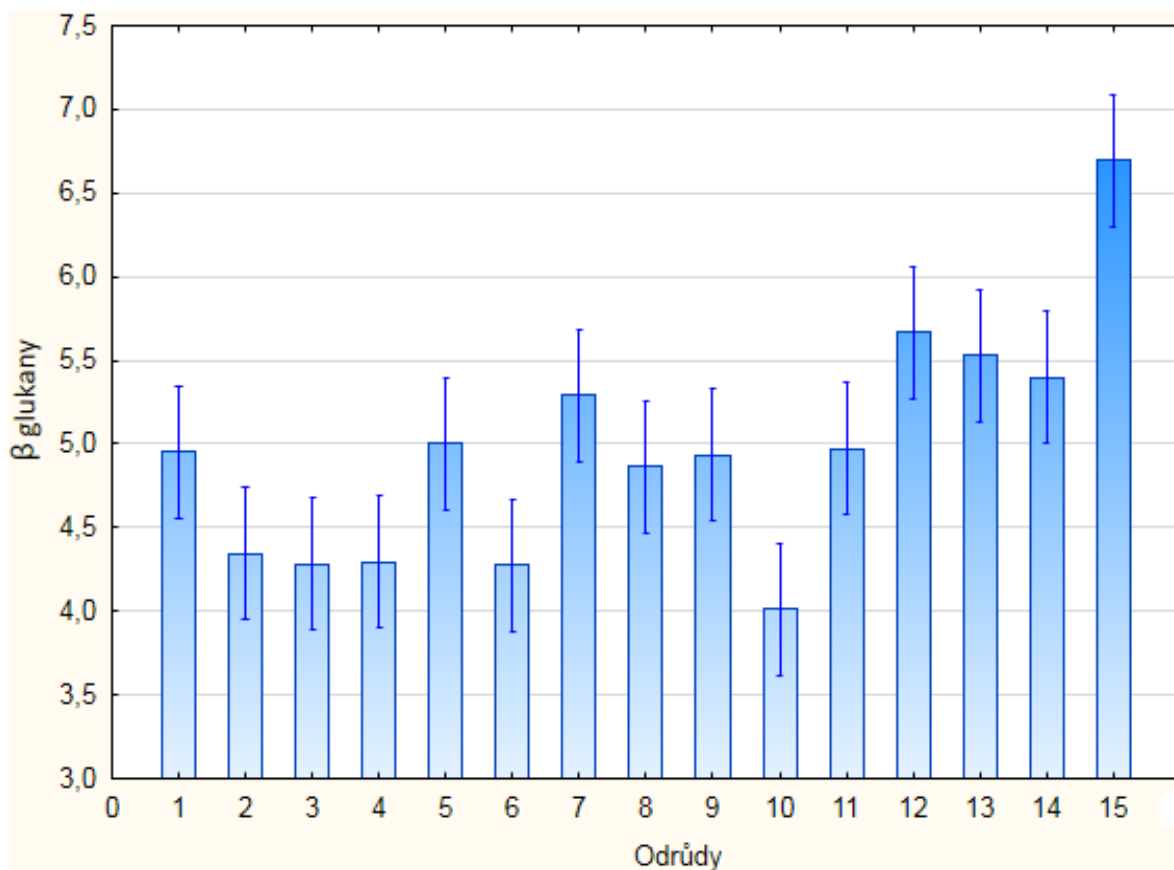
Z Tab. 15 a Tab. 16 je zřejmé, že statisticky významný rozdíl nebyl mezi jednotlivými lokalitami pěstovaných odrůd ani mezi jednotlivými variantami pěstování.

Tab. 17 Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro beta-glukany podle odrůdy

Metoda: 95 % Tukey							
Odrůda	n	Průměr (%)	Homogenní skupiny				
Wintmalt	4	4,01	a				
Xanadu	4	4,28	a	b			
Laudis 550	4	4,28	a	b			
Sebastian	4	4,30	a	b			
Bojos	4	4,35	a	b	c		
Wiebke	4	4,87	a	b	c	d	
Tocada	4	4,93	a	b	c	d	
Malz	4	4,96	a	b	c	d	
Jup	4	4,97	a	b	c	d	
Kangoo	4	5,00		b	c	d	
Azit	4	5,29			c	d	
AF Lucius	4	5,40				d	
Nero	4	5,53				d	
Lester	4	5,67				d	
AF Cesar	4	6,70					e
MD (0,05)		0,99					

Z testovaných odrůd (Tab. 17) měla nejvyšší obsah beta-glukanů sladovnická odrůda ozimého ječmene Wintlaml (4,01 %). Odrůda Wintmalt, se statisticky významně lišila od ostatních odrůd. Mezi sladovnickou odrůdou jarního ječmene pro výrobu exportního piva Xanadu (4,28 %) a Sebastian (4,30 %) a sladovnickou odrůdou jarního ječmene určených pro výrobu Českého piva Laudis (4,28 %) nebyl statisticky významný rozdíl.

Nesladovnická odrůda jarního ječmene Wiebke (4,87 %) se statisticky výrazně lišila od výše zmíněných, ale nelišila se mezi nesladovnickou odrůdou jarního ječmene Tocada (4,93 %), sladovnickou odrůdou jarního ječmene určeného pro výrobu Českého piva Malz (4,96 %) a odrůdou ozimého ječmene Jup (4,94 %). Potravinářská odrůda jarního ječmene AF Cesar (6,69 %) se statisticky výrazně lišila od ostatních odrůd. Rozdíl mezi největším a nejmenším průměrným obsahem beta-glukanů činil 2,68 %. Rozpětí hodnot bylo od 4,01 do 6,69 %, grafické znázornění (Obr. 2).



Vysvětlivky: 1 – Malz, 2 – Bojos, 3 – Laudis 550, 4 – Sebastian, 5 – Kangoo, 6 – Xanadu, 7 – Azit, 8 – Wiebke, 9 – Tocada, 10 – Wintmalt, 11 – Jup, 12 – Lester, 13 – Nero, 14 – AF Lucius, 15 – AF Cesar

Obr. 2 Znárodnění chybových úseček u beta-glukanů mezi jednotlivými odrůdami

Naměřené hodnoty beta-glukanů u odrůd jarního ječmene Bojos, Kangoo, Sebastian a Malz byly o 0,97 % vyšší, než uvádějí Macháň a kol. (2011). U potravinářských odrůd ječmene AF Lucius, AF Cesar byly naměřené hodnoty beta-glukanů o 0,68 % vyšší, než uvádí Macháň a kol. (2011), což může být způsobeno pěstováním v jiných lokalitách (Kroměříž a Žabčice) a jiným průběhem ročníku. EHRENBERGEROVÁ (2006) uvádí, že k vyššímu obsahu beta-glukanů v znu ječmene přispívá teplé a suché počasí v době tvorby zrna.

Naměřené hodnoty obsahů byly analyzovány pomocí jednofaktorové analýzy variance (ANOVA) a následným Tukeyovým testem. Grafy byly vytvořeny v programu STATISTICA 12. Obsah beta-glukanů, získaný měřením je vyjádřen v procentech sušiny vzorku odrůd ječmene.

6 ZÁVĚR

Pentosany i beta-glukany jsou součástí potravinové vlákniny a mají pozitivní vliv na lidský organismus. Proto je vhodné konzumovat ječmen, který obsahuje co možná nejvíce těchto látek. Beta-glukany se vyznačují antioxidačními vlastnostmi, uvádí se, že chrání proti zvýšené radiaci a jsou doporučovány při problémech s hypercholesterolémií, diabetem a rakovinou. Lékaři je doporučováno užívání beta-glukanů při opakujících se infekčních onemocněních (chřipky, astma, ekzémy) a jako prevence po chirurgických zákrocích. Konzumací výrobků z ječmene, který obsahoval vysoké procento pentosanů i beta-glukanů lze snížit vysokou hladinu glukosy, objevující se po konzumaci potravy, snížit hladinu celkového krevního cholesterolu a podpořit krevetvorbu což souvisí s pozitivním vlivem na kardiovaskulární systém.

V literární části práce bylo pojednáno o morfologii a anatomii ječmene, vztahu ječmene k lidské výživě, chemickém složení zrna, polysacharidech pentosanech a beta-glukanech vyskytujících se v zrně a vlivu pentosanů a beta-glukanů na lidský organismus.

V praktické části práce bylo sledováno zastoupení beta-glukanů a pentosanů na dvou lokalitách (Jaroměřice nad Rokytnou a Kujavy) v ošetřené i neošetřené variantě pěstování zrna, v zrně sladovnických odrůd (Bojos, Kangoo, Laudis 550, Malz, Sebastian, Xanadu), sladovnické odrůdě ozimého ječmene (Wintmalt), odrůdách ozimého ječmene (Jup, Lester, Nero), nesladovnických odrůdách jarního ječmene (Azit, Tocada, Wiebke) a potravinářsky vhodných odrůdách ječmene jarního (AF Cesar, AF Lucius). Na základě statistického zpracování a vyhodnocení bylo zjištěno, že na lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou a Kujavy byl nižší obsah pentosanů u sledovaných odrůd Bojos, Kangoo, Malz a Sebastian a u potravinářsky vhodných odrůd AF Cesar, AF Lucius byl obsah pentosanů vyšší než na lokalitách Kroměříž a Žabčice. Vyšší obsah beta-glukanů byl zjištěn v lokalitách Jaroměřice nad Rokytnou a Kujavy ve srovnání s lokalitami Kroměříž a Žabčice. Mezi faktory, které mají vliv na obsahy pentosanů i beta-glukanů patří jednoznačně počasí a jeho průběh během celého období pěstování zrna ječmene.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABDEL-AAL E., WOOD P., *Specialty grains for food and feed*. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists, 2005, 413 s., ISBN 1891127411

BAIK B. K., ULLRICH S. E., 2008: Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest, *Journal of Cereal Science*, 48 (2), 233 – 242 s.

BASAŘOVÁ G., ČEPIČKA J., *Sladařství a pivovarství*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 1985, 256 s.

BEHALL K. M., SCHOLFIELD D. J., HALLFRISCH J., 2004, Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women, *The American Journal of clinical nutrition* 80 (5), 1185 – 1193 s.

BELCREIDIOVÁ M., EHRENBERGEROVÁ J., HAVLOVÁ P., Neškrobové polysacharidy vzrnu ječmene, In: *MZLU pěstitelům*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006, 152 s., ISBN 80-7157-958-0

CAVALLERO A., EMPILI S., BRIGHENTI F., STANCA A. M., 2002, High (1→3,1→4)- β -Glucan Barley Fractions in Bread Making and their Effects on Human Glycemic Response, *Journal of Cereal Science*, 36 (1), 59 – 66 s.

DOUGLAS, S. G., 1981, A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour, *Food Chemistry*, 7(2) 139 – 145 s.

EHRENBERGEROVÁ J., Chemické složení zrna ječmene, In: ZIMOLKA A KOL., *Ječmen – formy a užitkové směry v České republice*, Profi Press, s. r. o., Praha, 2006, 199 s., ISBN 80-86726-18-5

FINCHER G. B., 1975 Carbohydrates of the Barley Grain, In: MACGREGOR, A. W., R. S. BHATTY, *Barley: chemistry and technology*, St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists, 1993, 486 s., ISBN 09-13250-80-5

FOŘT P., *Zdraví a potravní doplňky*, Ikar, Praha, 2005, 398 s., ISBN 80-249-0612-0

HAVEL P., 2015, *Ječmen přišel kvůli výrobě piva o cenné látky*, databáze on-line [2015-02-24], dostupné na: <http://www.vitalia.cz/clanky/navrat-jecmene-je-jiny-nez-kdysi/>

HAVLÍK J., MAROUNEK M., *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*, 2. vyd. Česká zemědělská univerzita, Praha, 2013, 131 s., ISBN 978-80-213-2374-2

HAVRLENTOVÁ M., PETRULÁKOVÁ Z., BURGÁROVÁ A., GAGO F., HLINKOVÁ A., ŠTURDÍK E., 2011, Cereal β -glucans and their Significance for the Preparation of Functional Foods – A Review, *Czech Journal Food Sciences.*, 29 (1), 1 – 14 s.

HORÁKOVÁ V., DVOŘÁČKOVÁ, O., MEZLÍK T., 2009, *Seznam doporučených odrůd*, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Brno, 2009, 214 s., ISBN 978-80-7401-016-3

HORÁKOVÁ V., DVOŘÁČKOVÁ, O., MEZLÍK T., *Seznam doporučených odrůd 2013*, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Brno, 2013, 202 s., ISBN 978-80-7401-074-3

JØRGENSEN K. G., AASTRUP S., 1988, Quantification of high molecular weight (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan using Calcofluor complex formation and flow injection analysis. II. determination of total β -glucan content of barley and malt, *Carlsberg Research Communications*, Volume 53, Issue 5, Springer-Verlag, 287 – 296 s.

KOPÁČOVÁ O., *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům (1. část)*, Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha, 2006, 56 s.

KOPÁČOVÁ O., *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům (2. část)*, Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha, 2007, 96 s., ISBN 978-80-7271-184-0

KOSAŘ, K., PSOTA V., HAVLOVÁ P., ŠUSTA J., *Technologie výroby sladu a piva*, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 2000, 398 s., ISBN 80-902658-6-3

KUČEROVÁ J., 2008, Pentosany ve vztahu k jakosti žita, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 56 (4), 115 - 120 s.

LEIBOVICH S. J., DANON D., 1980, Promotion of wound repair in mice by application of glucan, *Journal of the Reticuloendothelial Society*, 27(1), 1-11 s.

MACHÁŇ P., EHRENBERGEROVÁ J., CERKAL R., 2014, Sladovnícky a dieteticky významné neškrobové polysacharidy zrna ječmene, *Kvasný průmysl*, 60, (10), 258 – 265 s.

MACHÁŇ P., EHRENBERGEROVÁ J., KLÍMOVÁ E., BENEŠOVÁ K., VACULOVÁ K., 2011, Neškrobové polysacharidy v souboru odrůd ječmene jarního, *Kvasný průmysl*, 57 (7-8), 219 – 222 s.

MARQUART, L., JACOBS JR. D. R., MCINTOSH G. H., POUTANEN K., REICKS M., *Whole Grains and Health*, Blackwell Publishing, Iowa, 2007, 335 s., ISBN 978-0-8138-0777-5

NAŘÍZENÍ KOMISE č. 1048/2012, ze dne 8. listopadu 2012, databáze on-line: [2015-04-02], dostupné na: <http://www.eurlex.cz/dokument.aspx?celex=32012R1048>

NAŘÍZENÍ o stanovení léčivého přípravku "Pentosan polysulfát sodný" jako léčivého přípravku pro vzácná onemocnění podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 141/2000, ze dne 19. listopadu 2014, databáze on-line: [2015-04-10], dostupné na: http://ec.europa.eu/health/documents/community-register/2014/20141119130148/dec_130148_cs.pdf

NICKEL, J. C., KAUFMAN D. M., ZHANG H. F., WAN G. J., SAND P. K. 2008, Time to Initiation of Pentosan Polysulfate Sodium Treatment After Interstitial Cystitis Diagnosis: Effect on Symptom Improvement, *Science Direct*, 71 (1), 57 – 61 s.

PELIKÁN M., DUDÁŠ F., MÍŠA D., *Technologie kvasného průmyslu*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 2004, 135 s., ISBN 80-7157-578-X

PSOTA, V., DVOŘÁČKOVÁ, O., SACHAMBULA, L., 2014, Odrůdy ječmene registrované v České republice v roce 2014. *Kvasný průmysl* 60, (5), 114 – 122 s.

PSOTA V., EHRENBERGEROVÁ J., 2008, Znaky jakosti potravinářského ječmene a jeho využití, In: PRUGAR A KOL., *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, 327 s., ISBN 978-80-86576-28-2

ULLRICH S. E. A KOL., 1986 In: BAIK B. - K., ULLRICH S. E., 2008: Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest, *Journal of Cereal Science*, 48 (2), 233 – 242 s.

PATCHEN M. L., MACVITTIE TJ., BROOK I., 1986, Glucan-induced hemopoietic and immune stimulation: therapeutic effects in sublethally and lethally irradiated mice, *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 8, 151 - 155 s.

PREECE AND MACKENZIE, 1952; PREECE AND HOBKIRK, 1953; PALMER AND MACKENZIE, 1986 In: MACGREGOR, A. W a R. S BHATTY, *Barley: chemistry and technology*, St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists, 1993, 486 s., ISBN 09-13250-80-5

PRÝMA J., HAVLOVÁ P., ŠUSTA J., MIKULÍKOVÁ R., 2000, Zdravotně významné látky v ječmeni a pivu, *Kvasný průmysl*, 46 (12), 350 – 352 s.

PŘÍHODA J., 2002, Cereální suroviny a mlynářství, In: Kadlec P. a kol., 2002, *Technologie potravin 1*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 300 s., ISBN 80-7080-509-9

PŘÍHODA J., SKŘIVAN P., HRUŠKOVÁ M., *Cereální chemie a technologie*, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7

ROSS G., D., VĚTVIČKA V., YAN J., XIA Y., VĚTVIČKOVÁ J., 1999 Therapeutic intervention with complement and β -glucan in cancer, *Immunopharmacology*, 42, 1999, 61 – 74 s.

TAKESHITA, K., SAITO N., SANO Y., MARUYAMA M., SUNAGAWA M., HABU H., ENDO M., 1991, Diversity of complement activation by lentinan, an antitumor polysaccharide, in gastric cancer patients, *Nippon Geka Gakkai Zasshi Journal*, 1992, 5 – 11 s.

VACULOVÁ K., 2015, Bezpluchý ječmen a perspektivy jeho využití v potravinářství, In: *Renesance ječmene 2015*, Potravinářská komora České republiky Česká technologická platforma pro potraviny, Praha, 2014, 35 s., ISBN 978-80-88019-01-5

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., *Chemie potravin 1*, Osis, Tábor, 2009, 602 s., ISBN 978-80-86659-15-2

VĚTVIČKA V., *Beta Glucan: tajemství přírody*, Gynpharma, Brno, 2011, 126 s. ISBN 978-80-254-9143-0

VOŇKA Z., 1985, Jakost zrna ječmene a faktory ji ovlivňující, In: LEKEŠ J. A KOL., *Ječmen*, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 306 s.

ÚKZÚZ, 2014, *Nově registrované odrůdy*, databáze on-line [2015-03-16], dostupné na: http://eagri.cz/public/web/file/301762/JecmenJ_14_AF_Cesar.pdf

ÚKZÚZ, 2014, *Zkušební stanice Jaroměřice nad Rokytnou*, databáze on-line: [2015-04-05], dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/odrudy/odbor-provozni-a-zkusebni/-stanice-jar.html>

YOSHIOKA Y., TABETA R, SAITÔ H, UEHARA N, FUKUOKA F, 1984, Antitumor polysaccharides from *P. ostreatus* (Fr.) Quél.: isolation and structure of a beta-glucan, *Carbohydrate Research*, 140, (1), Pages 93 – 100 s.

ZAVŘELOVÁ M., Složení zrna ječmene z hlediska potravinářského využití, *Kvasný průmysl* 60 (5), 2014, 127 - 130 s.

ZIMOLKA J., MILOTOVÁ J., 2006, Botanická a biologická charakteristika ječmene, In: Zimolka J, a kol., 2006, *Ječmen - formy a užitkové směry v ČR*, Profi Press, s. r. o., Praha, 200 s., ISBN 80-86726-18-5

8 SEZNAM TABULEK

- Tab. 1** *Představitelé jednotlivých skupin enzymů v ječmeni (KOSAŘ A KOL., 2000)*
- Tab. 2** *Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou*
- Tab. 3** *Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou*
- Tab. 4** *Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Kujavy (systém pěstování ošetřená varianta)*
- Tab. 5** *Naměřené hodnoty pentosanů v lokalitě Kujavy (systém pěstování neošetřená varianta)*
- Tab. 6** *Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou (ošetřená varianta pěstování)*
- Tab. 7** *Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Jaroměřice nad Rokytnou (neošetřená varianta pěstování)*
- Tab. 8** *Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Kujavy (ošetřená varianta pěstování)*
- Tab. 9** *Naměřené hodnoty beta-glukanů v lokalitě Kujavy (neošetřená varianta pěstování)*
- Tab. 10** *Analýza rozptylu pro pentosany*
- Tab. 11** *Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro pentosany u lokalit*
- Tab. 12** *Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro pentosany u systému pěstování*
- Tab. 13** *Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro pentosany podle odrůdy*
- Tab. 14** *Analýza rozptylu pro beta-glukany*
- Tab. 15** *Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro beta-glukany u lokalit*
- Tab. 16** *Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro beta-glukany u systému pěstování*
- Tab. 17** *Výsledky testování významnosti jednotlivých kontrastů pro beta-glukany podle odrůdy*

9 PŘÍLOHY



Obr. 1 Mlýnek využívaný k mletí zrna ječmene



Obr. 2 Zkumavky se vzorky odrůd ječmene po stanovení obsahu pentosanů



Obr. 3 Pyrexova zkumavka s teflonou zátkou používaná ke stanovení beta-glukanů



Obr. 4 Centrifugační nádoby (stanovení beta-glukanů)



Obr. 5 Filtrát připravený pro na stanovení beta-glukanů