

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv odrůdy čiroku zrnového na pekařskou jakost mouky
a možnosti jejího využití**

Diplomová práce

Autor práce: Lucie Volfová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Tomášek, Ph. D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv odrůdy čiroku zrnového na pekařskou jakost mouky a možnosti jejího využití" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 25.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za odborné vedení.
Děkuji své rodině za velkou podporu.

Vliv odrůdy čiroku zrnového na pekařskou jakost mouky a možnosti jejího využití

Souhrn

Čirok zrnový (*Sorghum bicolor L. Moench*) se řadí ke světově nejvýznamnějším plodinám, v žebříčku nejvíce pěstovaných obilnin je na pátém místě. Je pěstován pro potravinářské, krmné a technické účely. V České republice je zařazován do alternativních plodin. Je charakteristický značnou odolností vůči teplu i suchu. Čirok má nízký obsah prolaminů, je tedy vhodnou plodinou pro výrobu bezlepkových produktů. Obsahuje také látky s pozitivními zdravotními účinky. Vyznačuje se však i obsahem antinutričních látek taninů. Vzhledem k rostoucím teplotám a snižování srážek z důvodu klimatických změn je vysoká pravděpodobnost vzestupné tendence pěstování čiroku.

Cílem práce bylo ověřit možnost použití čiroku zrnového v potravinářství a pro bezlepkové zpracování potravin. Dalším cílem této práce bylo porovnání dvou různých odrůd čiroku zrnového (Arsenio, Nutrigrain) z hlediska kvality zrna a preference spotřebitelů. Mimo cíle práce byla posouzena pekařská kvalita čiroku na základě měření objemu chlebů z jednotlivých odrůd.

Výsledky analýzy ukázaly, že obě odrůdy Arsenio a Nutrigrain jsou nízkotaninové a vhodné pro výrobu bezlepkových produktů. Z obou odrůd byly zdárně upečeny chleby, které byly posléze degustovány. Pekařská kvalita čiroku nebyla ovlivněna odrůdou.

Klíčová slova: zrna, cereálie, těsto, taniny, kvalita

Influence of grain sorghum variety on baking quality of flour and possibilities of its use

Summary

Grain sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) is one of the world's most important crops, ranking fifth in the ranking of the most cultivated cereals. It is grown for food, feed and technical purposes. In the Czech Republic, it is included in alternative crops. It is characterized by considerable resistance to heat and drought. Sorghum has a low content of prolamins, so it is a suitable crop for the production of gluten-free products. It also contains substances with positive health effects. However, it is also characterized by the content of antinutritive substances tannins. Due to rising temperatures and reduced precipitation due to climate change, there is a high probability of an upward trend in sorghum cultivation.

The aim of the work was to verify the possibility of using grain sorghum in the food industry and for gluten-free food processing. Another aim of this work was compare two different varieties of grain sorghum (Arsenio, Nutrigrain) in terms of grain quality and consumer preferences. In addition to the objectives of the work, the baking quality of sorghum was assessed on the basis of measuring the volume of bread from individual varieties.

The results of the analysis showed that both varieties Arsenio and Nutrigrain are low-tannin and suitable for the production of gluten-free products. Breads from both varieties were successfully baked and then tasted. The baking quality of sorghum was not affected by the variety.

Keywords: grain, cereals, dough, tannins, quality

Obsah

1	Úvod	1
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	2
3	Literární rešerše.....	3
3.1	Původ a historie pěstování čiroku.....	3
3.2	Pěstování čiroku v 21. století.....	3
3.2.1	Šlechtění čiroků v ČR	5
3.3	Základní charakteristika čiroku.....	5
3.4	Morfologická stavba čiroku	7
3.4.1	Stavba kořene	7
3.4.2	Stavba stébla.....	7
3.4.3	Stavba listu	8
3.4.4	Stavba květenství	8
3.4.5	Stavba zrna.....	9
3.5	Požadavky na prostředí.....	10
3.5.1	Požadavky na teplotu	10
3.5.2	Požadavky na vláhu.....	12
3.5.3	Požadavky na půdu	12
3.5.4	Požadavky na světlo	13
3.6	Agrotechnika čiroku	13
3.6.1	Příprava půdy	13
3.6.2	Setí	14
3.6.3	Výživa a hnojení	15
3.6.4	Sklizení.....	16
3.6.5	Úroveň výnosu čiroku	17
3.7	Choroby a škůdci	18
3.7.1	Virová a bakteriální onemocnění	18
3.7.2	Houbová onemocnění.....	18
3.7.3	Sněti (stopkovýtusné houby).....	19
3.7.4	Živočichové.....	20
3.8	Ochrana porostu během vegetace.....	21
3.9	Chemické složení zrna	22
3.9.1	Sacharidy.....	22

3.9.2	Vláknina	23
3.9.3	Bílkoviny.....	23
3.9.4	Lipidy	24
3.9.5	Obsah vybraných prvků	24
3.9.6	Obsah vitaminů	25
3.9.7	Obsah kyselin.....	26
3.9.8	Antinutriční látky	26
3.9.8.1	Durin	27
3.9.8.2	Taniny	28
3.9.8.2.1	Hydrolyzovatelné taniny.....	29
3.9.8.2.2	Kondenzované taniny.....	29
3.9.8.2.3	Komplexní taniny.....	30
3.9.8.2.4	Gallotaniny.....	30
3.9.8.2.5	Ellagitaniny	30
3.9.8.2.6	Interakce taninů se složkami potravy.....	30
3.9.8.3	Fenolické látky	32
3.9.8.4	Antokyany	32
3.9.8.5	Fytová kyselina	32
3.10	Využití čiroku	32
3.10.1	Využití čiroku jako potravin	34
3.10.2	Mouka z čiroku	35
3.10.3	Chléb z čiroku	36
4	Materiál a metodika.....	38
4.1	Materiál.....	38
4.1.1	Charakteristika použitých druhů čiroku zrnového	38
4.1.1.1	Odrůda Arsenio.....	38
4.1.1.2	Odrůda Nutrigrain.....	38
4.2	Metodika	38
4.2.1	Charakteristika stanoviště Chodouny-Lounky	38
4.2.2	Metodika pečení chleba z čirokové mouky.....	39
4.2.3	Stanovení specifického objemu čirokového chleba	41
4.2.4	Statistická analýza	41
4.1.1	Metodika vyhodnocování chlebů	42
5	Výsledky.....	43
5.1	Vyhodnocení chlebů.....	43

5.2	Hodnocení chlebů	43
5.2.1	Hodnocení celkového vzhledu	44
5.2.2	Hodnocení vůně	44
5.2.3	Hodnocení chuti	45
5.2.4	Hodnocení textury	46
5.2.5	Hodnocení celkového dojmu.....	46
5.2.6	Hodnocení volným popisem	47
5.3	Vyhodnocení vlivu odrůd na vlastnosti chleba	47
5.3.1	Objem chlebů	48
5.3.2	Hmotnost chlebů	48
5.3.3	Výška chlebů.....	49
5.3.4	Specifický objem chlebů	50
5.4	Obsah taninů	49
6	Diskuze	51
6.1	Hodnocení širokových chlebů	51
6.2	Vyhodnocení hypotéz	51
6.3	Vliv odrůd čiroku na vlastnosti chlebů	52
6.4	Vliv odrůd čiroku na obsah taninů v zrně	53
7	Závěr	54
8	Literatura.....	55
9	Seznam příloh.....	65
10	Samostatné přílohy	66
10.1	Příloha č. 1: Dotazník	66

1 Úvod

Čirok (*Sorghum bicolor L. Moench*) je na pátém místě v žebříčku nejpěstovanějších obilnin na světě, a to po pšenici, rýži, kukuřici a ječmeni. Je pěstován pro potravinářské, krmné a technické účely. Čirok je vysoce adaptibilní, vykazuje značnou odolnost vůči teplu a suchu. Vzhledem k jeho odolnosti může být vhodnou plodinou do oblastí akutně ohrožených klimatickými změnami a nedostatkem vody. V porovnání s ostatními obilninami vykazuje schopnost udržení značných výnosů i přes nízké či nárazové srážky. Čirok je základním zdrojem potravy pro více jak 500 milionů lidí po celém světě, a to zejména v Africe a Asii. Ve vyspělých zemích stále převažuje význam čiroku jako krmiva a zdroje pro výrobu biopaliv.

Čirok je významnou obilninou s bohatým obsahem bílkovin, vitaminů, minerálních látek. Z důvodu jeho vyšší antioxidační aktivity je vhodným zdrojem přírodních antioxidantů. Čirok jako plodina tedy vykazuje pozitivní přínos pro prevenci řady nemocí, které jsou spojené s oxidačním stresem, jako je například rakovina, kardiovaskulární onemocnění a diabetes mellitus typu 2. Z důvodu nízkého obsahu prolaminů (pod stanoveným limitem 10 mg/100g) je čirok řazen mezi bezlepkové obilniny a je vhodný pro celiaky a do bezlepkových produktů. V čiroku jsou obsaženy také antinutriční látky taniny ovlivňující barvu, chuť i nutriční složení. Taniny způsobují nižší stravitelnost škrobu, proteinů i některých vitaminů či minerálních látek. V současnosti je kladen důraz na šlechtění odrůd s nízkým obsahem taninů vhodných pro zpracování v potravinářství.

Čirok zrnový je způsobilý dozrávat v klimatických podmínkách ČR, potřebuje však průměrnou denní teplotu aspoň 15 °C v průběhu vegetačního období, kdy by neměla teplota poklesnout na méně jak 10 °C. Pro pěstování v ČR je také důležité, že na rozdíl od kukuřice není čirok atakován černou zvěří. S ohledem na probíhající změny klimatu a vysoký potenciál čiroku jakožto bezlepkové potraviny je pravděpodobné, že bude mít pěstování této plodiny vzestupnou tendenci jak v Evropě, tak i v samotné České republice.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce bylo ověřit možnost použití čiroku zrnového v potravinářství a pro bezlepkové zpracování potravin. Cílem práce bylo rovněž porovnání dvou různých odrůd čiroku zrnového z hlediska kvality zrna a preference spotřebitelů.

Hypotézy:

Hypotéza č. 1: Běžně dostupná čiroková mouka bude mít nižší preference ve srovnání s odrůdami čiroku zrnového vypěstovanými na FAPPZ.

Hypotéza č. 2: Odrůda čiroku zrnového použita při pečení chleba ovlivní preferenci spotřebitele.

3 Literární rešerše

3.1 Původ a historie pěstování čiroku

Podle Vinall et al. (1936) existují tři hlavní centra historického výskytu čiroku, a to oblast indická, asijská (Arábie, Turkestán) a severoafrická.

Venkateswaran et al. (2019) a Popescu et al. (2018) shodně konstatují, že je čirok původem z Afriky.

Prvotní výskyt planého čiroku *Sorghum arundinaceum* je doložen z období 8000 př. n. l. v oblasti Sahary. Z planého čiroku byl vyšlechtěn současný čirok (Venkateswaran et al., 2019).

Podle Morris et al. (2017) se prvotní domestikace čiroku uskutečnila v oblasti dnešního Súdánu přibližně před 10 000 lety. Následně se čirok v období před 8 000 a 1 500 lety rozšířil napříč Afrikou, Indií, Středním východem a východní Asií.

FAO (2018) uvádí, že byl čirok domestikován v Etiopii zhruba před 5000 lety.

Do jižní Asie byl čirok rozšířen zhruba okolo roku 2000 př. n. l. (Fuller et Stevens, 2018).

V Evropě se čirok objevil prvně v Itálii za časů známého římského botanika Plinia Staršího, poté byl ale zapomenut. Do Evropy se znovu dostal prostřednictvím Arabů. V průběhu 15. a 16. století se čirok rozšířil po celé Africe (Hermuth et al., 2012).

Podle Berenji et al. (2011) začalo pěstování čiroku v rámci Evropy nejdříve v Itálii, konkrétně v oblasti Piemont. Z Itálie se dále rozšířil do Španělska, Francie, jižního Německa a Rakouska. Existují i důkazy o neúspěšných pokusech o zavedení čiroku v Nizozemí a Velké Británii. V 19. století čirok proniká také do oblasti dnešního Chorvatska a Maďarska.

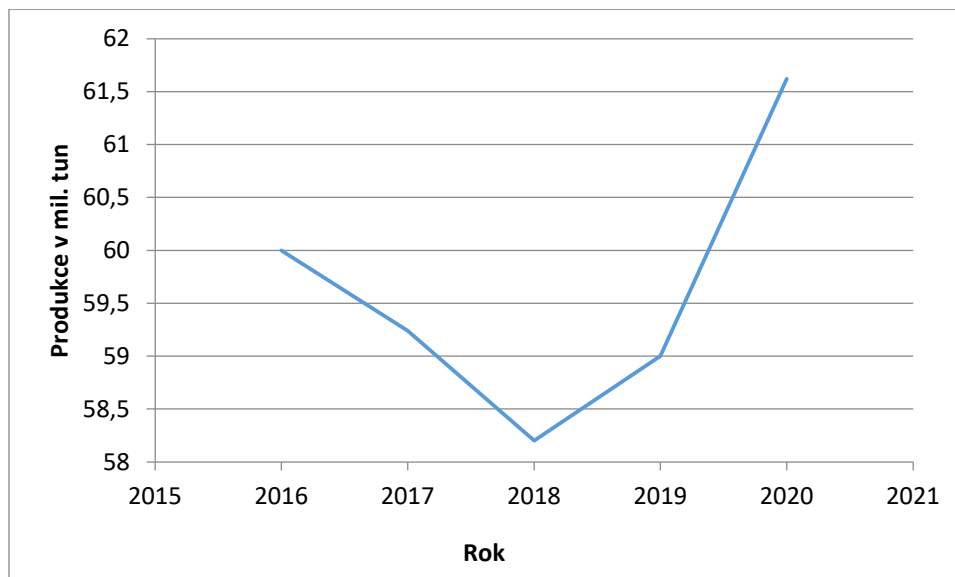
Do USA proniká čirok v 16. století. Masivněji se však rozšířil až v 19. století díky introdukci kultivarů z Číny, Afriky a Indie. Tyto kultivary cukrových a pícních čiroků byly pěstovány zejména jako krmivo a pro výrobu sirupu z čiroku. Ve 20. století došlo k výraznějšímu rozšíření pěstebních ploch čiroku zrnového, kdy se začal pěstovat v oblastech suchých pro kukuřice (Popescu et al., 2018).

Hermuth et al. (2012) uvádí, že byl čirok masivněji zaveden do České republiky až ve 20. letech 20. století. Druhá vlna zájmu o čirok nastala v 50. letech, poté byl ale postupně vytlačen kukuřicí. V současnosti znovu stoupá zájem o čiroky zejména z důvodu rozvoje bioplynových stanic. V ČR tvoří v současnosti pěstební plochy čiroku zhruba 500-600 ha⁻¹.

3.2 Pěstování čiroku v 21. století

Čirok je pátou nejvíce produkovanou obilninou světa, a to po rýži, pšenici, kukuřici a ječmeni (Morais Cardoso et al., 2015).

Při zahrnutí všech pěstovaných plodin je na sedmém místě po sóje a bramborách. Čiroky jsou celosvětově významné pro lidskou výživu, krmné účely a také výrobu bioplynu (Hermuth et al., 2012).



Graf 1 Celosvětová produkce čiroku v letech 2016 - 2020

FAO (2018) označuje jako hlavního producenta čiroku USA.

Souhlasí i Popescu et al. (2018), po USA jmenuje jako významné pěstitelské oblasti Indii, Nigérii, Mexiko, Sudán a Etiopii. V USA je čirok třetí nejpěstovanější obilnina tvořící celkovou produkci 11,5 milionu tun. Mezi primární oblasti pěstování patří Colorado, Oklahoma, Jižní Dakota, Texas a Kansas. Čiroky jsou v USA používány především na krmivo pro zvířata a etanolovou produkci.

Druhým největším producentem čiroků je Indie. Díky ideálním klimatickým podmínkám není třeba při pěstování čiroku zavlažování. Produkce čiroku je v Indii průměrem 7,5 milionů tun. Nejvíce pěstován je v oblastech Maharashtra a Karnataka. Třetím největším producentem je Nigérie, kde je odhadována průměrná produkce na 7,4 milionu tun. Čirok je v této oblasti pěstován především jako potravina, v malém zastoupení se využívá jako krmivo a surovina pro výrobu sladu a piva (FAO, 2018).

Čtvrté místo zastupuje Mexiko s produkcí čiroku 6,1 milionu tun. Na pátém místě je Sudán s průměrem 4,4 milionu tun (Faith, 2017).

V Evropě jsou hlavními producenty čiroku Itálie, Francie, Španělsko, Rumunsko, Rakousko, Maďarsko a Bulharsko. Evropská unie zaujímala u čiroku pouhých 0,12 % světové plochy, produkcí 1,18 % světové produkce. (Popescu et al., 2018).

3.2.1 Šlechtění čiroků v ČR

Problematika šlechtění se v mírných klimatických podmínkách zaměřuje zejména na odolnost vůči chladu. Poslední roky je také patrný posun v pěstování do severnějších oblastí. Čiroky jsou šlechtěny hlavně na odolnost vůči chladu, ranost a snížení množství antinutričních látek v zrnech (Hermuth et al., 2012).

U čiroků zrnových je pro podmínky v ČR dlouhé vegetační období, proto je jedním z nejvýznamnějších cílů šlechtění zkrátit vegetační období. Významnou vlastností je také chemické složení zrna. Zrna určená pro potravinářský sektor může znehodnotit vysoká koncentrace taninu, a proto je jedním z cílů šlechtění získat materiály bez těchto antinutrientů. Významnou roli má taktéž výška genotypů. Nižší porost usnadňuje sklizeň (Prugar et al., 2008).

V roce 2012 byla zaregistrována první česká odrůda čiroku zrnového [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] nazývaná Ruzrok. Tato odrůda byla vyšlechtěna na pracovišti Genové banky ve VÚRV, v.v.i. Díky svému rychlému růstu a ranosti a taktéž schopnosti dozrát a vyprodukovat zrno v podmínkách ČR je vhodný jako hlavní plodina pro biomasu, na zrno, ale také jako meziplodina (Hermuth et al., 2012).

3.3 Základní charakteristika čiroku

Čirok (*Sorghum Moench.*) je řazen do skupiny vusatkovité (*Andropogoneae*), čeledi *Poaceae* (lipnicovité), podčeledi *Panicoidae* (prosovité) (Hermuth et al., 2012).

Čirok je jedno či víceletá tráva s mohutným kořenovým systémem. V subtropických a tropických oblastech roste většinou planě. Kulturní čiroky vykazují značnou geografickou a odrůdovou proměnlivost (Petr et Húska, 1997).

Z botanického hlediska je čirok podle Stuchlíka (1951) podobný stéblem i uspořádáním kořenů kukuřici, zato tvarem lat a některými dalšími fyziologickými vlastnostmi se podobá spíše prosu.

Podle Venkateswaran et al. (2018) je u čiroku potřeba 332 kg vody na vytvoření 1 kg sušiny, zato u kukuřice 368 kg a u pšenice až 514 kg.

Čirok je řazen mezi rostliny C4, u nichž asimilace oxidu uhličitého vede ke tvorbě metabolitů se čtyřmi uhlíky (Třináctý et al., 2013).

Čirok poprvé popsal roku 1753 švédský přírodovědec Carl von Linné názvem *Holcus*. Roku 1794 byl rod čiroku německým botanikem Conradem Moenchem oddělen z rodu *Holcus* a pojmenován jako *Sorghum bicolor*. Tento název je používán dodnes (Teshome et al., 1997).

Velice detailní klasifikaci zpracoval v roce 1936 Snowden. Všechny později navrhované klasifikace jsou pouze modifikací té Snowdenovy. Klasifikace od Snowdena rozděluje čirok do 31 kultivovaných, 17 divoce příbuzných a 4 plevelných druhů. V současnosti se nejvíce používá klasifikace zpracovaná de Wettem a Huckabayem (1967) uvádějící jeden polymorfní druh *S. bicolor* s dvěma poddruhy, nemnoha varietami a řadou forem (Hermuth et al., 2012).

Nejednotnost panuje zejména kvůli značné variabilitě. Jednotlivé čiroky se liší vzrůstem, uspořádáním lat i celkovým habitem. V zemědělské praxi se používá klasifikace od Mansfelda (1952), který čiroky rozdělil z pohledu praktického využití na čirok zrnový, technický, cukrový a súdánskou travu.

Čirok obecný zrnový (*Sorghum vulgare* var. *eusorghum*) se pěstuje zejména kvůli zrnu. V zrnech se nalézá vysoký obsah proteinů a škrobu. Bývá většinou nižšího vzrůstu a pěstuje se převážně na chudých erozních půdách Afriky a Asie, kde slouží primárně k lidské výživě (Prugar et al., 2008).

Čirok obecný technický (metlový) (*Sorghum vulgare* var. *technicum*) se pěstuje zejména kvůli pružné, silné latě s velmi dlouhými postranními větvemi, která se využívá na výrobu košťat a kartáčů. Zrno je vedlejším produktem a je možné ho zkrmovat (Hermuth et al., 2012).

Čirok obecný cukrový (*Sorghum vulgare* var. *saccharatum*) se používá na siláž, v potravinářství k výrobě sirupu, melasy, cukru, etanolu ale také k produkci bioplynu. Ze stébel o výšce 2 až 5 m se lisuje šťáva tvořená směsí mono a disacharidů, z nichž 18 % představuje glukosa neboli hroznový cukr (Petříková et al., 2006).

Čirok súdánský neboli súdánská tráva (*Sorghum vulgare* var. *sudanense*) je charakteristický bohatým olistěním a tvorbou značného množství zelené hmoty, která nedřevnatí. Po sečení znovu obrůstá a podle podmínek poskytne 2 až 4 seče. I proto je vhodný především jako kvalitní pícnina. Kříženci súdánské trávy a čiroku cukrového jsou navíc vhodné k energetickému využití (CZ Biom, 2011).

Podle Loučky et Homolky (2013) se v současné době pěstuje v ČR několik odrůd čiroků, a to čirok dvoubarevný (*Sorghum bicolor*) - typy zrnové, cukrové a metlové, čirok súdánský (*Sorghum sudanense*) a také kříženci *S. bicolor* a *S. sudanense*.

Státní odrůdovou knihou (ÚKZÚZ) byly k 15. červnu 2015 povoleny 4 odrůdy a jeden kříženec čiroku:

- Farmsurgo 180
- KWS Tarzan
- Sweet Susana
- Sweet Caroline
- KWS Freya (kříženec čiroku a súdánské trávy)

3.4 Morfologická stavba čiroku

Podle Moudrého et Strašila (1999) je morfologická stavba čiroků velice podobná, například květenstvím se přibližují prosu, zatímco vegetativními orgány a kořenovou soustavou se přibližují kukuřici.

3.4.1 Stavba kořene

Čirok se vyznačuje mohutným kořenovým systémem s rozlehlým kořenovým vlášením, proto přijímá živiny z velkého okruhu půdy i z velké hloubky. Kořeny dosahují 140 – 170 cm hloubky a 60 – 120 cm šířky. Primární kořeny vznikají v průběhu klíčení, větví se velice omezeně či vůbec. Sekundární kořeny rostou z prvního nodu. Z těchto kořenů vzniká základ rozsáhlého kořenového systému (Hermuth et al., 2012).

Moudrý et Strašil (1999) uvádí, že se čiroky vyznačují množstvím kořenových vlásků, přes které mohou vstřebávat vodu a živiny.

Podle Venkateswaran et al. (2018) mají primární kořeny životnost zhruba tři týdny a posléze odumírají.

Většina odrůd tvoří také vzdušné kořeny, přes které mohou rostliny přijímat vláhu z rosy. Také prorůstáním do půdy upevňují rostliny a zabraňují tak jejich poléhání. Obvykle se tvoří na prvním kolénku stébla (Kára, 2005).

Opěrné kořeny mají za funkci dobré upevnění rostlin čiroku v půdě, díky čemuž při silných větrech rostliny nepoléhají (Hermuth et al., 2012).

Jako nejvýznamnější vlastnost čiroku uvádí Kára (2005) vyšší protierozní ochranu svažitých pozemků. V porovnání s kukuřicí má čirok totiž až o 1/2 nižší erozní koeficient, a to z důvodu jeho mohutného kořenového systému.

3.4.2 Stavba stébla

Stéblo je silné 1 až 3 cm v závislosti na prostředí a výsevu, tvrdé a na lesklém povrchu inkrustované křemičitany. Stéblo je dále děleno nody (kolénky) na internodia neboli jednotlivé články, jejichž délka se směrem nahoru postupně prodlužuje. Množství článků se pohybuje obvykle v rozmezí 5 až 20 podle odrůdy a délky vegetačního období. Stéblo může být zabarveno do různých odstínů a je bohatě olistěné. Uvnitř samotného stébla se nalézá dřev mající hlavně zpevňující funkci (Moudrý et Strašil, 1999).

Podle výšky stébel se dělí čiroky na zakrslé o výšce pod 1 m, nízké o výšce 1–1,5 m, středně vysoké o výšce 1,5–2 m, vyšší o výšce 2–2,5 m a vysoké o výšce 2,5 m a více (Hermuth et al., 2012).

Kára et al., 2005) uvádí, že kromě nodu (kolénka) pod praporcovým (horním) listem se u všech nodů tvoří pupen, z kterého se může vytvořit nové (sekundární) stéblo. Sekundární

stébla se vytváří obvykle v řídkém porostu a na prohnojené půdě. Množství stébel v jednotlivých trsech je různorodé, obvykle kolísá od 1 do 10, někdy i více.

Podle Špaldona (1986) se množství článků na hlavním stéble odvíjí podle délky vegetačního období. Genotypy čiroku s 5 až 11 články jsou řazeny mezi rané, s 11 až 16 články mezi polorané a genotypy s 16 a více články jsou řazeny mezi pozdní.

House (1985) rozděluje čiroky podle množství stébel v jednotlivých trsech na slabě odnožující s 1 – 2 odnožemi, středně odnožující s 3 – 5 odnožemi a silně odnožující s 5 – 8 odnožemi.

Při nižším výsevku či problémovém vzcházení mají čiroky nezávisle na odrůdě značnou schopnost kompenzace pomocí odnoží (Hermuth et al., 2012).

3.4.3 Stavba listu

Listy jsou 50 – 80 cm dlouhé a 50 – 100 mm široké, se zvlněným a ostrým okrajem. Na povrchu listů se nalézá slabý voskový povlak způsobující šedozeleň zbarvení. Samotný list čiroku je podobně jako u jiných druhů trav složen z čepele a pochvy (Wall et Ross, 1970).

Významným rozeznávacím znakem čiroků bývá zbarvení středního nervu. Střední nerv je popisován jako výrazný, bílé nebo zelené barvy, z vrchní strany listu zploštělý či lehce vydutý, ze spodní strany vypouklý (House, 1985).

Listová čepel je charakterizována jako dlouhá, široká, se špičatým zakončením. Listy jsou vzpřímené, s postupujícím zráním se poté ohýbají. Při velmi suchém počasí se stáčí z důvodu zabránění značnému odpařování vody. Průduchy se vyskytují na obou stranách listů. V porovnání s kukuřicí se sice na listech čiroku vyskytuje zhruba o 50 % více průduchů na jednotku plochy, avšak velikostí jsou menší (Lim, 2013).

Podle Brant et al. (2010) jsou hodnoty evapotranspirace u čiroku v porovnání s kukuřicí zhruba o 15 % nižší.

Rozmístění listů se odvíjí podle genotypu, jsou buď koncentrovány na bázi stébla, nebo rozloženy po celé délce (Lim, 2013).

Podle Venkateswaran et al. (2018) jsou listy střídavé, horní list je nazýván jako praporcový.

Za příznivých klimatických podmínek se na rostlinách čiroku tvoří méně listů, a to přibližně 14 až 17 na jedné rostlině. Za méně příznivých podmínek tvorba listů roste zhruba na množství více než 30 listů na jedné rostlině (Hermuth et al., 2012).

V současnosti jsou předmětem šlechtění BMR formy čiroků, jejichž znakem je hnědý střední nerv. BMR odrůdy se vykazují zvýšenou stravitelností a sníženým obsahem ligninu o 40 až 60 %. Tyto odrůdy jsou předmětem intenzivního šlechtění zejména u sudánské trávy a kříženců *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* (Oliver et al., 2005).

3.4.4 Stavba květenství

Květenstvím čiroku je rozkladitá nebo shloučená lata dosahující různých velikostí, tvaru a hustoty. Délka laty se obvykle pohybuje v rozmezí od 4 do 25 cm, šířka od 2 do 20 cm (Rooney et al., 2007).

Zato Venkateswaran et al. (2018) stanovují délku laty v rozmezí 50 až 60 cm a šířku laty na 30 cm. Lata je kompaktní či volná a otevřená, je tvořena hlavní osou a množstvím bočních větví, které nesou kvítky.

Podle (Hermuth et al., 2012) se lata skládá z jednotlivých klásků vyrůstajících v páru, přičemž jeden je přisedlý, oboupohlavní a fertilní, druhý stopkatý samičí. Klásek je složen ze dvou kvítků, sterilního a fertilního. Sterilní kvítky opadávají. V kvítku se nalézá jeden pestík a tři tyčinky. Zbarvení prašníků záleží na barvě zrna.

Pro čirok zrnový je charakteristická kompaktní lata se zkrácenými hustými větvemi s velkými klásky. U čiroku technického je lata dlouhá 0,8 m i více a má pružné větve. Pro čirok cukrový a súdánskou travu je obvyklá volná rozkladitá lata o různé hustotě (Petr et Húska, 1997).

Špaldon (1986) uvádí, že jsou čiroky cizosprašné, ale mohou se i opylit vlastním pylem.

Avšak Hermuth et al. (2012) uvádí, že je čirok z většiny samosprašný, zatímco cizosprašnost se objevuje jen v určitém procentu. Cizosprašnost je ovlivňována teplotou, větrem a vlhkostí vzduchu.

Kvetení začíná od vrcholu laty a rostliny kvetou zhruba 7 až 10 dní v závislosti na teplotě a délce dne. Optimální teplota je v rozmezí 21–35 °C. Čirok je krátkodenní rostlina vykazující fotoperiodickou citlivost, při dlouhých dnech dochází ke zpoždění kvetení (Murphy et al., 2011).

3.4.5 Stavba zrna

Podle Moudrého et Strašila (1999) a Ratnavathiho (2018) je velikost i hmotnost zrn různá, hmotnost tisíce zrn uvádí od 10 do 70 g v závislosti na odrůdě.

Zato Prugar (2008) uvádí hmotnost tisíce zrn v rozmezí 20 až 30 g.

Hermuth et al. (2012) rozlišují genotypy čiroků na drobnozrnné s hmotností tisíce zrn nižší než 20 g, střední s hmotností 20 až 30 g a velkozrnné s hmotností více jak 30 g.

Tvar zrna se liší podle odrůdy a tvaru samotné laty, může být kulovitý, vejcovitý, oválný nebo srdčitý. Zrno je zcela pluchaté či částečně obnažené, také může být i nahé (Andert et al., 2014).

Čirokové obilky jsou obvykle menší než obilky pšeničné, bývají dlouhé zhruba 4 mm, široké 2 mm a silné 2,5 mm (Ratnavathi, 2018).

Barva zrn bývá obvykle bílá, krémová, žlutá, hnědá, růžová či také fialová. Podle vzájemného poměru bílkovin a škrobu se zrno dále rozlišuje na sklovité, poloskvlovité a moučné (Moudrý et Strašil, 1999).

Ratnavathi (2018) uvádí, že jsou zrna čiroku v porovnání s jinými zrny charakteristická svou tvrdostí, která koreluje s množstvím prolaminu v zrnech. Byla prokázána vyšší odolnost tvrdých zrn vůči infekcím plísněmi.

Dozrávání je podobný proces jako při kvetení. Sterilní kvítky opadají. Kvítky vevnitř laty i z dolní části často nedozrají. Zrna, která uzrají následně drží v latě a nevydrolí se během sklizně (Hermuth et al., 2012).

Frydrych et al. (2018) uvádí, že v zrnech čiroku není obsažen lepek. V zrnu jsou hlavními složkami sacharidy (70 %), proteiny (8–10 %), voda (10 %), lipidy (3–6 %) a vláknina (1–3 %).

Zralé zrno tvoří endosperm a embryo uzavřené v perikarpu (oplodí). Podíl endospermu je 82,3 %, embrya 9,8 % a perikarpu 7,9 % (Popescu et al., 2018).

Podle Hermuth et al. (2012) tvoří endosperm 84 %, embryo 10 % a perikarp 6 %.

Perikarp se dále rozděluje na vnější vrstvu epikarp, mesokarp a vnitřní endokarp. Epikarp je pokrytý voskovým povlakem. V mesokarpu se mohou nacházet škrobová zrna. Endokarp má významnou funkci během klíčení. Pod perikarpem se nachází testa, jinak také nazývaná osemení (Ratnavathi, 2018).

Embryo je složeno ze štítku, apikální části s růstovým pupenem obaleným listovou pochvou a z bazální části, ve které se nalézá kořenový základ, kořenová pochva a kořenová čepička. Endosperm tvoří aleuronová vrstva a sklovitý a moučný endosperm. V aleuronové vrstvě se nalézá značné množství proteinů, enzymů, tuku a popelovin a také minerální látky a vitaminy řady B. V moučném a sklovitém endospermu se nalézají škrobová zrna, proteiny i β -glukan a hemicelulóza. Touto vrstvou je ovlivňována stravitelnost čiroku (Rooney et al., 2007).

3.5 Požadavky na prostředí

3.5.1 Požadavky na teplotu

Čirok je teplomilnou rostlinou dobře snášející sucha. Z hlediska nároků je do velké míry přizpůsobivý, avšak nesnáší pokles teplot pod 10 °C. Nízké teploty mají za následek žloutnutí listů a horší opylení květů. Z toho důvodu se preferuje použití odrůd s krátkou vegetační dobou, která proběhne v nejteplejším období roku (Petr et Húska, 1997).

Podle Koubové (2009) jsou pro růst rostlin nezbytné průměrné denní teploty okolo 16 °C. Při výsevu má teplota půdy dosahovat přinejmenším 12 °C. Poškození chladem je možné už při 4 °C.

Hermuth et al. (2012) uvádí teplotu potřebnou pro klíčení semen 12–15 °C, v hloubce půdy 10 cm, kdy za těchto podmínek trvá vzcházení 10 až 14 dní.

Moudrý et Stražil (1999) souhlasí s teplotou 12 – 15 °C a dodávají, že méně náročná na teploty je varieta súdánská tráva klíčící a vzcházející při teplotách 8 – 10 °C.

Andert et al. (2014) ale oponuje, že čiroky potřebují teplotu pro klíčení 10 - 12 °C.

Adamčík et Tomášek (2016) tvrdí, že optimální teplota nastává kolem 23 °C. Naproti tomu vysoká teplota kolem 40 °C je pro klíčení nevhodná z důvodu jeho omezení či zpomalení.

Petříková et Weger (2015) zmiňují, že uváděná teplota je odpovídající teplotním hodnotám nejdříve na konci května až druhé poloviny června.

Vermerris (2008) uvádí minimální teploty pro klíčivost v rozmezí 7 – 12 °C v závislosti na odrůdě.

Podle Peacocka (1982) jsou semena schopná přežít teploty menší jak 12 °C, avšak pouze při vlhkosti semen pod 15 %. Semena ztrácí životaschopnost při 0 °C.

Největší nároky na teplotu, jakož i délku vegetačního období mají čiroky zrnové, poté čiroky cukrové, následované čiroky metlovými a súdánskou trávou. Súdánská tráva klíčí a vzhází už při teplotách 8–10 °C. K dozrání je nutná teplota 25 - 35 °C, taktéž vegetační období bez mrazů od 120 do 180 dní. Čiroky jsou citlivější na nízké teploty během všech fází vývoje, a to hlavně během vzházení či kvetení. Vlivem nízkých teplot může dojít během dozrávání čiroků ke zhoršení klíčivosti osiva (Hermuth et al., 2012).

Gangaiyah (2008) uvádí, že optimální teplota pro růst a vývoj rostlin činí 25 – 30 °C, přičemž snesou i teploty až 45 °C.

Podle Petříkové et al. (2006) potřebují čiroky pěstované primárně na zrno sumu teplot 25 °C. Při pěstování čiroků na hmotu mohou být sumy teplot i nižší.

Kára et al. (2005) dodávají, že u pěstování na zelenou hmotu jsou možné i nižší teploty.

Petříková et Weger (2015) upozorňují, že z důvodu limitující teploty jsou v České republice pro čiroky vhodné zejména vinařské oblasti.

Při průměrných denních teplotách vyšších než 20 °C během vegetačního období zrají rané odrůdy 90 až 110 dní, zatímco střední odrůdy 110 až 140 dní. Při průměrných denních teplotách pod 20 °C se růst prodlužuje přibližně o 10 až 20 dní v závislosti na odrůdě a míře poklesu teploty. Při teplotách konstantně kolem 15 °C čirok potřebuje 250 až 300 dní k dozrání. Při teplotách 10 až 15 °C lze čirok pěstovat jen jako krmnou plodinu (FAO, 1996).

Čiroku se daří i v podmínkách, ve kterých už kukuřice nedává uspokojivé výnosy. V porovnání s kukuřicí jsou čiroky odolnější vůči tepelným výkyvům. Oba druhy rostlin jsou zato typické pomalým počátečním růstem. Po této počáteční fázi dochází u obou rostlin k rychlému růstu díky C4 fotosyntéze, přičemž u čiroku probíhá růst daleko intenzivněji. V současné době se především v Německu věnuje vyšší pozornost hledání odrůd s co nejnižšími teplotními nároky, k čemuž se používají chladové komory (Hermuth et al., 2012).

Podle Petříkové et Wegera (2015) čiroky vzházejí pomaleji než kukuřice.

V tropických a subtropických klimatických podmínkách se mohou čiroky řadit k jedné z nejrychleji zrajících rostlin. Rané kultivary potřebují jen 100 dní, někdy i méně a může probíhat sklizeň až třikrát ročně, naopak v mírných klimatických podmínkách potřebuje k dozrání 5 až 7 měsíců (Hermuth et al., 2016).

Podle Kalinové a Moudrého (2011) se v České republice z důvodu minimálních osevních ploch nevěnuje šlechtění taková pozornost. Pro podmínky ČR je třeba volit odrůdy se sumou

teplot 25 až 30 °C. V ČR jsou dostupné převážně hybridy na produkci bioplynu nebo na krmiva.

Šlechtění odrůd čiroku v podmínkách ČR se zaměřuje především na odolnost vůči nízkým teplotám (Hermuth et al., 2012).

3.5.2 Požadavky na vláhu

Oproti kukuřici mají rostliny čiroku o mnoho menší nároky na vláhu. Nejvíce náročné na vláhu jsou ve fázi sloupkování a metání z důvodu vyšší tvorby organické hmoty. Nedostatek vláhy poškozuje rostliny čiroku v menším měřítku než kukuřici. Na rozdíl od kukuřice tvoří čirok dvojnásobné množství kořenových vlásečnic na jednotku hlavních kořenů. Potřeba vody je u čiroku přibližně o třetinu menší oproti kukuřici. V obdobích extrémního sucha může čirok přecházet do klidového stavu a v období srážek poté obnovit růst. U čiroků probíhá dlouhé vegetační období, díky čemuž využívají na rozdíl od kukuřice i srážky v druhé polovině léta. I z tohoto důvodu je proto možné nahradit kukuřici na extrémních stanovištích čirokem (Hermuth et al., 2012).

Nadměrnému vypařování brání vosková vrstva na povrchu listů (Plessis, 2008).

Petríková (2006) uvádí, že transpirační koeficient rostlin činí 200 litrů vody na 1 kilogram sušiny.

Podle Káry et al. (2005) mohou čiroky asimilovat i za vysokých teplot.

Čirok je možné bez zavlažování pěstovat v oblastech s ročním úhrnem srážek v rozmezí 400 – 800 mm (Plessis, 2008).

Hermuth et al. (2012) upřesňují na hodnoty 400 – 700 mm srážek za rok.

Petríková et Weger (2015) upozorňují, že lze čirok pěstovat v oblastech s nižším úhrnem srážek, a to 400–600 mm za rok.

Nejvyšší potřeba vody je v období květu, a to zhruba 7 mm za den (House, 1985).

3.5.3 Požadavky na půdu

Hermuth (2012) uvádí, že oproti kukuřici je čirok méně náročný i na půdu. Kořeny zasahují až do hloubky 1,5 m, v propustných půdách i hlouběji. Významnou předností čiroku je jeho schopnost dobrého růstu i na částečně zasolených půdách, na kterých jsou od jiných plodin získávány jen nízké výnosy. Koncentrace sodíkových solí může být v takových půdách až 1 %, ale až koncentrace solí kolem 2 % omezuje pěstování čiroku.

I když čiroky nevykazují velké nároky na půdní podmínky, tak poskytují vysoké výnosy jen na strukturních půdách (Hodoval et Pulkrábek, 2013).

Petr et Húska (1997) zdůrazňují, že i přes nenáročnost čiroku je potřeba kvalitní zpracování půdy. Díky mohutnému kořenovému systému rostliny prospívají i na vyčerpaných půdách. Rostliny jsou i tolerantní vůči krátkým obdobím podmáčení.

Podle Stuchlíka (1951) jsou pro pěstování vhodné půdy písčito-hlinité a hlinito-písčité s neutrální kyselostí. Čirok špatně snáší kyselou půdní reakci, tolerantní je vůči půdám s pH 5,5 až 8,5.

Vermerris (2008) uvádí, že pokud kořeny čiroku sahají do hloubky minimálně 40 cm, jsou rostliny schopné růstu i na zasolených půdách.

Pro pěstování čiroku nejsou vhodné půdy studené a soustavně zamokřené (Špaldon, 1986).

Podle Hodoval et Pulkrábek (2013) hrozí na mokřích, těžkých půdách zejména vzrůst plevelů. Plevelé brání rychlému vyklíčení a zpomalují i omezují růst rostlin. Optimální jsou naopak půdy sušší a propustné.

V kyselých půdách s pH méně jak 5,5 má na čirok negativní vliv nadbytek hliníku a manganu, negativní vliv však má také nedostatek fosforu a hořčíku (Gangaiah, 2008).

3.5.4 Požadavky na světlo

Čirok je řazen do krátkodenních rostlin, před dosažením generativního stádia tedy potřebuje krátké dny. Optimální fotoperioda, která podpoří tvorbu květu, se pohybuje v rozmezí 10 až 11 hodin. Tropicke odrůdy vykazují daleko vyšší citlivost. Rostliny čiroku jsou nejvíce citlivé na délku dne ve fázi rozvoje květu (Plessis, 2008).

3.6. Agrotechnika čiroku

3.6.1 Příprava půdy

Vhodné předplodiny pro čirok jsou okopaniny a také luskoviny. Pokud je pěstován jako následná plodina, tak se zařazuje po ozimých směskách na zeleno. Čiroky lze opakovaně pěstovat na stejném pozemku, a to po dobu 2 až 3 let (Gangaiah, 2008).

Moudrý et Kalinová (2005) uvádí, že je čirok předplodinou pro jarní obiloviny a také technické plodiny. Po čiroku využívaném v energetice je možné pěstovat jen jařiny, zato po čiroku využívaném na píci či výrobu etanolu jsou pěstovány hlavně obiloviny.

Kára (2005) dodává, že čirok jako takový není vhodnou předplodinou z důvodu odčerpávání značného množství vody i živin.

Hermuth et al. (2012) ale uvádí, že je čirok vhodnou předplodinou pro jarní obiloviny a technické plodiny.

Pokud se čirok pěstuje jako hlavní plodina tak se zařazuje po okopanině. Při pěstování jako druhé plodiny se zařazuje po luskovinoobilné směsce (Moudrý et Jůza, 1996).

Podle Adamčíka et Tomáška (2016) je čirok alternativou k silážní kukuřici, tudíž je možné jeho setí třeba po ozimém žitu, které se sklízí na senáž.

V teplých oblastech v mírného pásma se čirok zařazuje nejčastěji po hnojených okopaninách, luskovinoobilných směskách, luskovinách a obilovinách (Hermuth et al., 2012).

Podle Andert et al. (2014) je čirok zařazován do osevního postupu obdobně jako kukuřice. Jako vhodné předplodiny se uvádějí okopaniny a také luskoviny. Čirok je možné zařazovat po obilninách, především po ozimé pšenici.

Petříková et al. (2006) uvádí, že za použití herbicidů a intenzivnějšího hnojení je možné pěstování čiroku po sobě, u herbicidů je ale nutné zohlednit možnost reziduálních zbytků. Při pěstování na energetické účely a sklizni do konce zimy je možné následně pěstovat jen jařiny. Z důvodu opožděného nárůstu rostlin na jaře není vhodné pěstování na svažitých pozemcích ohrožených vodní erozí.

Podle Káry (2005) záleží při přípravě půdy pro čirok na předplodině. Při pěstování čiroku jako hlavní plodiny probíhá orba na podzim. Na jaře je doporučeno zpracování půdy smykem a bránami z důvodu urovnání povrchu a prokypření. Tímto zpracováním se také omezí vzcházení plevelů. Optimální je prokypřit půdu do hloubky setí. Kvůli pomalému počátečnímu růstu je pro čirok nutný nezaplevelený pozemek. Termín výsevu by měl být nejdříve koncem května z důvodu jarních mrazů, při teplotě půdy minimálně 12 °C.

Podle Stuchlíka (1951) je nezbytné kvůli drobnosti semen jemně upravit povrch půdy.

Hermuth et al. (2012) uvádí, že v aridních a suchých oblastech je nezbytné připravit půdu systémem „Dry farming system“. Půda se tímto systémem připravuje orbou do hloubky 18 - 20 cm. Následně je pozemek uvláčen, čímž se zmenší vypařovací plocha povrchu. Povrch je nutné udržovat bez půdního škraloupu do výsevu a následně až do vzejití porostu. Tímto procesem se sníží ztráty vody výparem na minimum.

3.6.2 Setí

Čiroky vykazují dle Zhao et al. (2014) určitou toleranci k zasoleným půdám. Při vysoké koncentraci soli v půdě je nutné navýšit hustotu setí, popřípadě zajistit zavlažování porostu z důvodu přežití a dobrého růstu rostlin.

Za ideální teplotu půd na setí čiroku považuje Moudrý (2011) rozmezí 12-14 °C. Setí hybridů probíhá od poloviny května, přičemž je možné setí čiroku i později. Při příliš brzkém zasetí porost vzchází pomalu a nevyrovnaně s častým výskytem plevelů. Šíře řádků bývá v rozmezí od 0,25 do 0,90 m v závislosti na odrůdě a systému pěstování.

Podle počasí je výsev možný od poloviny května, rozhodujícím faktorem je však teplota (minimum 10–12 °C) a vlhkost půdy. Výsev probíhá do řádků ve vzdálenosti od sebe 30 - 80

cm při vzdálenosti rostlin v jednotlivých řádcích 25 – 30 cm. Výsevné množství je v závislosti na účelu pěstování 15 až 30 kg.ha⁻¹. Výsev probíhá pomocí secích strojů na výsev obilnin nebo speciálních secích strojů na výsev kukuřice a čiroku. U osiva je potřebná klíčivost minimálně 80 % s čistotou 98 %. Před samotným výsevem je doporučováno moření osiva hlavně proti sněti čirokové (Hermuth et al., 2012).

Jako nejvhodnější hloubka setí je uváděno 2 – 3 cm. Hlubší setí se u čiroků nedoporučuje z důvodu nižší energie vzcházení (Hodoval et Pulkrábek, 2013).

Stražil (1999) doporučuje výsev koncem dubna až začátkem května při dostatečně prohřáté půdě.

Podle Káry (2005) však výsev nemá být dříve jak koncem května, a to kvůli nebezpečí jarních mrazů.

Dle CZ Biom (2011) je výsevné množství čiroku na zrno 30–50 kg.ha⁻¹.

Podrábský (2019) vymezuje výsevné množství čiroku zrnového na 9-13 kg.ha⁻¹.

Výsevné množství u hybridních odrůd se pohybuje v nižším rozmezí 7–8 kg.ha⁻¹ (Adamčík et Tomášek, 2016).

Moudrý et Kalinová (2004) uvádí hustotu zrn 20–30 zrn/m². Setí probíhá do hloubky 30–50 mm při šířce řádků od 25 cm do 90 cm. Při pěstování na zeleno probíhá setí do užších řádků od 15 cm do 40 cm. Předčasné vysetí způsobuje pomalé vzcházení porostu a zaplevelení.

Podle Káry (2005) je výsevné množství 10–12 kg.ha⁻¹ při vzdálenosti řádků 70 cm, což představuje 190–230 tisíc jedinců na hektar. Šířka řádků se volí v závislosti na odrůdě, délce vegetační doby a vzcházení jednotlivých odrůd. Pokud je šířka řádků 50 cm, činí výsevné množství 13–15 kg, tedy 260–320 tisíc jedinců na hektar. U súdánské trávy se výsevné množství pohybuje mezi 15-30 kg.ha⁻¹. Hustota porostu má významný vliv na následné výnosy. Příliš hustý porost má řídké laty, a tedy i nízké výnosy. Oproti tomu příliš řídký porost je velmi náchylný k zaplevelení a k tvorbě vedlejších odnoží způsobujících nerovnoměrné dozrávání.

U předčasně vysetých čiroků porost vzchází pomalu a nevyrovnaně, také často dochází k zaplevelení. Čiroky vyseté se zpožděním zase vykazují menší počet stébel a lat. U tradičních odrůd probíhá výsev na výslednou hustotu 4 až 8 rostlin na 1 m², u moderních odrůd na hustotu 15 až 30 rostlin na 1 m² (Petr et Húska, 1997).

Optimální hustota porostu je dle Hodovala et Pulkrábka (2013) 180 – 220 tisíc rostlin na ha.

3.6.3 Výživa a hnojení

Podle Hermuth et al. (2012) nemají čiroky vysoké požadavky na hnojení nebo pesticidy.

Petr et Húska (1997) uvádí, že čiroky odčerpávají značné množství živin z půdy, proto je nutné aplikovat dostatečné množství hnojiv.

Čirok má vysoké nároky na příjem živin, především na hnojení dusíkem. Porost reaguje pozitivně především na stupňovité dávky hnojení dusíkem. Dusík je aplikován v dávkách od 140 do 160 kg.ha⁻¹. Aplikace fosforu je dávkována 60 kg.ha⁻¹, zatímco u draslíku od 100 do 140 kg.ha⁻¹ (Kára, 2005).

K dosažení optimálních výnosů je nutná aplikace hnojiv v množství 20 - 50 kg N formou síranu amonného, 30 - 45 kg K₂O formou draselné soli a 35 - 65 kg P₂O₅ formou superfosfátu. U hybridních odrůd je možná aplikace dusíku a fosforu až v trojnásobném množství (Petr et Húska, 1997).

Podle Petříkové (2006) jsou průmyslová hnojiva doporučována v množství 100 – 150 kg N, 30 – 70 kg P a 60 – 150 kg K na hektar.

Na začátku růstu rostliny požadují dusík v snadno přístupné formě. Po nárůstu 3 až 4 lístků rostliny začnou zvýšeně vstřebávat živiny s následným mohutným růstem. Aplikace vyšší dávky dusíku je možná, neboť čirok nepoléhá. Zvýšené hnojení způsobí zvýšené výnosy zelené hmoty i zvýšený obsah proteinů. Přehnojení má naopak za následek prodloužení vegetačního období (Hermuth et al., 2012).

Hodoval et Pulkrábek (2013) uvádí, že se v průběhu růstu rostlin minerálními hnojivy nepřihnojuje. Fosfor a draslík se aplikují obvykle na podzim, zato dusík optimálně před setím v množství 80 až 100 kg N.ha⁻¹.

Podle Prugar et al. (2008) hnojení dusíkem silně ovlivňuje výsledný obsah proteinů, kdy dochází k navýšení zejména prolaminové frakce nazývané kafirin. Kafirin se vyznačuje vysokým obsahem prolinu a glutaminu a nižším obsahem lysinu, argininu, tryptofanu a histidinu.

3.6.4 Sklizeň

Při sklizni čiroků se používá běžně dostupná zemědělská mechanizace (Hermuth et al., 2012).

Podle Káry et al. (2005) čiroky dozrávají nerovnoměrně a nejvhodnější termín sklizně je při vybarvených a lesklých semenech.

Caravetta (1990) uvádí, že se termín sklizně určuje dle obsahu sušiny v rostlinách, konkrétně od fáze objevu laty, kdy je obsah sušiny více jak 20 %. Obsah sušiny ovlivňuje také meziřádková vzdálenost.

Moudrý et Stražil (1999) uvádí, že čas sklizně závisí na účelu pěstování. Při pěstování na zelenou pící jsou rostliny sečeny před metáním při výšce zhruba půl metru. Při pěstování na siláž jsou sečeny na počátku metání, jelikož později rychle dřevnatí a špatně obrůstají.

Čirok vícesečný, který je bohatý na proteiny, se při zkrmování na zelenou pící seče již před metáním při výšce rostlin zhruba 0,50 m. Na siláži je sečen porost na začátku metání. Běžně se seče dvakrát ročně, a to od konce června až do poloviny července a od poloviny až do konce září (Moudrý et Kalinová, 2004).

Čirok cukrový je sklizen na siláž v mléčně-voskové zralosti při dostačující produkci hmoty a vysoké kvalitě. Pro spalování je sklizeň koncem zimy při vysušení porostu mrazem (Hermuth et al., 2012).

Při sečení na zkrmování je nutná výše strniště více než 10 cm z důvodu maximálního omezení kontaktu se zemí (Příkryl et al., 2010).

U zrnových čiroků probíhá sklizeň sklízecí mlátičkou upravenou na vysoký řez, a to při vybarvených a lesklých zrnech. Poté je nutné dočištění a dosušení na vlhkost 15 % s následným pečlivým uskladněním, aby se zamezilo plesnivění semen. Zrna se suší za teploty 45–50 °C (Kára, 2005).

U čiroku na zelenou píce probíhá sklizeň pomocí sklízecích rezaček před metáním, zato u čiroku na siláž na začátku metání. První seč bývá v závislosti na počasí od konce června do poloviny července, druhá seč je v druhé polovině září. Výnosy sušiny dosahují až 30 t.ha⁻¹ (CZ Biom, 2011).

U čiroku na siláž je nejvhodnější začít sklízet při sušině nad 28 % (Adamčík et Tomášek, 2016).

U čiroku na energetické využití je nejvhodnější termín sklizně konec zimy (únor), až se rostliny částečně vysuší mrazem (CZ Biom, 2011).

U čiroku technického začíná sklizeň v době technické zralosti ručně. Laty musí být žluté a pružné. Čirok cukrový je nejvhodnější sklízet tehdy, když stébla dosahují voskové zralosti (Moudrý, 2011).

Petříková et al. (2006) označují za problémové posklizňové zbytky z důvodu jejich pomalého rozkladu a značně širokého poměru C:N.

3.6.5 Úroveň výnosu čiroku

Výnos ovlivňuje jak široké spektrum biotických i abiotických vlivů, tak i odrůda nebo hybrid čiroku. I přes nenáročnost čiroku se dosahuje vyšší výtěžnosti při ideálních pěstebních podmínkách (Reddy et al., 2004).

U čiroků na píce tvoří výnos stébla a listy, podíl laty je minimální, přičemž kvalitu biomasy ovlivňuje termín sklizně. S postupným dozríváním klesá podíl vodorozpustných sacharidů a dusíkatých látek a dochází ke snížení stravitelnosti. Dále také dochází k poklesu tuku, popele a hemicelulózy, naopak je zvýšeno množství vlákniny, sušiny a ligninu. Stravitelnost vlákniny čiroku je oproti většině pícevin vyšší (Příkryl et al., 2010).

Výnosy biomasy u čiroku cukrového jsou 45 až 75 t /ha o sušině až 35 %. U výnosu zrna existují značné rozdíly mezi jednotlivými pěstebními oblastmi, například v Itálii je uváděno 5,5 t/ha, v USA 3,5 t/ha a v Nigérii 1,4 t.ha⁻¹ (Adamčík et Tomášek, 2016).

Výnosy čiroku zrnového se pohybují mezi 5–6 t.ha⁻¹, přičemž v nejteplejších oblastech jsou výnosy porovnatelné s výnosem u kukuřice (Hermuth et Kosová, 2018).

Podle Moudrého et Kalinové (2004) čirok zrnový poskytuje za vhodných podmínek výnosy až 5 t/ha.

Podrábský (2019) uvádí výnosy zrna v rozmezí 6 až 11 t/ha.

3.7 Choroby a škůdci

Čirok je pěstován především v teplejších oblastech Afriky a Asie, kde se na něj adaptovalo množství fytopatogenních organismů. I když se většina těchto organismů z řad hub a bakterií u nás nevyskytuje, osivo dovezené z těchto oblastí by mohlo být potenciálním zdrojem zavlečení patogenů do České republiky (Kuthan, 2012).

Kucharek (1992) uvádí, že se u čiroků vyskytuje velké množství bakteriálních, houbových i virových onemocnění.

3.7.1 Virová a bakteriální onemocnění

Toler (1985) uvádí jako nejčastější virové choroby mozaiky, z nichž nejvýznamnější je podle něj virus mozaiky trpasličí kukuřice.

Podle ÚKZUZ (2016) patří mezi nejčastěji se vyskytující bakteriózy u čiroků komplex bakteriálních skvrnitostí. Z nich nejvýznamnější je bakteriální čárkovitost, kterou způsobuje *Xanthomonas campestris* pv. *Holcicola*. Tento patogen napadá všechny odrůdy čiroků, a to i plevelné druhy. Infekcí mohou být čiroky napadeny v průběhu celé vegetace. Jako další častější onemocnění čiroků uvádí bakteriální pruhovitost (*Pseudomonas andropogonis*) a bakteriální okrouhlou skvrnitost (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*).

Z bakterií je možný výskyt především rodů *Pseudomonas* a *Xanthomonas* způsobujících skvrnitost listů (Hermuth, 2012).

Hodoval et Pulkrábek (2013) u čiroku označují jako častého škůdce také *Bacillus sorghii*. U rostlin se napadení projeví intenzivnějším antokyanovým zbarvením. U listů, stébel a dokonce i kořenů se objeví na postižených místech skvrny.

3.7.2 Houbová onemocnění

V tradičních oblastech pěstování jako je Afrika určuje Hýsek et al. (2010) jako hlavní houbový patogen plíseň čirokovou (*Sclerospora sorghi*), která se řadí mezi oomycety

vyskytující se zvláště v subtropických oblastech. Plíseň široková tvoří na listech bílé až žluté pruhy, postupně hnědnoucí. Poté pletivo postupně odumírá. Na listech se také objevuje rez široková (*Puccinia purpurea* Cooke), která tvoří uredia s uredosporami na spodních stranách listů.

Mezi častá onemocnění způsobená houbami řadí Toler (1985) antraknózu.

V našich klimatických podmínkách nejvíce škodí antraknóza čiroku způsobená houbou *Colletotrichum sublineolum*. Napadá hlavně zrnové čiroky, ale může se vyskytnout i u ostatních odrůd. Antraknóza může snížit výnosy až o 20 %. Jelikož proti ní nejsou fungicidní prostředky, lze antraknóze zabránit jen dostačující hygienou půdy, protože přežívá na zbytcích porostu (Kuthan, 2010).

Mladé rostliny napadají a poškozují houby zejména rodu *Fusarium*, *Rhizoctonia* a *Phytium*. Jejich bakterie přezimují ve zbytcích napadených rostlin a na jaře poté infikují sazenice následujících rostlin (Moudrý, 2011).

V ČR vytváří největší škody na porostech čiroků houba *Colletotrichum graminicolum* D:J: Pollis, způsobující antraknózu. Možný je i výskyt houby *Ramulispora sorghi* (Ellis et Evert.) L.S.Olive et Lefebvre způsobující sazovitou pruhovitost, která je ale rozšířená více v Asii a Americe. Tato houba tvoří podlouhlé šedohnědé skvrny s červenými okraji (Petříková, 2006).

Méně významné jsou u čiroků choroby šedá skvrnitost listů způsobená *Cercospora sorghi* Ellis et Evert., helminthosporiová spála listů (*Helminthosporium turcicum* Pass.) a černá hniloba (*Rhizoctonia bataticola* (Taubenk.) E.J. Butler). Na osivu lze výjimečně nalézt houby rodů *Alternaria* Nees, *Trichoderma* Pers., *Fusicladium* Linford., *Fusarium* Link. a *Ascochyta* Lib (Hermuth et al., 2012).

Podle Kuthana (2012) se ve vlhké a chladné půdě často nalézají houby *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Phoma sorghina* a *Phoma terrestris*. Tyto houby poškozují vzházející rostliny.

Petříková et al. (2006) uvádí jako další vyskytující se choroby *Helminthosporium turcicum* Pass., *Ascochyta sorghina* Sacc. nebo *Fusicladium sorghi* Pass.

3.7.3 Sněti (stopkovýtrusné houby)

Z chorob se u rostlin čiroku nejvíce vyskytují sněti, proti nimž je nejúčinnější ochranou moření osiva (Moudrý, 2011).

Čiroky napadá několik rodů snětí, a to především krytá sněť čiroku (*Sphacelotheca sorghi* (Ehrenb. ex Link.) G.P. Clinton), přeměňující semeníky v chlamydospory a prašná sněť široková (*Sphacelotheca cruenta* (J.G.Kühn) Potter), jejímž působením snětivé rostlinky zakrňují. Sněti *Tolyposporium ehrenbergii* Kühn et Pot. a *Sorosporium holci-sorghii* (Pass.) Savil. přetvářející semeníky v masu chlamydospor lze nalézt především v tropických oblastech (Hermuth et al., 2012).

Květenství často napadá *Ustilago sorghi* neboli sněť semenná (Hodoval et Pulkrábek (2013).

Povolný (2016) uvádí, že súdánskou travu napadá krytá snětivost (*Sporisorium sorghi*), která poškozují obilky a mění je na šedé hálky pokryté tuhou blánou.

3.7.4 Živočichové

Čiroky jsou napadány hmyzem i vyššími živočichy. Mladý porost je často okusován drátovci (larvami kovařika) a larvami chrousta obecného poškozujícími především kořenový systém (Hýsek et al. 2010).

Hermuth et al. (2012) prohlašují, že je v USA významným škůdcem hlavně kvůli svému rychlému rozmnožování bejlomorka (*Stenodiplosis sorghicola*- Coquillet) napadající rostliny ve fázi kvetení. Výskyt tohoto škůdce bývá obvykle kalamitní a může porost i zcela zničit. Larvy i dospělci způsobují požery na listech i stéblech.

Podle Povolného (2016) patří mezi významné škůdce mšice, a to mšice střemchová (*Rhopalosiphum padi*), kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum*) a kyjatka osenní (*Sitobion avenae*), které napadají nadzemní části rostlin.

Kořeny vzházejících rostlin ožirají larvy muchnic (*Bibio spp.*). Larvy květilky všežravé (*Delia platura*) pronikají do klíčících obilek a způsobují zakrnění a odumírání mladých rostlin. Larvy tiplic (*Tipula spp.*) napadáním kořenů zapříčiňují vadnutí a následný úhyn rostlin. V teplejších oblastech napadají podzemní části rostlin larvy chroustů a chroustků (*Melolontha spp.*, *Rhizotrogus spp.*, *Am-phimallon spp.*) (Kára, 2005).

Jako méně významný škůdce čiroků je označován mravenec *Linepithema humilis* Mayr (Hermuth et al., 2012).

Kára (2005) uvádí, že v průběhu dozrávání způsobují škody na zrnech i ptáci.

V klimatických podmínkách ČR se mohou na porostech čiroků vyskytovat mšice přenášející různé choroby, jako je například virus mozaikovitě zakrslosti (Kuthan, 2010).

Podle Oliver et al. (2005) nejeví divoká prasata o porosty čiroků takový zájem jako o porosty kukuřice.

Hermuth et al. (2012) našli na lokalitě v Praze Ruzyni na porostech čiroků zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis* Hübner), s projevem známým z rostlin kukuřice. Na listech čiroku se taktéž vyskytla hladkoplodka obilná (*Colletotrichum graminicola* D. J. Pollis), houba tvořící nepravidelné skvrny s hnědou střední částí. Tato houba proniká do cévních svazků a tím narušuje transport živin a vody. Horní část rostlin se poté láme a usychá. Dále identifikovali i listové skvrny způsobené houbou *Alternaria* Nees. Tento rod se může rozšiřovat v podmínkách ČR z důvodu oteplování klimatu. Skvrnitost způsobená touto houbou může redukovat výnosy a tvořit rezervoár pro další rozšíření infekce. Rod *Alternaria* Nees. se může vyskytovat na zbytcích rostlin a snižuje především klíčivost.

Avšak podle Kuthana (2010) není čirok hostitelskou rostlinou pro zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*) či bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera virgifera*).

3.8 Ochrana porostu během vegetace

De Morais Cardoso et al. (2015) konstatují, že se v posledních letech celosvětově stále zvyšuje množství ploch osetých čiroky, a to i díky nízkému tlaku různých škůdců i chorob.

Koubová (2009) tvrdí, že zařazení čiroků do osevního postupu může narušit vývojový cyklus některých škůdců kukuřice, neboť rostliny jsou odolné například proti bázlivci kukuřičnému (*Diabrotica virgifera*) díky tvorbě kyseliny kyanovodíkové na kořenech mladých rostlin čiroků.

Aby se zamezilo napadení porostu čiroků snětí, považují Moudrý et Kalinová (2004) za nejlepší vhodně zvolit mořidlo osiva.

Podle O'Kennedy et al. (2006) se v současnosti výzkumné práce zaměřují především na výskyt *Sporisorium sorghi* a *Sphacelotheca reiliana*, které škodí i na porostech kukuřice.

Gangaiah (2008) doporučuje jako nejúčinnější zaměřit se na vývoj nových rezistentních odrůd, aby se zamezilo problémům s chorobami.

Hermuth et al. (2016) označují za největší problém z hlediska ochrany porostů čiroků zaplevelení. Je dokázáno, že hustotu plevelů, jakož i jejich druhové zastoupení ovlivňuje období hodnocení, výška rostliny, průměr stonku, ale i výnos a hmotnost tisíce zrn. Jako příklad uvádí Brazílii, kde je z hlediska zaplevelení největším problémem výskyt plevelů z čeledi laskavcovitých, lilkovitých, hvězdicovitých, slézovitých či šáchorovitých.

V podmínkách ČR Kuthan (2010) zmiňuje jako problémové zejména merlíky, laskavce, pcháče, svlačce a lebedy. Tyto druhy plevelů potlačují růst rostlin, následkem čehož snižují i výnos hmoty.

U pozdně setých čiroků je možno zlikvidovat vyskytující se plevele před setím mechanicky nebo též aplikováním herbicidů na bázi glyfosátu (Hermuth et al., 2012).

Kuthan (2010) doporučuje odstranit plevele mělkým plečkováním během vzcházení porostu a při počátečním růstu rostlin čiroků.

Dle Káry (2005) je důležité zajistit bezplevelný stav porostu v prvních 40–50 dnech po vzejití. Herbicid je nutné aplikovat ve fázi 3. až 4. listu.

3.9 Chemické složení zrna

Chemicky i výživovou hodnotou je čirok podobný kukuřici či rýži. Energetická hodnota při 100 g zrna se uvádí mezi 296,1 a 356,0 kcal (Martino et al., 2012).

Moudrý et Kalinová (2004) prohlašují, že čirok obsahuje 10 % proteinů, 3 % vlákniny a 2,8 % lipidů.

Podle Popescu et al. (2018) obsahuje čirok 73 g sacharidů, 3,2 g tuku, 2,3 g vlákniny, 27 mg Ca, 4,3 mg Fe a v menším množství také Cu, Ni a Mg. Z vitaminů obsahuje zejména vitaminy B, a to konkrétně thiamin, niacin a riboflavin. Množství tříslovin se odvíjí dle odrůdy. Obsah škrobu je kolem 70 %, přičemž amylosa tvoří 21–34 % a amylopektin 65–80 %. Množství bílkovin ovlivňuje hnojení dusíkem. Hnojením dochází ke zvýšení prolaminové frakce nazývané kafirin.

Otruby čiroku mají vysoký obsah vlákniny, zato ale nízký obsah bílkovin a popelovin (Ratnavathi, 2018).

Pro zrno je už podle Rooney et Clark (1968) typický obsah 85 % sacharidů, 10 % proteinů, 3,5 % lipidů a 1,5 % popelovin.

V oplodí a osemení se nalézají neškrobové polysacharidy, fenolické sloučeniny a karotenoidy. V endospermu se nalézá škrob, vitamíny skupiny B, bílkoviny a minerální látky. V embryu se nalézají tuky, vitamíny skupiny B i vitamíny rozpustné v tucích a také minerální látky (De Morais Cardoso, 2015).

3.9.1 Sacharidy

V rostlinách čiroku se sacharidy skládají ze škrobu, rozpustných cukrů, pentosanů, celulózy a hemicelulózy. Nejvyšší je obsah škrobu, zatímco obsah rozpustných cukrů je nízký (Serna-Saldivar et Rooney 1995).

Obsah sacharidů se pohybuje mezi 32 % až 72 % (Vila-Real et al., 2017).

Škrob označuje FAO (1995) za hlavní formu zásobních sacharidů v rostlinách čiroku.

Serna-Saldivar et Rooney (1995) dodávají, že je škrob primárním zdrojem energie pro klíčení.

Škrob se skládá z polymeru amylopektinu a polymeru amylosy (FAO, 1995).

Amylosu tvoří lineární řetězec glukózových jednotek spojených α -1,4 glykosidickou vazbou, oproti tomu amylopektin tvoří rozvětvený řetězec glukózových jednotek navzájem spojených α -1,4 a α -1,6 glykosidickou vazbou. Molekula amylopektinu je v porovnání s molekulou amylosy výrazně větší (Serna-Saldivar et Rooney, 1995).

Čirok obsahuje v průměru 70 % škrobu. 70 až 80 % tvoří amylopektin, 20 až 30 % amyulóza. Obsah rozpustných cukrů se pohybuje v rozmezí od 0,8 do 4,2 % (Jambunathan et Subramanian, 1988).

Rozpustné sacharidy čiroku jsou tvořeny ze 75 % sacharózou (Subramanian et al., 1980).

Podle Bhatia et al. (1972) obsah rozpustných a redukujících cukrů v průběhu zrání zrn postupně klesá. Množství volné glukózy činí 0,6 až 1,8 %, množství volné fruktózy 0,3 až 0,7 %. Množství vázané glukózy a fruktózy činí 0,7 až 1,2 %.

V čirocích se nalézají také neškrobové polysacharidy, a to především v perikarpu a buněčných stěnách endospermu. V zrně je jejich obsah od 2 do 7 %, podle odrůdy. Neškrobové polysacharidy v zrně tvoří primárně arabinoxylany a další β -glukany představující 55 % a 40 % celkového množství těchto polysacharidů (Dicko et al., 2006).

3.9.2 Vlákna

Vlákna je obsažena podílem 6 % až 15 %, z čehož je zastoupení nerozpustné vlákniny výrazně vyšší (75–90 %) než vlákniny rozpustné (10–25 %) (Vila-Real et al., 2017).

Léder (2004) popisuje čirok jako dobrý zdroj vlákniny, a to zejména nerozpustné (86,2 %). Nerozpustná vlákna čiroku zkracuje dobu průchodu potravy trávicím traktem a zabraňuje tím případným trávicím potížím.

Podle Serna-Saldivar et Rooney (1995) je obsah vlákniny nízký.

3.9.3 Bílkoviny

Primární bílkovinné frakce v zrnech jsou prolaminové a glutelinové. Prolaminy tvoří 77–82 % z celkového obsahu proteinů ($7-15 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), zbylou část tvoří albuminy, globuliny a gluteliny (De Moraes Cardoso et al., 2015).

Kafiriny, hlavní prolaminy čiroků, se dělí na tři hlavní třídy: α -kafiriny (66–84 %), β -kafiriny (8–13 %) a γ -kafiriny (9–21 %). Kafiriny jsou odolné vůči peptidáze, jelikož tvoří intramolekulární disulfidické vazby. Tvorba těchto vazeb může být hlavní příčinou nízké stravitelnosti bílkovin čiroků (Belton a kol., 2006).

S tímto tvrzením souhlasí Afify et al. (2012), podle nichž je celková stravitelnost bílkovin čiroku nižší než u ostatních obilovin, a to zvláště po vaření.

Klopfenstein et Hosney (1995) vymezují stravitelnost proteinů vařeného čiroku na 76,5 až 83 %.

V případě nutričních hodnot bílkovin jsou limitující aminokyseliny především lysin a threonin, dále veškeré sirmé aminokyseliny (Kulamarva et al., 2006).

Zvýšený obsah leucinu může ovlivňovat využití valinu a isoleucinu. Některé studie také označují zvýšený obsah leucinu v čiroku za možný faktor ve vývoji pellagry u populací, v jejichž stravě čirok převažuje (Salunkhe et al., 1977).

3.9.4 Lipidy

V čiroku je obsažen surový tuk více než u pšenice a rýže, a to přibližně 3 %. Podobně jako kukuřičný olej obsahuje vysokou koncentraci linolové kyseliny (49 %), olejové kyseliny (31 %) a palmitové kyseliny (14 %). Vosk nacházející se na perikarpu zrna obsahuje mastné aldehydy (46 %), mastné alkoholy (41 %), mastné kyseliny (7,5 %), estery sterolů (1,4 %), triacylglyceroly (1 %) a uhlovodíky (0,7 %) (Léder, 2004).

Hwang et al. (2004) považují za vhodnější používat termín lipidy s dlouhými řetězci, protože čirokový vosk prý obsahuje jen malé množství voskových esterů.

Podle Hargrove et al. (2004) smíšené alkoholy C24–C34, včetně oktacosanolu a triakontanolu, snižují množství LDL cholesterolu v krvi a zvyšují množství HDL cholesterolu, čímž tedy zlepšují poměr LDL / HDL v krvi.

Mastné alkoholy ve vosku lze klasifikovat jako polykosanoly neboli primární alkoholy s dlouhým řetězcem. Dle studií obsahují zrna zhruba 800 mg.kg⁻¹ polykosanolů a v zrnech destilovaných suchem se nachází zhruba 2500 mg.kg⁻¹ polykosanolů. Ve srovnání s ostatními zdroji polykosanolů (hnědá rýže, rýžové otruby či pšeničné klíčky) se jedná o vysoká množství. Z celkového množství polykosanolů tvoří octacosanol a triakontanol více jak 80 %. Co se týče lipidů s dlouhým řetězcem, zastupují 0,2–0,3 % zrna čiroku. U aldehydů se množství lipidů pohybuje od 44 do 55 %, u polykosanolů od 37 do 44 % a u kyselin od 4 do 5 % (Hwang et al., 2004).

3.9.5 Obsah vybraných prvků

Obsah popelovin a minerálních látek v znu Chan et al. (2007) vymezují na 1,3–3,3 %, přičemž z minerálních látek je nejvíce zastoupen fosfor, dále draslík a také hořčík.

Pontieri et al. (2014) vymezují obsah popela na 1,63 % až 2,90 %.

Podle Ivanišové (2009) je v čiroku značný obsah fosforu, hořčíku, zinku, železa, manganu, mědi, chromu a molybdenu.

Minerální látky se nalézají především v perikarpu, klíčku a aleuronové vrstvě (O’Kennedy et al., 2006).

V zrnech je obsažen vápník, draslík, hořčík a železo (Ratnavathi, 2018).

Čirok je významný zdroj železa a zinku. V porovnání s pšenicí a rýží je v tomto ohledu bohatším zdrojem (Chan et al., 2007).

Při porovnání minerálního složení sedmi hybridů čiroku pěstovaných v jižní Itálii stanovili Pontieri et al. (2014) množství draslíku a sodíku v rozmezí 3434,46 až 6957,67 mg.kg⁻¹, respektive 489,00 až 840,64 mg.kg⁻¹.

Dle posledních studií je poměr sodíku a draslíku ve stravě při značném prospěchu sodíku významným faktorem ve spojitosti se zvýšeným rizikem hypertenze a kardiovaskulárních chorob. Současná doporučení stanovují jako optimální poměr menší než 0,49. Vysoký poměr draslíku vůči sodíku ve vzorcích čiroku naznačuje potenciální zdravotní přínos zkoumaných hybridů u zdravotních problémů kvůli nadměrnému příjmu sodíku (Bailey et al., 2016).

Vápník a fosfor se v čiroku nachází v rozmezí od 233,8 do 411,8 mg.kg⁻¹, respektive od 2148,6 do 2963,4 mg.kg⁻¹. Za optimální poměr Ca : P ve stravě je považován poměr nad 1,0. Jelikož poměr u hybridů čiroku byl stanoven na zhruba 0,14, měl by být při velké spotřebě čirokové mouky suplementován vápník z důvodu udržení minerální a osmotické rovnováhy. U hořčíku byl obsah stanoven v rozmezí od 1454,9 do 2862,0 mg.kg⁻¹. U všech hybridů byl také stanoven vysoký obsah železa a zinku, u železa konkrétně od 39,36 do 77,03 mg.kg⁻¹ (Pontieri et al., 2014).

Analýzou 112 kultivarů a variet čiroku stanovili Badigannavar et al. (2016) obsah železa a zinku ve vysokém rozmezí, a to u železa od 1,10 až do 9,54 mg.100g⁻¹ a u zinku od 1,12 do 7,58 mg.100 g⁻¹.

Podle Reddy et al. (2005) semena s vysokým obsahem železa a zinku vykazují vyšší odolnost vůči chorobám a vyšší efektivitu využívání vody.

O'Kennedy et al. (2006) upozorňují, že se minerály v aleuronové vrstvě nachází většinou ve formě fytátů. Fytáty tvoří více jak 70 % celkového množství fosfátu v obilných zrnech a jsou špatně stravitelné, kvůli čemuž dochází k nedostatečnému příjmu minerálních látek i při konzumaci celých zrn.

3.9.6 Obsah vitaminů

Čirok je významným zdrojem vitaminů skupiny B, které se nachází v aleuronové vrstvě a klíčku. Obsahuje vitamin B1, B6, folacin (B9), kyselinu pantotenovou (B5, význam u metabolického zpracování živin a syntézy hormonů) a beta karoteny. Je také dobrým zdrojem tokoferolů (Léder, 2004).

Omondi et al. (2017) zkoumali obsah vitaminů skupiny B u čtyř variet čiroku. Obsah u niacinu byl stanoven na 0,2 až 6,65 mg.100 g⁻¹, u thiaminu na 0,1 až 1,49 mg.100 g⁻¹, u riboflavinu a pyridoxinu na 0,21 až 6,44 mg.100 g⁻¹, respektive 0,03 až 0,73 mg.100 g⁻¹.

Reddy et al. (2005) stanovovali obsah β -karotenu v zrnech. U zrn se žlutým endospermom byl stanoven obsah od 0,156 mg.kg⁻¹ do 1,132 mg.kg⁻¹. Oproti tomu v zrnech s odlišným zbarvením endospermu bylo stanovené jen stopové množství.

Afify et al. (2012) stanovovali obsah β -karotenu a vitamínu E v syrových zrnech. U β -karotenu byly stanoveny hodnoty 1,74 až 5,25 mg.kg⁻¹ a u vitamínu E 0,54 až 1,19 mg.kg⁻¹.

3.9.7 Obsah kyselin

Z biologicky cenných látek je významný obsah fenolických kyselin z důvodu jejich výrazných antioxidačních vlastností. V široku se nalézá protokatechová, hydroxybenzoová, kávová, vanilová, skořicová a ferulová kyselina. Co se týče aminokyselin, jejich složení v zrnech závisí na genotypu a také pěstitelských podmínkách. Genotypy s vysokým zastoupením lysinu mají i celkové složení aminokyselin nutričně příznivější (Hermuth et al., 2012).

3.9.8 Antinutriční látky

Podle Prugar et al. (2008) je vyšší množství antinutričních látek vázáno především na genotypy odrůd s hnědými obilkami.

Mezi antinutriční látky v širocích řadíme taniny (proanthokyanidiny) a některé další látky se schopností nepříznivě ovlivnit stravitelnost a příjem krmení (Popescu et al., 2018).

Zrno široku není vhodné do krmení pro mladou drůbež, jelikož může způsobit zpomalení růstu. Není vhodné také do krmení pro selata z důvodu jejich nedovyvinutého trávicího traktu. Všeobecně můžeme říci, že se snižujícím věkem zvířat omezujeme i obsah široku v krmivu (Hermuth et al., 2012).

Zdravotně rizikový obsah se může nacházet v mladých rostlinách, popřípadě v pomrzlých rostlinách. V mladých rostlinách je obsažen v zelené hmotě glykosid durin, z něhož je rozkladem uvolňován kyanovodík. Se stářím rostlin se množství durinu snižuje, po metání je už na nízké úrovni (Moudrý et Kalinová, 2004).

K antinutričním látkám v rostlinách široku se řadí i amorfní látka lignin a jeho štěpné produkty spadající do fenolických látek. Lignin obaluje fibrily celulóзовých a hemicelulóзовých polysacharidů. Obalením fibril způsobí horší stravitelnost, jelikož vytvoří bariéru mezi živinami a trávicími enzymy. Se stářím rostlin obsah ligninu výrazně narůstá (Koubová, 2009).

Ve spojitosti s touto problematikou je předmětem intenzivního šlechtění u všech odrůd jejich BMR (Brown MidRib) forma. BMR mutace způsobují nižší dřevnatění, vyšší stravitelnost a příjem sušiny přežvýkavci (Hermuth et al., 2012).

Podle Etuk et al. (2012) jsou v čiroku obsaženy zejména dvě významné antinutriční složky, a to tanin a dhurin. Polyfenolická sloučenina tanin se vyskytuje v zrnech, zatímco kyanogenní glykosid dhurin je převážně ve vzdušných výhoncích a klíčcích semen. Za další význačnou antinutriční látku označují autoři fytoovou kyselinu.

Ve všech odrůdách čiroku se vyskytuje větší či menší množství polyfenolických sloučenin, přičemž ve většině odrůd se vyskytuje pigment tvořený antokyaniny, anthokyanidiny nebo jinými flavonoidy způsobujícími červenou, hnědou či fialovou barvu zrn. Pigmenty se soustřeďují v oplodnění či v plevách, současně je ale možné jejich rozšíření do endospermu. Pigmentace je žádoucí u potravinářských výrobků, jakým je například africké neprůhledné pivo, oproti tomu nežádoucí je u výrobků, jako jsou čirokové mouky či kaše. Obecně může obsah polyfenolických sloučenin v rostlinách čiroku zaujímat více jak 100 g.kg^{-1} (Taylor et Dewar, 2001).

3.9.8.1 Durin

V čiroku se vyskytuje kyanogenní glykosid durin, představující riziko při použití rostlin jako pícniny. Vysoké množství vykazují mladé rostliny a rizikové jsou také pomrzlé rostliny, takže je nutné nekrmit pomrzlým porostem minimálně po deset dnů (Undersander, 2003).

Kyanogenní glykosidy se nalézají u většiny čirokových odrůd. Hlavní zástupce dhurrin se vyskytuje zejména v listech a také v klíčivých semenech. Dhurrin může tvořit 3–4 % celkové hmotnosti sušiny sazenice. V průběhu zpracování semen může docházet k uvolnění kyanidu. Tradičními způsoby zpracování, jako je sušení či sladování, je obsah kyanidu snížen na nulové hodnoty či výrazně snížen pod toxickou mez (Léder, 2004).

Podle Undersandera (2003) však existují výrazné rozdíly v množství durinu mezi jednotlivými odrůdami. V čiroku súdánském je obsaženo až o polovinu méně kyanovodíku oproti ostatním odrůdám. Nejvyšší množství durinu je uváděno u čiroku zrnového.

Moderní hybridy vykazují obsah durinu výrazně nízký, až zanedbatelný. I proto je čirok značně oblíben jako pastevní pícnina především v USA a Austrálii (Doležal et al., 2009).

Ve zralých zrnech je obsah durinu velmi malý, až zanedbatelný. Durin vzniká v počátečních fázích vývoje zrna, v průběhu procesu zrání se jeho množství ale postupně snižuje (Nielsen et al., 2016).

I mladé rostliny súdánské trávy obsahují durin, z něhož se může uvolňovat kyanovodík. Ve vzrostlých rostlinách je durin v malém množství, proto k otrávám dochází jen vzácně. Pro zvířata jsou doporučovány ke krmení rostliny v minimální výšce 18–20 centimetrů. Množství durinu v rostlinách se zvyšuje vysokými dávkami dusíkatých hnojiv (i hnoje). Tmavě zelené rostliny mají vyšší obsah durinu. V senu a siláži je oproti tomu obsažen jen málo, neboť se ve velké míře ztrácí během procesu konzervování. Riziko otravy hrozí při zapáření a následném uvolnění kyanovodíku (Undersander, 2003).

Mnoho významných plodin produkuje kyanogenní glykosidy jako přírodní obranný mechanismus před patogeny i škůdci. Jakožto sekundární metabolity na bázi dusíku pravděpodobně fungují i jako zásobní rezervy tohoto prvku (Blomstedt et al., 2016).

3.9.8.2 Taniny

Prugar (2008) zmiňuje jako negativní vlastnost rostlin široku obsah taninu (proanthokyanidinu) a jiných antinutričních látek ovlivňujících stravitelnost. Antinutriční látky se obvykle vážou na genotypy odrůd s hnědými obilkami. Stravitelnost široku se snižuje z důvodu reakce taninů s bílkovinnou frakcí.

Ratnavathi (2018) definuje taniny jako sekundární metabolity, které se řadí do skupiny polyfenolických látek. Nalézají se u hodně druhů rostlin s výjimkou hlavních obilovin jako rýže, pšenice a kukuřice. Mnohdy se i podílí na přírodním obranném mechanismu rostlin vůči patogenům a škůdcům.

Etuk et al. (2012) definují taniny jako polyfenolické heterogenní sloučeniny rozpustné ve vodě. Mají schopnost vysrážet želatinu a jiné bílkoviny z vodného roztoku. Jejich molekulová hmotnost se pohybuje obvykle v rozmezí 500–3000 Da. Pokud jsou ale taniny polymerovány za vzniku kondenzovaných nebo hydrolyzovatelných taninů, může molekulová hmotnost dosahovat až 40000 Da.

Vyskytují se ve vakuolách buněk rostlin a k jejich uvolňování dochází při napadení rostlin mikroorganismy - viry, bakteriemi či houbami. Uvolněním taninů se zabráňuje potenciální infekci tkání. Taniny se taktéž podílí na ochraně rostlin proti hmyzu a přežvýkavcům vytvářením komplexů s živočišnými bílkovinami, jako jsou bílkoviny bohaté na hydroxyprolin. Vytváření těchto komplexů způsobuje hořký a nepříjemný pocit, který odrazuje případné škůdce (Chávez-González et al., 2012).

Nielsen et al. (2016) poukazují na rozdílný obsah taninů mezi jednotlivými odrůdami. Tmavší odrůdy vykazují oproti světlejším odrůdám vyšší obsah taninů.

V lidské výživě je dle Awika et Rooney (2004) obsah tříslovin prospěšný, jelikož je tato vlastnost případně užitečná při snižování obezity.

Awika et Rooney (2004) označují taniny jako nejvýznamnější fytochemikálie v rostlinách široku pro jejich značné účinky na lidské zdraví. Rostliny široku jsou bohatým zdrojem tříslovin, fenolových sloučenin, antokyanů, fytosterolů a polikosanolů. Fenolové sloučeniny se uplatňují proti škůdcům a chorobám. Fytosteroly a polikosanolů se vyskytují převážně ve vosku a rostlinných olejích. Dané fytochemikálie mohou mít významný vliv na lidské zdraví. Čirokové frakce vykazují výraznou antioxidační aktivitu. Fenolové sloučeniny široku se dělí na dvě skupiny, a to na fenolové kyseliny a flavonoidy. Fenolové kyseliny jsou deriváty benzoové či skořicové kyseliny. Z flavonoidů jsou v rostlinách široku jako nejvýznamnější komponenty zastoupeny taniny a antokyany. V současnosti je v USA pěstováno 99 % široků bez obsahu taninů, zatímco v dalších světových oblastech běžných na škůdce a choroby

čiroku jsou pěstovány odrůdy s taniny, a to z důvodu jejich vyšší tolerance k těmto podmínkám oproti netaninovým odrůdám.

Oliver et al. (2005) poukazují na skutečnost, že pokud jsou čiroky s vysokým obsahem taninů konzervovány silážováním, je značně obtížné zachovat aerobní stabilitu silážované hmoty.

O'Kennedy et al. (2006) označují za nejúčinnější cestu ke snížení taninů v čiroku šlechtění. Za účinné taktéž považují odstranit osemení nebo upravit semena roztoky zásad. Použitím NPK hnojiv obohacených o mikroprvky (Mo, Mn, Fe, S a jiné) se rovněž zlepší nutriční kvalita zrn a sníží množství taninů.

Taniny se dělí do dvou hlavních skupin, a to na hydrolyzovatelné a kondenzované taniny. V rostlinách jsou široce rozšířené a lze je dále dělit dle struktury či reaktivity vůči hydrolytickým činidlům. Hydrolyzovatelné taniny z třídy pyrogallolu obsahují ester glukózy a chebulické, galické, ellagické, či m-digalické kyseliny. Kondenzované taniny jsou na bázi leukoanthocyanidinu a obdobných látek (Etuk et al., 2012).

Khanbabaee et van Ree (2001) rozřazují taniny do čtyř skupin, a to na kondenzované, komplexní, ellagitaniny a gallotaniny.

3.9.8.2.1 Hydrolyzovatelné taniny

Hydrolyzovatelné taniny jsou tvořeny centrálním jádrem ve formě vícesytného alkoholu a hydroxylovou skupinou, jež jsou esterifikovány gallovou kyselinou na gallontininy či hexahydroxydifenovou kyselinou na ellagotaniny. Hydrolyzovatelné taniny nejsou obsaženy v zrnech (Chung et al., 1998).

3.9.8.2.2 Kondenzované taniny

Kondenzované taniny neboli proantokyanidiny jsou tvořeny polymerizovanými jednotkami flavanolu a podílí se na trpké chuti potravin. Nalézají se v čiroku s pigmentovanou vrstvou osemení, ječmeni a prosu. Z této skupiny sloučenin se vyskytují v zrnech čiroku proanthokyanidin, polymer hydroxyflavonon-3-olu, a katechin (Dykes et Rooney, 2007).

Selle et al. (2010) rozdělují kultivary čiroku na tři kategorie podle genotypu a obsahu taninů. Typ I je bez pigmentovaného osemení i bez taninů, zato u typu II je pigmentovaná vrstva osemení obsahující kondenzované taniny. U typu III jsou kondenzované taniny v osemení i v perikarpu. Odrůdy bez obsahu taninů jsou dále děleny na beztaninové, nízkotaninové, bez kondenzovaných taninů a sladký čirok neboli sweet sorghum. Čiroky s vysokým obsahem taninů jsou agronomicky výhodné, neboť kvůli trpkosti zrn je u nich menší predace ptactvem. Také jsou lépe chráněny před houbami nebo hmyzem. Zatím není jasně prokázána souvislost

mezi barvou semen a obsahem taninů. Tmavší zrna sice obvykle obsahují vysoké množství taninů, oproti tomu ale tmavá zrna vykazují jen nízký obsah.

3.9.8.2.3 Komplexní taniny

Komplexní taniny jsou tvořeny katechiny či epikatechiny, které se vážají na gallické či ellagické kyseliny. Tyto vazby vznikají následkem reakcí katalyzovaných světlem, kyslíkem a teplem. Za typickou sloučeninu bývá označován katechin galát, v němž se vyskytují kondenzované i hydrolyzovatelné skupiny (Khanbabaee et Van Ree, 2001).

3.9.8.2.4 Gallotaniny

Gallotaniny patří k nejjednodušším hydrolyzovatelným taninům. Tvoří je galloylové či digalloylové jednotky esterifikované jádrem glukózy či polyvalentním alkoholem, kupříkladu glucitolem, chinovou kyselinou nebo shikimovou kyselinou. Jako nejtypičtější sloučeniny jsou z gallotaninů uváděny taninová kyselina a pentagalloylglukosa (Belmares-Cerda, 2004).

3.9.8.2.5 Ellagitaniny

Dle Khanbabaee et Van Ree (2001) jsou ellagitaniny estery hexahydroxydifenové kyseliny, které vznikají z gallotaninů oxidačním spojením minimálně dvou galloylových skupin. Název ellagitaniny se odvozuje od jejich spontánní transformace ve vodném roztoku v ellagickou kyselinu. Ellagitaniny jsou získávány hlavně z kmenů stromů, například kaštanů či dubů, ale také z keřů (třeba granátové jablko) nebo z ovoce (maliny).

Chávez-González et al. (2012) poukazují na studie prokazující prospěšné schopnosti ellagitaninů: snížení výskytu vrozených vad a rizika srdečních záchvatů, podpora hojení, předcházení vzniku rakovinných buněk či zastavení proliferace virů.

3.9.8.2.6 Interakce taninů se složkami potravy

Wang et Kies (1991) klasifikují taniny jako antinutriční faktory z důvodu schopnosti vazby s dietárními bílkovinami, vitaminy (thiamin, vitamin B6), minerály (železo) či také s trávicími enzymy.

V čiroku objevené oligomerní kondenzované taniny leukocyanidinové skupiny jsou inhibitory se schopností inaktivace řady enzymů. Tyto taninové inhibitory mají vliv na bakteriální, rostlinné i savčí amylázy (Strumeyer et Malin, 1969).

Podle Afify et al. (2012) má interakce taninů s proteiny čiroku za následek snížení stravitelnosti proteinů a škrobu, a to kvůli schopnosti vytvářet vysoké množství agregátů vedoucích k inhibici trávení škrobu a dalších živin. Nejvíce taninů vážou proteiny s vyšším obsahem prolinu.

Al-Mamariet et al. (2001) doplňují, že tvorba komplexů tanin-protein s trávicími enzymy ztěžuje využití makronutrientů. Studií in vivo efektů taninů čiroku na králících byla zjištěna inhibice aktivity amylázy, lipázy a trypsinu u králíků krměných čirokem. Zrna s vyšším obsahem taninů vykazovala inhibici amylázy o 37 %, trypsinu o 22 % a lipázy o 6 %. Zrna s nižším obsahem taninů vykazovala inhibici amylázy o 77 %, trypsinu o 56 % a lipázy o 43 %.

Wang et Kies (1991) také zjistili, že výskyt pellagry (onemocnění způsobené nedostatkem niacinu) narůstá s vyšším příjmem čiroku. Černý jazyk u psů (onemocnění podobající se pellagře) vykazoval výraznější nástup při krmení psů čirokem oproti krmení kukuřicí, a to i přesto, že se niacin nalézá v čiroku ve volné formě, zatímco v kukuřici ve vázané. I proto je zvažováno, že taniny v čiroku mají schopnost inhibovat vstřebávání i využití niacinu.

Zato dle jiné studie je čirok výborným zdrojem bioaktivních sloučenin s možnými příznivými účinky na zdraví člověka. Tato studie prokázala, že sloučeniny čiroku, a to zejména fenoly, příznivě ovlivňují změny parametrů souvisejících s civilizačními chorobami, jakými jsou například diabetes, hypertenze, obezita, kardiovaskulární onemocnění či dyslipidémie (De Moraes et al., 2015).

3.9.8.3 Fenolické látky

Fenolické sloučeniny se definují jako sekundární metabolity vytvářené rostlinami zpravidla v reakci na stresové stavy, například infekce, poranění nebo také UV záření. Tyto fytochemikálie se odvozují od fenylalaninu a tyrosinu a v rostlinách jsou všudypřítomné. Od jednoduchých molekul až po polymerované sloučeniny je výskyt těchto látek v rostlinách extrémně variabilní. Fenolické sloučeniny v rostlinách reprezentují fenoly, fenolické kyseliny, kumariny, flavonoidy, stilbeny, hydrolyzovatelné a kondenzované taniny a lignany s ligniny. Z důvodu negativního účinku taninů na stravitelnost bílkovin považovali výživoví odborníci polyfenoly za antinutriční látky. Jelikož se ale potvrdila antioxidační schopnost fenolických látek, vedou se nyní polemiky o potenciálních přínosech konzumace těchto fenolů pro zdraví člověka (Al-Mamariet et al., 2001).

Z fenolických sloučenin se obecně v čiroku nachází fenolické kyseliny, flavonoidy a taniny. Ve většině odrůd jsou obsaženy flavonoidy, zatímco fenolické kyseliny jsou obsaženy ve všech odrůdách. Fenolické kyseliny se nalézají především v perikarpu, osemeni a aleuronové

vrstvě, popřípadě endospermu. Kondenzované taniny se vyskytují výhradně u odrůd čiroku s pigmentovaným osemením (Chandrashekar et al., 2006).

3.9.8.4 Antokyany

Z flavonoidů jsou v čiroku významně zastoupeny antokyaniny, které v rostlinách přispívají k modrému, červenému nebo purpurovému zbarvení. Nejběžnější jsou kyanidin, malvidin, delphinidin, petunidin, pelargonidin a peonidin. Oproti běžným antokyaninům se antokyaniny čiroku vyznačují absencí hydroxylové skupiny v poloze 3 C-kruhu, z čehož se odvozuje jejich název 3- deoxyantokyaniny. Nejčastější 3-deoxyanthoyanidiny jsou apigeninidin zbarvený dožluta a oranžový luteolinidin. Z čiroku byly taktéž izolovány sloučeniny naringenin, apigenin, luteolin, katechin a kampferol (Dykes et Rooney, 2007).

3.9.8.5 Fytová kyselina

Podle Elkhilil et al. (2001) je nutriční kvalita čiroků určována hlavně jejich chemickým složením a přítomností antinutričních faktorů, k nimž se řadí také fytová kyselina (myo-inositol hexafosforečná kyselina). Fytová kyselina je v rostlinách všudypřítomná, nachází se především v zrnech obilovin a v luštěninách.

Fytová kyselina se nalézá v zrnech v podobě smíšených hořečnatých, draselných a vápenatých solí (fytinů či fytátů). Množství fytátu v čiroku i kukuřici je variabilní, v podstatě závisí na jednotlivých kultivarech (Duedu et al., 2003).

Fytová kyselina v interakci s proteiny, vitaminy i několika minerály způsobuje omezení biologické dostupnosti těchto látek (Elkhilil et al., 2001).

Fytát podle studie Duedu et al. (2003) výrazně snížil in vitro štěpení kaseinu i bovinního sérového albuminu pepsinem, což je podle pozorování z důvodu interakce fytátu s proteiny. Tento komplex je méně citlivý vůči enzymům.

3.10 Využití čiroku

Tuinstra (2008) konstatuje, že produkce čiroku roste v mírných oblastech Evropy, Austrálie a Ameriky. Produkce tu roste jednak z důvodu rozšířených možností použití obilnin v průmyslu (výroba etanolu) a v potravinářských výrobcích, ale především také jako alternativa produktů z obilnin pro celiaky. V závislosti na potřebách zpracování těchto produktů byly vyšlechtěny specifické odrůdy. Stoupá také zájem o čirok na výrobu bioplynu.

Ve střední Evropě stoupá zájem o pěstování čiroků, jednak kvůli oteplování, možnosti využití jako krmiva a využití v lidské stravě u bezlepkové diety. Sekvence aminokyselin toxické pro celiaky jsou přítomné v prolaminové frakci. Zastoupení jednotlivých frakcí bílkovin u zrn čiroku se liší podle jednotlivých genotypů. Čiroky zrnové vykazují oproti čirokům cukrovým nutričně příznivější složení těchto frakcí, konkrétně vyšší obsah albuminů a globulinů a nižší obsah prolaminů (Hermuth, 2010).

Podle Káry (2005) lze čiroky všestranně využít. Primárně pro lidskou výživu je využíván v Africe a Asii, zatímco v Evropě a Americe převažuje využití jako krmiva.

Ratnavathi (2018) uvádí, že čirok slouží především pro lidskou výživu, s výjimkou některých zemí (USA, Mexiko či Brazílie), kde se používá jako krmivo.

Zhruba 42 % z vypěstovaných čiroků je určeno pro lidskou výživu a 48 % pro krmné účely (De Moraes Cardoso et al., 2015).

Peerzada et al. (2016) dodávají, že může čirok do budoucna nahradit obiloviny v krmivech určených pro drůbež a mléčný skot.

Čiroky jsou využitelné i jako dobrý sušený materiál k aranžerství. Květenství čiroku se pro svou mohutnost velmi hodí k výzdobě velkých místností nebo hal. V letnickových či smíšených záhonech čiroky vytvoří výrazné dominanty (Nováková, 2004).

Čirok poškozený povětrnostními vlivy se dále použije v nápojích, obalových materiálech, průmyslových voscích a také v pivovarském průmyslu (Ratnavathi, 2018).

Moudrý et Kalinová (2004) uvádí, že čirok cukrový, čirok súdánský i jejich křížence je možné pěstovat jako plodinu na spalování biomasy. Produkce sušiny může dosahovat až 19,9 t/ha. Spalné teplo stébel je zhruba 17,9 MJ/kg suché biomasy.

Zelená píce, seno a také siláž čiroku cukrového a súdánského se svojí hodnotou z krmného hlediska podobají kukuřici (Hermuth et al., 2016).

Dojnice krmené siláží z čiroku spotřebují menší množství sušiny na rozdíl od dojníc krmených siláží z kukuřice a vojtěšky (Oliver et al., 2004).

Příkryl et al. (2010) doporučují dávkovat čirokové siláže do krmiva dojníc v množství 8 až 10 kg na den z důvodu pozitivního vlivu na mléčné složky.

Čirok zrnový lze používat do krmiv pro masný skot, protože poskytuje vysoké množství energie (Petr et Húska, 1997).

Čirok je vhodné zakomponovat do krmné dávky v oblastech, kde chybí degradovatelná vláknina, což je v dnešní době na celém území České republiky, s výjimkou výše položených oblastí (Hermuth et al., 2012).

U koní je možné uhradit až 30 % krmné dávky ve formě siláže z čiroku zrnového (Oliver et al., 2004).

3.10.1 Využití čiroku jako potraviny

Podle Awika et Rooney (2004) je pěstování čiroku ekonomičtější, neboť čirok má značnou schopnost překonávat stresové podmínky. Pro lidskou výživu je pěstováno z celkové produkce více jak 35 %, zbylá produkce je používána převážně jako krmivo a na průmyslové výrobky.

Kulamarya (2009) označuje čirok za bezpečnou obilovinu s vysokým potenciálem.

Čirok je významnou plodinou v subtropických a tropických oblastech Afriky, Asie a Střední Ameriky. V těchto oblastech je primárním zdrojem kalorií, proteinů a minerálních látek pro miliony lidí (Mohammed et al., 2011).

V některých oblastech Afriky dosahuje čirok až 70 % denního příjmu energie. V Africe se většina čiroku využívá k přípravě potravin a nápojů, tuhých či tenkých kašovitých látek, granulovaných potravin a piva (Dicko et al., 2006).

Čirok je bohatý na minerální látky, ale biologická dostupnost jednotlivých látek se velmi liší. U některých forem železa tvoří dostupnost méně než 1 %, zatímco u sodíku a draslíku tvoří dostupnost více jak 90 %. Stanovení konečné biologické dostupnosti ovlivňuje více faktorů. V čiroku jsou přítomny i antinutriční látky, konkrétně inhibitory trypsinu a amylázy, taniny a fytová kyselina. Tyto látky jsou známé svým vlivem na metabolismus proteinů, sacharidů a minerálních látek (Miller, 1996).

Obsah antinutričních látek je možné zdárně minimalizovat pomocí různých metod, například namáčením, klíčením nebo fermentací (Ali et al., 2009).

Osman (2004) u studie tří odrůd čiroku prokázal, že v průběhu 24hodinové fermentace došlo k výraznému poklesu množství taninů u všech tří odrůd, a to konkrétně u odrůdy Baidha o 35 %, u odrůdy Hamra o 31 % a u odrůdy Shahla o 15 %.

Podle Hassan et Tinnay (1995) přirozená fermentace těsta čiroku za teploty kolem 30 °C zapříčinila pokles obsahu taninů, a tím i tedy zvýšení nutriční hodnoty se současným zvýšením stravitelnosti proteinů a škrobu.

Na potravinářské účely jsou vybírány odrůdy obsahující malé množství taninů (Osman, 2004).

Podle Prugara et al. (2008) jsou na potravinářské využití vhodné především odrůdy čiroku se světlými zrny. Přímou je čirok používán na přípravu různých kaší či placek, v menší míře nahrazuje pšeničnou mouku. Nepřímou je čirok používán na výrobu škrobu či škrobových sirupů, v Jižní Americe a především v Africe je také používán na výrobu pivovarského sladu.

V potravinářství je čirok používán na výrobu sirupů, sladkostí, etanolu, alkoholických nápojů a také piva (Hermuth, 2010).

Čirok je konzumován ve formě fermentovaného chleba, kaše, vařených zrn či nealkoholických nápojů, jako jsou Sharboat, Abreh nebo Hulomor. Často je připravován jako pyré v kombinaci s masem i zeleninou (Abdelseed et al., 2011).

Klinickým testováním byla potvrzena možnost využití čiroku pro bezlepkovou dietu. Limit pro bezlepkovou dietu činí max. 10 mg gliadinů – prolaminů na 100 g. Výsledky prokázaly obsah prolaminů u sledovaných odrůd hluboko pod tímto limitem (Petr et al., 2003).

Podle Awika et Rooney (2004) je bílé zrno čiroku zpracováváno na mouku, včetně sušenek, jejichž popularita roste především v asijských státech. V USA v malém rozsahu nahrazuje pšenici u pacientů s celiakií.

Moudrý et Kalinová (2004) dodávají, že zrna čiroku zrnového jsou vhodná pro celiaky, přičemž výživovou hodnotou se shodují s rýží. Možné je i využití čiroku ve škrobárenském a lihovarnickém průmyslu.

3.10.2 Mouka z čiroku

Hlavním komponentem čirokové mouky je škrob. V mouce se nalézají celkem 40,85 % škrobu. Škrob jako takový tvoří hlavní roli při výrobě pekařských produktů. Velmi důležitý je poměr amylozy a amylopektinu. V mouce je obsaženo 25,66 % amylozy a 15,19 % amylopektinu, což ovlivňuje lepivost těsta. Do této vlastnosti je zahrnuta i viskozita a teplota (Istianah et al., 2018).

Zato Winger et al. (2014) stanovili u čtyř testovaných hybridů množství škrobu od 66,6 % do 72,6 % sušiny při množství amylozy od 20,2 % do 27,3 %. Množství proteinu bylo stanoveno od 8,61 % do 10,53 % sušiny.

U senzorických vlastností tvrdí Pagano (2006), že má čiroková mouka jemně sladkou a ořechovou chuť. Do bezlepkového pečiva je velmi dobrá kombinace čirokové mouky s fazolovými moukami, například s moukou z cizrny beraní nebo s moukou z fava fazolí.

Podle Kulamarva (2009) vykazuje zpracování mouky z čiroku několik nevýhod. Tradiční postup přípravy chleba je obtížný a pracný. Jelikož je čirok bezlepkovou obilninou, vykazuje horší reologické vlastnosti než pšenice, především u ohebnosti, rolovatelnosti a roztažnosti těsta. Reologické vlastnosti se popisují jako deformovatelnost, tok či praskání při namáhání a lze je využít při vybírání a specifikaci vhodných surovin.

Podle Hugo et al. (2003) je čirok vhodný do kombinovaných mouk. Čiroková mouka je oproti kukuřici a dalším tropickým obilovinám do kombinovaných mouk vhodnější, a to z důvodu nevýrazné chuti a také bílé barvy. Avšak z důvodu nízké schopnosti zadržovat vodu a zvýšené želatinizace škrobu poskytuje tato mouka sušší, tvrdší a zrnitější strukturu chleba i sušenek.

3.10.3 Chléb z čiroku

Bezlepkový čirokový chléb je chléb vyrobený ze směsi čirokové mouky a škrobu při množství čiroku minimálně 50 %. Klasický postup výroby zahrnuje zamíchání mouky a škrobu s vodou, tukem, cukrem, solí a kvasnicemi za vzniku hladkého těsta. Škrob zapříčiní snadnější a kompletní želatinizaci. Chléb je následně pečen v uzavřené nádobě kvůli ovlivnění tvaru a vzhledu (Onyago et al., 2011).

Čirokové chleby bez pšenice požadují stejně jako jakýkoli bezlepkový chléb jinou technologii přípravy. Bezlepková těsta jsou oproti pšeničným více tekutá, viskozitou se blíží spíše litým těstům. V těstu se také hůře drží plyn. K zajištění okluze plynu a stabilizačních mechanismů bylo navrženo použití stabilizátorů, gum a předželatinovaného škrobu. Příznivé účinky na vlastnosti těsta vykazuje též mléčný prášek (Cauvain, 1998).

Podle Schober et al. (2005) se čirokovým chlebem bez přidané pšenice zabýval jen skrovný počet studií. Převážná část z těchto studií použila další přísady jako methylcelulózu, karboxymethylcelulózu, xanthanovou gumu, pentozany z žita či sušené odstředěné mléko. Laboratorními pokusy s čirokem s obsahem zhruba 30 % kukuřičného škrobu autoři potvrdili, že lze vyrábět dobrý čirokový chléb bez jakýchkoliv těchto přísad. Dle těchto pokusů lze přidávkem kukuřičného škrobu a zvýšením obsahu vody (aby se dosáhlo nižší viskozity) dosáhnout vyššího objemu chlebů.

Taktéž Velázquez et al. (2011) uvádí, že se objem výrazně zvýšil navýšením poměru kukuřičného škrobu vůči mouce z čiroku, a to se současným navýšením podílu hydroxypropylmethylcelulózy kvůli zdokonalení retence plynu v průběhu fermentace a pečení. Při navýšení množství xanthanové gumy se naopak celkový objem snížil. Jednoduchý recept poskytuje zdravý chléb bez přidaných složek (například vejce či sušené mléko), které mohou potenciálně zapříčinit problémy u alergických osob.

Při měření pekařských vlastností je dle Schober et al. (2005) problémem u hodnocení nepšeničných chlebů to, že chybí dostatečné množství standardizovaných testů pečení. Při testování pšenice je uznávanou technikou standardizace hladiny vody, aby se dosáhlo konstantní konzistence těsta. Konzistence je dále měřena standardizovaným zařízením, kupříkladu Brabenderovým farinografem. Pro těsta bez obsahu lepku nejsou dané standardní metody pro měření konzistence.

K dosažení fixní konzistence bezlepkových těst je používán kuželový penetrometr pro regulaci vody. Následně je konzistence měřena počítačovým analyzátořem textury za pomoci vytlačovací síly. Daná metoda zajišťuje rychlé a přesné měření, taktéž jednoduchou manipulaci s daty (Sanchez et al., 2002).

Rysová et al. (2016) uvádí, že je možné do směsi bezlepkového chleba přidat mouku z bílých zrn v množství 60 % a více.

Podle Istianah et al. (2018) je ke zkvalitnění nutričních hodnot čirokové mouky používána fermentace. Fermentací vzniká modifikovaná čiroková mouka nazývaná mosof.

Stejná metoda je používána i u mouky z kasavy (manioku), kdy fermentací vzniká modifikovaná mouka nazývaná mocaf.

Mosof je oproti nefermentované čirokové mouce vhodnější do produktů, a to například z důvodu vyšší rozpustnosti škrobu a nižší schopnosti vazby vody. Mosof také obohacuje chlebové výrobky o bílkoviny, aminokyseliny (leucin, isoleucin, lysin a methionin), také snižuje množství akrylamidu zdokonalením textury a zvyšuje trvanlivost výrobků. Co se týče senzorické stránky, chlebové výrobky s mosofem hodnotí spotřebitelé jako chuťově příjemnější (Pranoto et al., 2013).

Oproti tomu ale Khalil et al. (1984) zjišťovali účinek fermentace na nutriční kvalitu chleba přípravou fermentované a nefermentované směsi. Účinek byl stanovován výpočtem rozdílu v koncentracích živin u obou chlebů. Podle jejich zjištění však fermentace významně neovlivnila složení živin, kromě malého navýšení množství vlákniny ve fermentovaném chlebu.

4 Materiál a metodika

4.1 Materiál

4.1.1 Charakteristika použitých druhů čiroku zrnového

4.1.1.1 Odrůda Arsenio

Odrůda Arsenio je nová středně raná odrůda vyšlechtěná v USA, poskytovaná společností KWS Osiva s.r.o. Barva zrna je bílá. Vykazuje se nízkým obsahem taninů. Tato odrůda je vysoce adaptibilní, odolná vůči chorobám. Rostliny jsou středně vysoké odolné vůči polehávání. Vykazuje se rychlým počátečním vývojem a tolerancí vůči stresovým podmínkám. Poskytuje vysoký výnos zrna.

4.1.1.2. Odrůda Nutrigrain

Odrůda Nutrigrain je velmi kompaktní odrůda s vysokým podílem laty. Barva zrna je bílá. Vykazuje se nízkým obsahem taninů. Rostliny jsou středně vysoké, odolné vůči polehávání. Tato odrůda se vykazuje vysokou stravitelností. Poskytuje střední úroveň výnosu.

4.2 Metodika

4.2.1 Charakteristika stanoviště Chodouny-Lounky

Jelikož nebylo možné použití čiroku z pokusných ploch výzkumného pracoviště FAPPZ Červený Újezd z důvodu nedozrání zrn, byl použit čirok (konkrétně odrůdy Arsenio a Nutrigrain) z pěstebních ploch soukromého zemědělce v obci Lounky. Plochy se nachází v katastru obce Lounky (část obce Chodouny) v okrese Litoměřice, na 50°28'46" severní šířky a 14°14'24" východní délky, prakticky na břehu řeky Labe. Průměrná nadmořská výška je udávána 160 m n. m. Plochy jsou řazeny do řepářské výrobní oblasti. V této lokalitě je půdním typem fluvizemě, převážně na rovině se všesměrnou expozicí, celkovým obsahem skeletu do 10 % a sklonem 0 – 3°. Půdotvorný substrát tvoří koluviální a nivní sedimenty. Půdy jsou hluboké hloubkou od 60 cm, bezskeletovité, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité. Vykazují se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení. Nevykazují náchylnost k vysychání či zamokření. Tyto půdy jsou nevhodné k zatravnění nebo zalesnění. Ohroženost utužením a potenciální ohroženost větrnou erozí jsou nízké. Lokalita Lounky se řadí do prvního klimatického regionu, rozšířeného v nejsušší oblasti Čech (Žatecko, Mostecká pánev aj.). První klimatický region je popisován jako teplý a suchý. Pro ráz klimatu je charakteristické dlouhé léto, teplé a suché, krátké přechodné období s mírně teplým jarem i podzimem. Zima je krátká, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové

pokrývky (v průměru 32 dní se sněhovou pokrývkou za rok). Průměrná roční teplota činí 8 – 9 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí pod 500 mm. Pravděpodobnost suchých vegetačních období činí 40 – 60 %. Nejvíce srážek je v červenci a srpnu (v průměru 65 mm), nejméně v lednu a únoru (v průměru 20,5 mm). Průměrná doba slunečního svitu činí 1577 hodin za rok, za vegetační období 1112 hodin. V květnu 2020, tedy v termínu výsevu čiroku, činilo průměrné množství srážek 54 mm a průměrná teplota činila 14 °C. Za měsíc červen činilo průměrné množství srážek 61 mm a průměrná teplota činila 17,4 °C. Za měsíce červenec a srpen činilo průměrné množství srážek 65 mm a průměrná teplota činila 19,8 °C. V září činilo průměrné množství srážek 41 mm a průměrná teplota činila 15,1 °C. V říjnu, kdy byl čirok sklizen, činilo průměrné množství srážek 31 mm a průměrná teplota činila 8,8 °C.

4.2.2 Metodika pečení chleba z čirokové mouky

Pekařský experiment proběhl z důvodu pandemie v domácích podmínkách, a to konkrétně v místě bydliště autorky práce (Kalivody, okres Rakovník). K přípravě mouky na chléb byly použity vzorky odrůd Arsenio a Nutrigrain vypěstovaných v soukromém hospodářství v lokalitě Chodouny-Lounky. Jako standardní kontrolní varianta byla použita běžně dostupná čiroková mouka značky Natural Jihlava. Nejdříve byly ze zrn odrůd Nutrigrain a Arsenio namletím v potravinářském mlýnku připraveny čirokové mouky.

Pro samotné pečení chlebů byla použita metodika od Schober et al. (2005). V metodice byl použit tento poměr: čiroková mouka 70, škrob 30, voda 105, sůl 1,75, cukr 1 a droždí 2. V přepočtu na gramy bylo použito na jednotlivá těsta 174 g mouky, 75 g škrobu, 260 ml vody, 4,3 g soli, 2,5 g cukru a 5 g droždí. Droždí bylo smícháno s vodou o teplotě 30 °C a nechalo se od stát, dokud nevzešel zhruba za 10 minut kvásek. Ostatní ingredience byly odváženy, smíchány a následně dřevěnou vařečkou zamíchány se vzešlým kváskem. Vzniklé těsto, tekutější v porovnání s běžným těstem na chléb, bylo rozděleno na dva díly o hmotnosti 222 g a nalito do formy o rozměrech 20x11,5x5 cm. V této formě proběhlo následné kynutí, a to 30 minut při konstantní teplotě 22 °C (obr.1, 2 a 3). Uvedený postup proběhl u všech tří variant.



Obrázek 1 a 2 Kynutí těst (zleva: Arsenio a Nutrigrain)



Obrázek 1 Kynutí těst (kontrolní čiroková mouka)

Následně byla těsta ve formách vložena do vyhřáté trouby a pečena na 190 °C po 45 minut. Poté byly hotové chleby vyjmuty z trouby a vychlazeny na pokojovou teplotu přibližně 1 a půl hodiny (obr.4).



Obrázek 4 Hotové chleby v pořadí kontrola, Arsenio a Nutrigrain

4.2.3 Stanovení specifického objemu širokého chleba

U hotových, vychlazených chlebů byl následně stanoven objem pomocí hořčičného semene, kdy byla stanovena změna objemu semene odpovídající objemu jednotlivých chlebů. Dané objemy byly měřeny s pomocí odměrného válce o objemu 100 ml. Jednotlivé chleby byly zváženy s přesností na dvě desetinná místa. Chleby byly posléze rozděleny na dvě poloviny a byla změřena výška jednotlivých chlebů. Na základě podílu objemu a hmotnosti byl spočten specifický objem jednotlivých chlebů.

4.2.4 Statistická analýza

Hodnocení bylo provedeno pomocí programu STATISTICA 12. K analýze dat byla použita jednofaktorová ANOVA. Pro zhodnocení byl použit Tukeyho test, při hladině významnosti $\alpha=0,05$.

4.2.5 Metodika vyhodnocování chlebů

Senzorické hodnocení proběhlo pomocí dotazníku (viz příloha 1). Byl hodnocen celkový vzhled, vůně, chuť, textura a celkový dojem. Hodnotitelům byl ponechán prostor i pro poznámky a připomínky. Při hodnocení chuti a celkového vzhledu se použila čtyřbodová stupnice, u zbylých ukazatelů pětistupňová. Nejnižší hodnota 1 značila nejlepší hodnocení, nejvyšší hodnota 4 (nebo 5) značila nejhorší hodnocení.

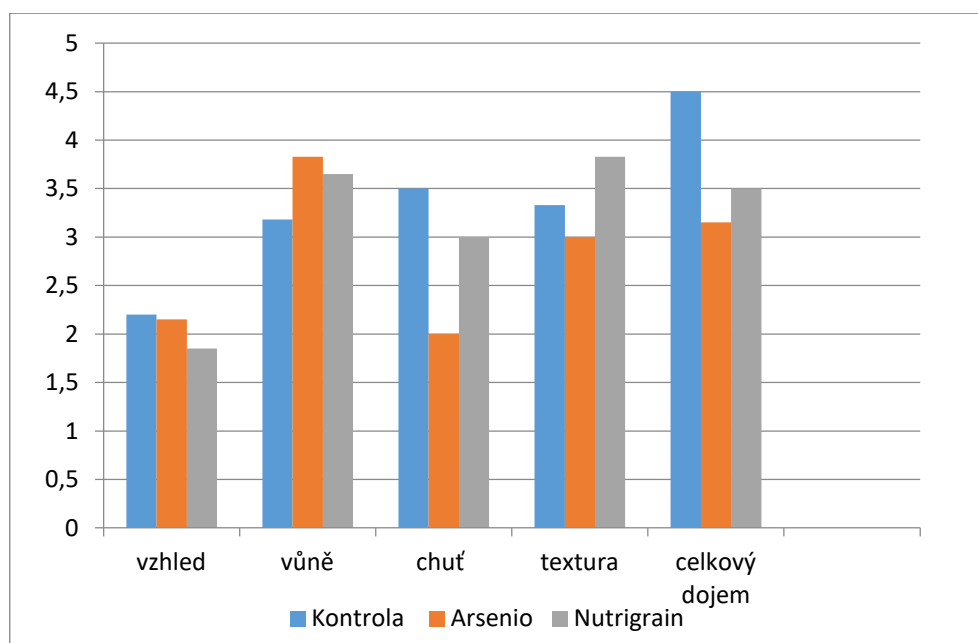
5 Výsledky

5.1 Vyhodnocení chlebů

Degustace a hodnocení jednotlivých chlebů probíhaly v domácím prostředí hodnotitelů nebo autorky. Hodnotitelé byli ženy i muži ve věku 26-87 let. Celkem se zúčastnilo hodnocení 40 osob. Chleby byly nejprve nakrájeny na plátky. Po vysvětlení postupu vyplňování dotazníku byly podávány hodnotitelům. Následovalo samotné sensorické hodnocení. Byl hodnocen celkový vzhled, vůně, chuť, textura a celkový dojem. Hodnotitelům byl ponechán prostor pro poznámky. Při hodnocení chuti a celkového vzhledu se použila čtyřbodová stupnice, u zbylých ukazatelů pětistupňová. Nejnižší hodnota 1 značila nejlepší hodnocení, nejvyšší hodnota 4 (nebo 5) značila nejhorší hodnocení. Výsledky hodnocení byly zpracovány v programu MS Excel 2016.

5.2 Hodnocení chlebů

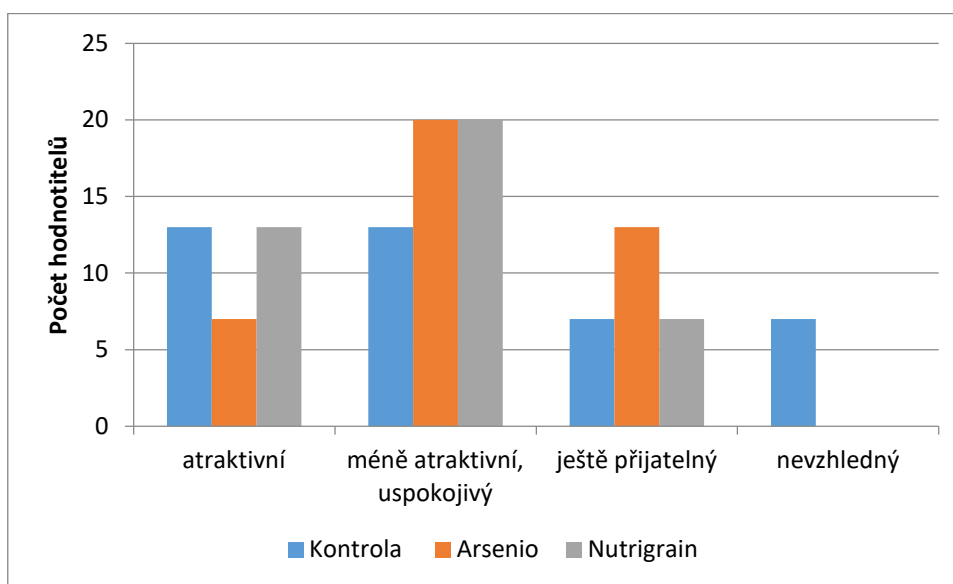
Celkové porovnání na základě hodnocení ze sensorické zkoušky bylo zpracováno sečtením všech odpovědí u každé stupnice a spočítáním průměru. Jako nejlepší téměř ve všech faktorech byla hodnocena odrůda Arsenio, a to konkrétně v chuti, textuře a celkovém dojmu. Tato odrůda však byla hodnocena jako nejhorší u faktoru vůně. Jako nejhorší téměř ve všech faktorech byla hodnocena kontrolní čiroková mouka značky Natural Jihlava, a to konkrétně ve vzhledu, chuti a celkovém dojmu. Kontrolní čiroková mouka však byla hodnocena jako nejlepší u faktoru vůně. U faktoru vzhledu byla nejlépe hodnocena odrůda Nutrigrain (graf 2).



Graf 2 Srovnání chlebů na základě průměrného počtu bodů z hodnocení

5.2.1 Hodnocení celkového vzhledu

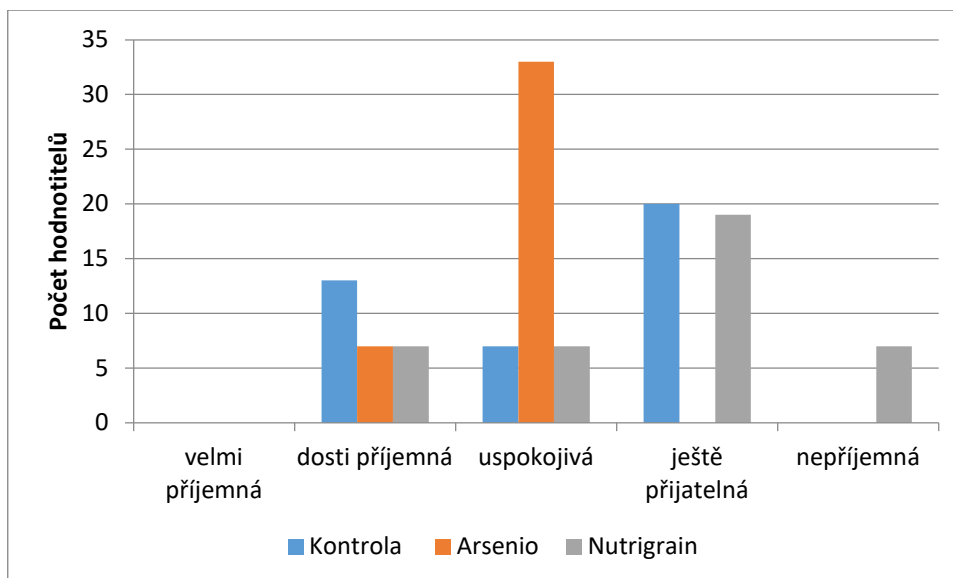
Při hodnocení celkového vzhledu se názory hodnotitelů velmi lišily. Celkový vzhled byl nejlépe hodnocen u chleba z odrůdy Nutrigrain, těsně následovaný chlebem z odrůdy Arsenio. Chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava byl celkově vyhodnocen jako nejhorší, přičemž byl hodnotiteli vzhled označen ve velkém rozptýlu od atraktivního až po nevzhledný (graf 3).



Graf 3 Hodnocení celkového vzhledu u jednotlivých chlebů

5.2.2 Hodnocení vůně

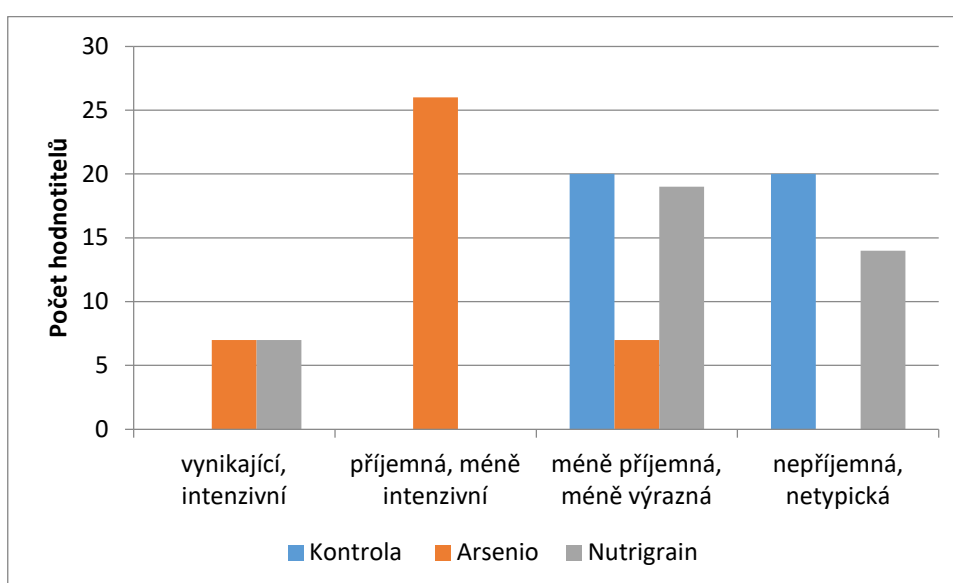
Vůni chleba z kontrolní čirokové mouky označila polovina hodnotitelů ještě přijatelnou, zatímco druhá polovina hodnotitelů označila tuto vůni za dosti příjemnou až uspokojivou. Vůni chleba z odrůdy Arsenio označila většina hodnotitelů za uspokojivou, ostatní hodnotitelé označili danou vůni za dosti příjemnou. Vůni chleba z odrůdy Nutrigrain označilo nejvíce hodnotitelů za ještě přijatelnou, avšak tato vůně byla označena i od dosti příjemné až po nepříjemnou (graf 4).



Graf 4 Hodnocení vůně u jednotlivých chlebů

5.2.3 Hodnocení chuti

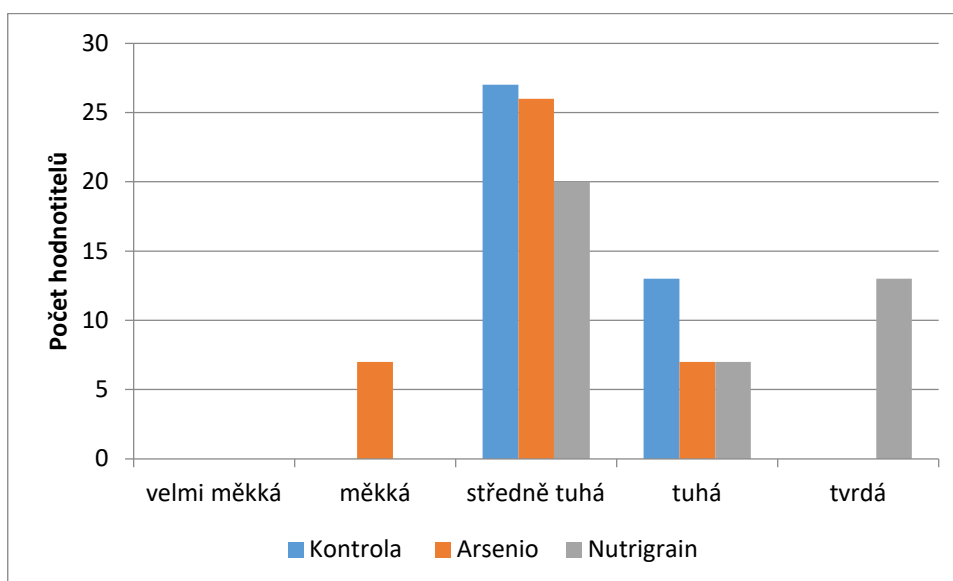
Nejlépe byl hodnocen chléb z odrůdy Arsenio. Chuť této odrůdy byla nejvíce hodnocena jako příjemná a méně intenzivní. Nejhůře byl vyhodnocen chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava. Polovina hodnotitelů označila tuto mouku za méně příjemnou a méně výraznou v chuti, druhá polovina hodnotitelů ji označila za nepříjemnou a netypickou v chuti. U chleba z odrůdy Nutrigrain většina hodnotitelů označila chuť za méně příjemnou a méně výraznou nebo nepříjemnou a netypickou, avšak 7 hodnotitelů označilo chuť za vynikající a intenzivní (graf 5).



Graf 5 Hodnocení chuti u jednotlivých chlebů

5.2.4 Hodnocení textury

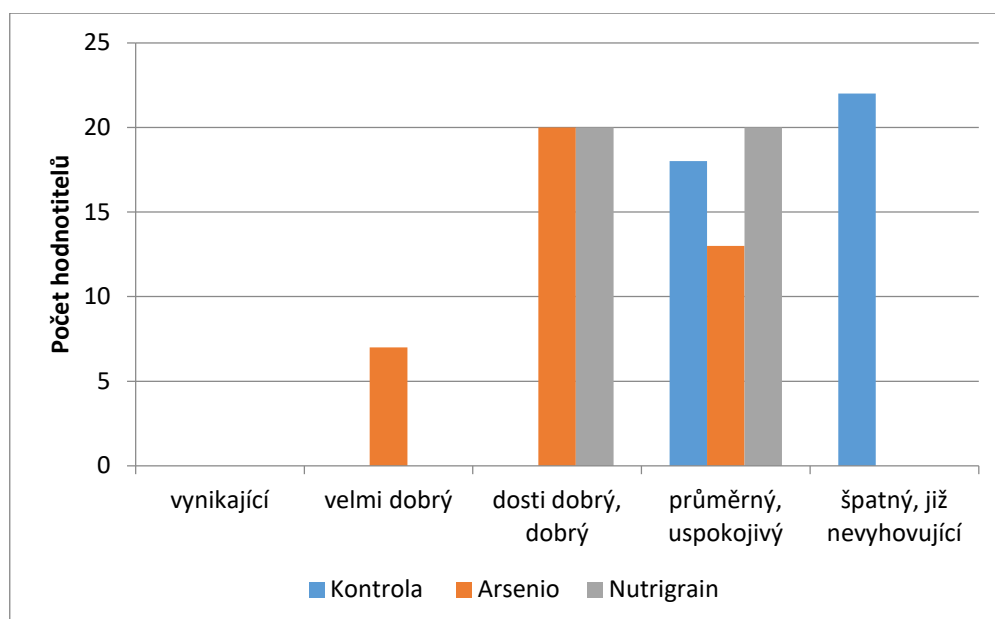
Nejlépe byla hodnocena textura chleba z odrůdy Arsenio, kde většina hodnotitelů označila danou texturu za středně tuhou. Nejhůře byla hodnocena textura chleba z odrůdy Nutrigrain, kde polovina hodnotitelů označila danou texturu za středně tuhou a druhá polovina hodnotitelů za tuhou až tvrdou. U kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava byla textura označena většinou hodnotitelů jako středně tuhá (graf 6).



Graf 6 Hodnocení textury u jednotlivých chlebů

5.2.5 Hodnocení celkového dojmu

Při hodnocení celkového dojmu byl hodnotiteli označen jako nejlepší chléb z odrůdy Arsenio, který byl většinou hodnocen jako velmi dobrý až dosti dobrý, dobrý. Chléb z odrůdy Nutrigrain byl polovinou hodnotitelů označen jako dosti dobrý, dobrý a druhou polovinou hodnotitelů označen jako průměrný, uspokojivý. Jako nejhorší byl hodnotiteli označen chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava, který byl hodnocen jako průměrný, uspokojivý až špatný, nevyhovující (graf 7).



Graf 7 Hodnocení celkového dojmu u jednotlivých chlebů

5.2.6 Hodnocení volným popisem

Většina hodnotitelů popsala chleby jako drobné a dost suché, s tím, že by zkusili jinou recepturu. Polovina hodnotitelů navrhla chleby dochutit kořením, aby se dosáhlo lepší chuti. Podle několika hodnotitelů byly chleby silně cítit po droždí. Většina hodnotitelů označila čirokové chleby za zajímavý experiment, který by se po zdokonalení receptury mohl v budoucnu prosadit v odvětví bezlepkového pečiva. Podle většiny hodnotitelů by ale také ovlivnila výběr cena výsledného produktu.

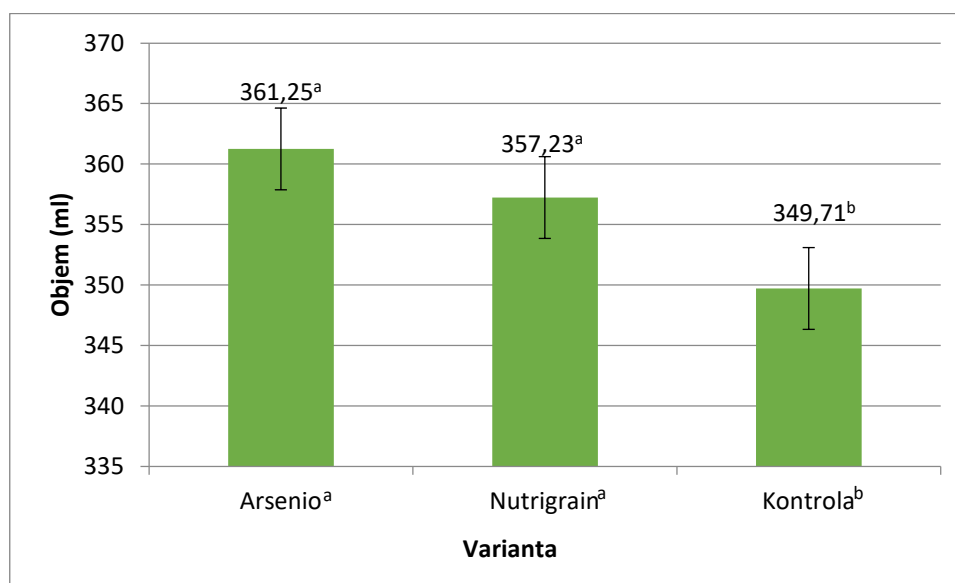
5.3 Vyhodnocení vlivu odrůd na vlastnosti chleba

Tabulka 1: Průměrné hodnoty (\pm SD) objemu, hmotnosti, výšky a specifického objemu jednotlivých chlebů dle odrůdy (při hladině významnosti $\alpha = 0,05$)

Varianta	Objem (ml)	Hmotnost (g)	Výška (mm)	Specifický objem ($\text{ml}\cdot\text{g}^{-1}$)
Arsenio	$361,25^a \pm 3,01$	$181,9^b \pm 0,08$	$31^a \pm 0,73$	$2,02^a \pm 0,01$
Nutrigrain	$357,23^a \pm 1,30$	$179,87^b \pm 0,12$	$30,25^a \pm 0,41$	$1,99^b \pm 0,01$
Kontrola	$349,71^b \pm 1,12$	$188,09^a \pm 0,32$	$30,1^a \pm 0,43$	$1,78^c \pm 0,02$

5.3.1 Objem chlebů

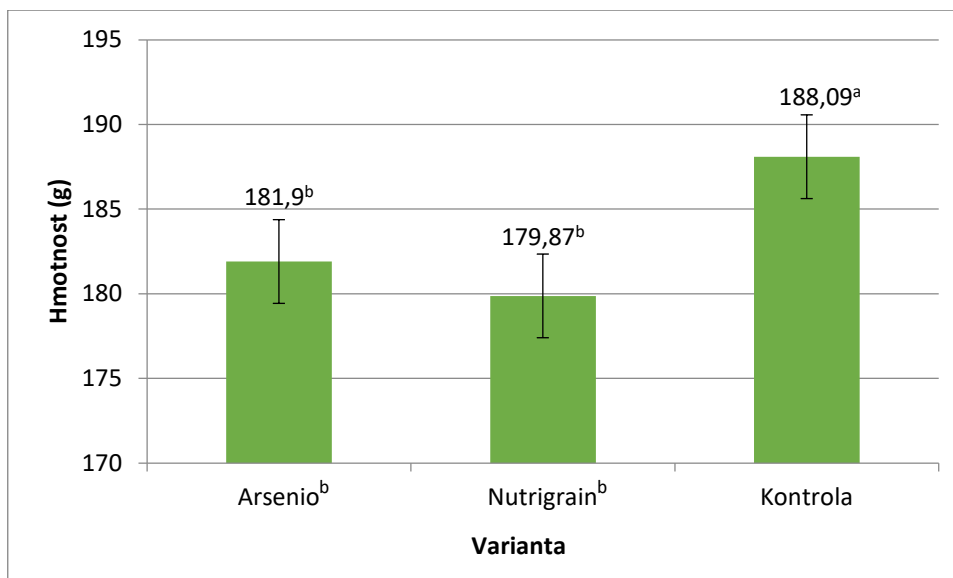
Nejvyšší objem (361,25 ml) měl chléb z odrůdy Arsenio. Chléb z odrůdy Nutrigrain měl objem 357,23 ml. Mezi objemy chlebů z odrůd Arsenio a Nutrigrain nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Nejnižší objem (349,71 ml) měl chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava. Mezi objemem chleba z kontrolní čirokové mouky a objemy chlebů z odrůd Arsenio a Nutrigrain byl prokázán statisticky významný rozdíl (graf 8).



Graf 8 Objem pečiva v závislosti na variantách

5.3.2 Hmotnost chlebů

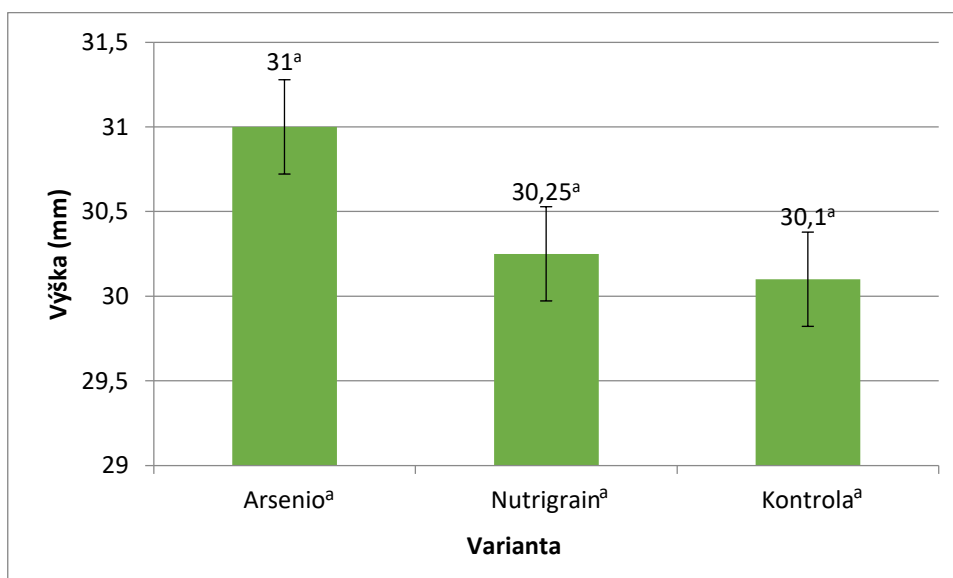
Nejvyšší průměrnou hmotnost 188,09 g měl chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava. Hmotnost chleba z kontrolní čirokové mouky byla prokázána jako statisticky významně vyšší než hmotnost chlebů z odrůd Arsenio a Nutrigrain. Chléb z odrůdy Arsenio měl průměrnou hmotnost 181,9 g. Chléb z odrůdy Nutrigrain měl nejnižší průměrnou hmotnost 179,87 g (graf 9).



Graf 9 Hmotnost jednotlivých chlebů dle odrůdy

5.3.3 Výška chlebů

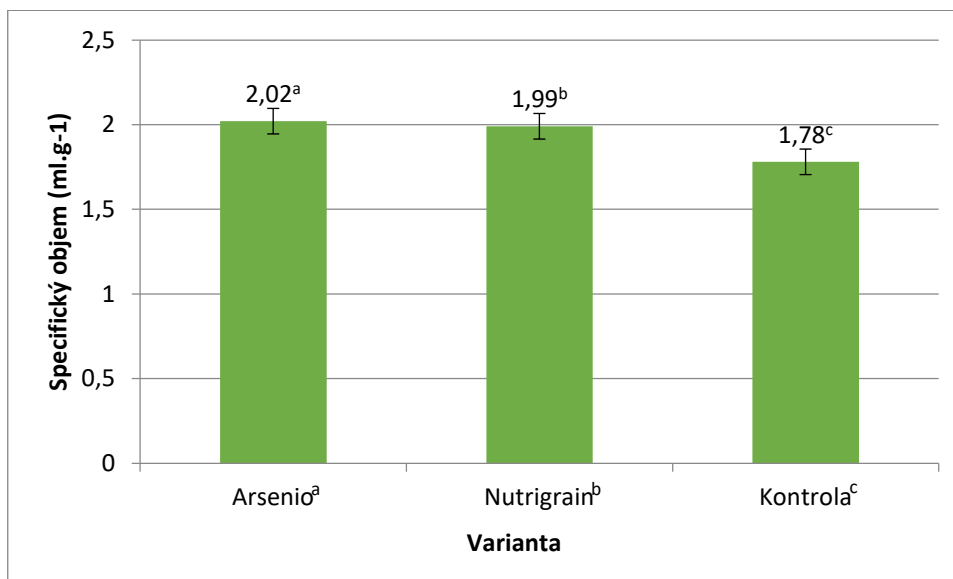
U průměrné výšky chlebů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými odrůdami. Nejvyšší průměrnou výšku 31 mm měl chléb z odrůdy Arsenio. Nejnižší průměrnou výšku 30,1 mm měl chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava (graf 10).



Graf 10 Výška jednotlivých chlebů dle odrůdy

5.3.4 Specifický objem chlebů

Specifický objem jednotlivých chlebů byl stanoven na základě podílu objemu a hmotnosti. Nejvyšší průměrný specifický objem $1,99 \text{ ml.g}^{-1}$ měly shodně chleby z odrůdy Arsenio a Nutrigrain. Nejnižší průměrný specifický objem $1,86 \text{ ml.g}^{-1}$ měl chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava. Specifický objem odrůd Arsenio a Nutrigrain byl prokázán jako statisticky významně vyšší než specifický objem kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava (graf 11).



Graf 11 Specifický objem jednotlivých chlebů dle odrůdy

5.4 Obsah taninů

Obsah taninů u odrůd Arsenio a Nutrigrain byl stanoven v akreditované laboratoři LABORATOŘ POSTOLOPRTY s.r.o. Před samotnou laboratorní analýzou byly pro jednotlivé odrůdy vytvořeny směsné vzorky ze čtyř opakování každé pokusné varianty. Výsledky analýzy jsou uvedeny s nejistotou měření vyjádřenou jako rozšířená nejistota s koeficientem rozšíření $k=2$, při hladině významnosti 95 %. Uvedené nejistoty nezahrnují nejistotu vzorkování. Výsledky laboratorní analýzy byly posléze vyhodnoceny v programu STATISTICA verze 12 pomocí testu Anova Tukey HSD test.

Odrůda Arsenio obsahovala 0,092 % taninů. Odrůda Nutrigrain obsahovala 0,098 % taninů. Mezi odrůdami Arsenio a Nutrigrain byl prokázán statisticky významný rozdíl.

Tabulka 2 Statistické vyhodnocení průkaznosti rozdílu v množství taninů jednotlivých odrůd čiroku při hladině významnosti $\alpha = 0,05$

Odrůda	Množství taninů v %	Statisticky průkazný rozdíl
Arsenio	0,092	****
Nutrigrain	0,098	****

(**** v různých sloupcích značí existenci statisticky významného rozdílu)

(popis statistiky: $P\check{C} = 0,0000$, $sv = 8,00$)

6 Diskuze

6.1 Hodnocení čirokových chlebů

Čirokové chleby byly ohodnoceny většinou průměrně. Hodnotitelé (v počtu 40 zúčastněných) oceňují výrobky jako zajímavý experiment a možnou inovaci na trhu s bezlepkovými produkty. U chlebů nebyla příznivě hodnocena chuť a zejména textura, která hodnotitelům připadala výrazně drobivá a suchá. Několik hodnotitelů také zmínilo, že je v chlebech více cítit droždí. U faktoru chuti je potenciálně možné přidání různých druhů koření, popřípadě jiných dochucovadel. Faktor textury mohl být zapříčiněn použitím čisté čirokové mouky bez lepku, aniž by byla použita jiná surovina nahrazující vlastnosti lepku. Dle Ray et Rosell (2016) je příčinou horší textury nedostatek viskoelasticity. Je tedy potřeba dodat surovinu nahrazující vlastnosti lepku v pečivu. Dle Coelho et Salas-Mellado (2015) může být takovou surovinou například chia semínko, které váže značné množství vody, čímž zvětší objem chleba a způsobí jeho pomalejší tvrdnutí. Jako náhražka lepku může být použito i dýňové a lněné semínko, popřípadě xantan. Xantan také váže vodu, zvýší elasticitu těsta a zpevní jeho strukturu.

S ohlédnutím na dochucení a zlepšení struktury by mohly mít čirokové chleby vysoký potenciál nejen na trhu s bezlepkovými produkty, ale i pro běžné spotřebitele jako zpestření jejich stravy. Významným faktorem je taktéž cena. Pro většinu hodnotitelů a zejména pro starší hodnotitele (věková kategorie 60 let a více) by byla důležitá konečná cena výsledného produktu. Bezlepkové pečivo je totiž v porovnání s běžným pšeničným výrazně dražší, cena za 1 kg bezlepkového chleba je od 110 do 300 Kč v závislosti na složení a značce, zatímco cena za 1 kg běžného chleba je od 30 do 60 Kč v závislosti na složení a značce. Vyšší pěstování čiroku v České republice by mohlo ovlivnit cenu výsledného produktu, jelikož má čirok minimální vstupní náklady (v porovnání například s kukuřicí) a doprava by oproti dovozu ze zahraničí byla taktéž levnější.

6.2 Vyhodnocení hypotéz

Byly stanoveny dvě hypotézy. Hypotéza č. 1 uvádí, že běžně dostupná čiroková mouka bude mít nižší preference ve srovnání s odrůdami zrnového čiroku vypěstovanými na FAPPZ. Na základě hodnocení sensorické zkoušky bylo zjištěno, že běžně dostupná čiroková mouka značky Natural Jihlava byla hodnotiteli v porovnání s odrůdami (Arsenio a Nutrigrain) nejméně preferována téměř ve všech faktorech, a to konkrétně ve vzhledu, chuti a celkovém dojmu. Tato čiroková mouka však byla hodnocena jako nejlepší u faktoru vůně. V samotném sensorickém hodnocení byl vzhled chlebu z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava celkově vyhodnocen jako nejhorší, přičemž byl jednotlivými hodnotiteli označen ve velkém rozptylu od atraktivního až po nevzhledný. Chuť tohoto chlebu byla vyhodnocena jako nejhorší, přičemž polovina hodnotitelů označila chléb za méně příjemný a méně výrazný v chuti a druhá polovina hodnotitelů jej označila za nepříjemný a netypický v chuti. Při

hodnocení celkového dojmu byl hodnotiteli označen jako nejhorší opět chléb z čirokové mouky značky Natural Jihlava, který byl hodnocen jako průměrný, uspokojivý až špatný, nevyhovující. Avšak vůni chleba z čirokové mouky značky Natural Jihlava označili hodnotitelé jako nejlepší, přičemž polovina hodnotitelů označila tuto vůni za ještě přijatelnou a druhá polovina hodnotitelů označila tuto vůni za dosti příjemnou až uspokojivou. Textura čirokové mouky značky Natural Jihlava byla hodnocena jako druhá nejlepší, přičemž většinou hodnotitelů byla označena jako středně tuhá. Rozdíl v preferencích hodnotitelů mohl být způsoben i tím, že koupená čiroková mouka značky Natural Jihlava nebyla na rozdíl od mouk z odrůd Arsenio a Nutrigrain čerstvě namletá. Na základě získaných údajů lze říci, že hypotéza č. 1, která uvádí, že běžně dostupná čiroková mouka bude mít nižší preference ve srovnání s odrůdami zrnového čiroku vypěstovanými na FAPPZ nebyla vyvrácena.

Hypotéza č. 2 uvádí, že odrůda čiroku zrnového použita při pečení chleba ovlivní preference spotřebitele. Na základě hodnocení sensorické zkoušky bylo zjištěno, že jako nejlepší téměř ve všech faktorech byla hodnocena odrůda Arsenio, a to konkrétně v chuti, textuře a celkovém dojmu. Tato odrůda však byla hodnocena jako nejhorší u faktoru vůně. U faktoru vzhledu byla nejlépe hodnocena odrůda Nutrigrain. V samotném sensorickém hodnocení byla chuť chleba z odrůdy Arsenio vyhodnocena jako nejlepší, přičemž byla hodnotiteli nejvíce označena za příjemnou a méně intenzivní. U chleba z odrůdy Nutrigrain většina hodnotitelů označila chuť za méně příjemnou a méně výraznou nebo nepříjemnou a netypickou, avšak 7 hodnotitelů označilo chuť za vynikající a intenzivní. Textura byla hodnocena nejlépe také u chleba z odrůdy Arsenio, kde většina hodnotitelů označila danou texturu za středně tuhou. Nejhůře byla hodnocena textura chleba z odrůdy Nutrigrain, kde polovina hodnotitelů označila danou texturu za středně tuhou a druhá polovina hodnotitelů za tuhou až tvrdou. Při hodnocení celkového dojmu byl hodnotiteli označen jako nejlepší chléb z odrůdy Arsenio, který byl většinou hodnocen jako velmi dobrý až dosti dobrý, dobrý. Chléb z odrůdy Nutrigrain byl polovinou hodnotitelů označen jako dosti dobrý, dobrý a druhou polovinou hodnotitelů označen jako průměrný, uspokojivý. Vůně chleba z odrůdy Arsenio byla vyhodnocena jako nejhorší, přičemž většina hodnotitelů ji označila za uspokojivou a ostatní hodnotitelé za dosti příjemnou. Vůně chleba z odrůdy Nutrigrain byla vyhodnocena lépe než chléb z odrůdy Arsenio, přičemž nejvíce hodnotitelů označilo danou vůni za ještě přijatelnou, avšak tato vůně byla označena i od dosti příjemné až po nepříjemnou. Při hodnocení celkového vzhledu se názory hodnotitelů velmi lišily. Celkový vzhled byl nejlépe hodnocen u chleba z odrůdy Nutrigrain, těsně následovaný chlebem z odrůdy Arsenio. Pro hodnotitele hrály nejzásadnější roli v sensorickém hodnocení faktory chuť a textura, a proto celkově získala vyšší preference odrůda Arsenio. Na základě získaných údajů lze říci, že hypotéza č. 2, která uvádí, že odrůda čiroku zrnového použita při pečení chleba ovlivní preference spotřebitele nebyla vyvrácena.

6.3 Vliv odrůd čiroku na vlastnosti chlebů

V další části této práce byl zkoumán vliv odrůd čiroku na vlastnosti chlebů. Největší průměrný objem 361,25 ml a největší specifický objem 2,02 ml.g⁻¹ měl chléb z odrůdy

Arsenio. Nejmenší průměrný objem 349,71 ml a nejmenší specifický objem 1,78 ml.g⁻¹ měl chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava. V případě průměrného objemu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi odrůdami Arsenio a Nutrigrain, byl však prokázán statisticky významný rozdíl mezi těmito odrůdami a kontrolní čirokovou moukou značky Natural Jihlava. V případě specifického objemu byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi odrůdami Arsenio a Nutrigrain, také byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi těmito odrůdami a kontrolní čirokovou moukou značky Natural Jihlava. Poněkud odlišné hodnoty byly uvedeny ve studii od Schober et al. (2005), podle nichž se specifický objem čirokového chleba pohybuje od 1,77 do 1,84 ml.g⁻¹. Olatunji et al. (1992) zaznamenali hodnotu specifického objemu 2,2 ml.g⁻¹ při použití maniokového škrobu místo bramborového. López et al. (2004) uvádí specifický objem čirokových chlebů v rozmezí 1,9–2,5 ml.g⁻¹ při použití kukuřičného nebo maniokového škrobu.

6.4 Vliv odrůd čiroku na obsah taninů v zrně

V závěrečné části práce byl zjišťován vliv jednotlivých odrůd čiroku na obsah taninů v zrně. Dle Hermuth et al. (2018) byl obsah taninů v zrně odrůdy Ruzrok, hybridu vhodném pro potravinářský průmysl, stanoven na 1,00 ± 0,01 %. Dle Sedghi et al. (2012) byl u odrůd s červeným zrnem stanoven obsah taninů na 0,25 – 0,6 %, zatímco u odrůd s bílým zrnem byl stanoven na 0,02 – 0,4 %. Obě testované odrůdy s bílým zrnem (Arsenio a Nutrigrain) byly vyhodnoceny jako nízkotaninové. V testovaných odrůdách Arsenio a Nutrigrain byl laboratorní analýzou stanoven obsah taninů v zrně na 0,092 % u odrůdy Arsenio a na 0,098 u odrůdy Nutrigrain. Mezi odrůdami Arsenio a Nutrigrain byl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu taninů v zrně. Stanovený obsah taninů v zrně testovaných odrůd Arsenio a Nutrigrain se shoduje s výzkumy Sedghi et al. (2012).

7 Závěr

- Hypotéza č. 1, která uvádí, že běžně dostupná čiroková mouka bude mít nižší preference ve srovnání s odrůdami zrnového čiroku vypěstovanými na FAPPZ **nebyla vyvrácena**.
- Hypotéza č. 2, která uvádí, že odrůda čiroku zrnového použita při pečení chleba ovlivní preferenci spotřebitele, **nebyla vyvrácena**.
- Nejvyšší preference od hodnotitelů získal chléb z odrůdy Arsenio. Nejnižší preference od hodnotitelů získal chléb z běžně dostupné čirokové mouky značky Natural Jihlava.
- Při porovnání odrůd čiroku zrnového získal vyšší preference od hodnotitelů chléb z odrůdy Arsenio, chléb z odrůdy Nutrigrain získal nižší preference od hodnotitelů.
- Největší průměrný objem a největší specifický objem měl chléb z odrůdy Arsenio.
- Nejmenší průměrný objem a nejmenší specifický objem měl chléb z kontrolní čirokové mouky značky Natural Jihlava.
- V případě průměrného objemu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi odrůdami Arsenio a Nutrigrain, byl však prokázán statisticky významný rozdíl mezi těmito odrůdami a kontrolní čirokovou moukou značky Natural Jihlava.
- V případě specifického objemu byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi odrůdami Arsenio a Nutrigrain, také byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi těmito odrůdami a kontrolní čirokovou moukou značky Natural Jihlava.
- Odrůdy Arsenio a Nutrigrain byly vyhodnoceny jako nízkotaninové.
- Mezi odrůdami Arsenio a Nutrigrain byl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu taninů.
- Nižší obsah taninů byl stanoven u odrůdy Arsenio. Vyšší obsah taninů byl stanoven u odrůdy Nutrigrain.
- Z čiroku lze upéct chléb vhodný pro bezlepkovou dietu.

8 Literatura

- Abdelseed BH, Abdalla AH, Yagoub A El-Gasim, Mohamed Ahmed IA, Babiker EE. 2011. Some Nutritional Attributes of Selected Newly Developed Lines of Sorghum (*Sorghum bicolor*) after Fermentation. *Journal of Agriculture Science and Technology* 13:399-409.
- Adamčík J, Tomášek J: 2016. Stimulace osiva čiroku pro praktické využití. *Biom*, Praha. Available from <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/stimulace-osiva-ciroku-pro-praktickevyuziti> (accessed February 2019).
- Afify A, El-Beltagi H, El-Salam S, Omran A. 2012. Biochemical changes in phenols, flavonoids, tannins, vitamin E, β -carotene and antioxidant activity during soaking of three white sorghum varieties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2:203-209.
- Al-Mamary M., Molham, AH., Abdulwali AA., Al-Obeidi A. 2001. In vivo effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. *Nutrition Research* 21:1393–1401.
- Ali NMM., El-Tinay A.H., Elkhalifa AE., Salih OA., Yousif NE. 2009. Effect of alkaline pretreatment and cooking on protein fractions of a high-tannin sorghum cultivar. *Food Chemistry* 114:649-651.
- Andert D, Frydrych J, Abrham Z, Gerndtová I, Herout M. 2014. Energetické využití trav. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, Praha
- Awika JM, Rooney LW. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry* 65:1199-1221
- Badigannavar A, Girish G, Ganapathi TR. 2015. Genetic variation for seed phosphorus and yield traits in Indian sorghum landraces and varieties. *The Crop Journal* 3:358-365.
- Bailey RL, Parker EA, Rhodes DG, Goldman JD, Clemens JC, Moshfegh AJ, Thuppal SV, Weaver CM. 2016. Estimating Sodium and Potassium Intakes and Their Ratio in the American Diet: Data from the 2011-2012 NHANES. *The Journal of Nutrition* 146:745-750.
- Belmares-Cerda RE. 2004. Composición y biodegradación fúngica de algunos compuestos polifenólicos presentes en plantas del semidesierto mexicano. Tesis de Maestría. Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México. 101 p.
- Belton P, Delgadillo I, Halford N, Shewry P. 2006. Kafirin structure and functionality. *Journal of Cereal Science* 44:272-286.
- Berenji, J., Dahlberg, J., Sikora, V., Latkovi, D., 2011. Origin, History, Morphology, Production, Improvement, and Utilization of Broomcorn [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Serbia. *Economic Botany*. p. 190-208.

- Bhatia IS, Singh R, Dua S. 1972. Changes in carbohydrates during growth and development of Bajra (*Pennisetum typhoides*), Jowar (*Sorghum vulgare*) and Kangni (*Setaria italica*). *Journal of Science of Food and Agriculture* 23:429-440.
- Blomstedt CK, O'Donnell NH, Bjarnholt N, Neale AD, Hamill JD, Møller BL, Gleadow RM. 2016. Metabolic consequences of knocking out UGT85B1, the gene encoding the glucosyltransferase required for synthesis of dhurrin in *Sorghum bicolor* (L. Moench). *Plant and Cell Physiology* 57:373-386.
- Brant V, Pivec J, Hamouzová K, Procházka L. 2010. Vláhové nároky čiroku a kukuřice v polních podmínkách. *Syninfo*. 9:9-11.
- Caravetta, G. J., Cherney, J. H., Johnson, K. D.: Within – Row Spacing Influences on Diverse Sorghum Genotypes: II. Dry Matter Yield and Forage Quality, *Purdue Univ. Agric. Exp. Stn., West Lafayette, IN 47907.*, 1990, *Agronomy Journal* 82. Pages 210 – 215 [online]. [cit. 2018 03-29].
- Cauvain S. 1998. Other cereals in breadmaking. *Technology of Breadmaking*. 330-346
- CZ Biom: 2011. Čirok. Biom, Praha. Available from <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/cirok> (accessed February 2019).
- Dicko MH, Gruppen H, Traore AS, Voragen AGJ, van Berkel WJH. 2006. Sorghum grain as human food in Africa: Relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology* 5:384-395.
- Doležal, P., Přikryl, J., Dvořáček, V., Podrábský, M., Vyskočil, I. Uplatnění vícesečných čiroků ve výživě a krmení zvířat. *Krmivářství*. 2009, 13(2), 45-46. ISSN 1212-9992.
- Duodu K, Taylor J, Belton P, Hamaker B. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science* 38:117-131.
- Dykes L, Rooney L. 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *cereal foods world* 52:105-111.
- Elkhalil EA, El Tinay A, Mohamed B, Elsheikh EA. (2001). Effect of malt pretreatment on phytic acid and in vitro protein digestibility of sorghum flour. *Food Chemistry* 72:29-32.
- Etuk EB, Okeudo NJ, Esonu BO, Udedibie ABI. 2012. Antinutritional Factors in Sorghum: chemistry, Mode of action and Effects on livestock and poultry. *Online Journal of Animal and Feed Research* 2:113-119.
- Faith C. 2017. Top Sorghum Producing Countries In The World. Canada. Available at <https://www.worldatlas.com/articles/top-sorghum-producing-countries-in-the-world.html> (accessed February 19, 2019).
- FAO. 2018. Crop information: Sorghum. Food and Agriculture Organization of United Nations. Available from <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropinformation/sorghum/en/> (accessed January 2019).
- FAO . 1996. The world sorghum and millet economies: facts, trends, and outlook. Food and

- Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO . 1995. Sorghum and millets in human nutrition. UNIPUB, Rome.
- Frydrych J. 2018. Čiroky v marginální oblasti Beskyd a výzkum energetických plodin pro zvýšení ochrany půdy s využitím trav a jetelovin. Agromanual. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/ciroky-v-marginalni-oblasti-beskyd-avyzkum-energeticky-ch-plodin-pro-zvyseni-ochrany-pudy-s-vyuzitim> (accessed February 2019).
- Fuller DQ, Stevens CJ. 2018. Sorghum Domestication and Diversification: A Current Archaeobotanical Perspective. *Plants and People in the African Past*:427-452. Springer International Publishing, Cham.
- Gangaiah, B. Millets: Sorghum (Jowar), Pearl Millet (Bajra), Finger Millet. New Delhi: Indian Agricultural Research Institute, 2008.
- Hargrove JL, Greenspan P, Hartle DK. 2004. Nutritional Significance and Metabolism of Very Long Chain Fatty Alcohols and Acids from Dietary Waxes. *Experimental Biology and Medicine* 229:215-226.
- Hassan IAG, El Tinay AH. 1995. Effect of fermentation on tannin content and in-vitro protein and starch digestibilities of two sorghum cultivars. *Food Chemistry* 53:149-151.
- Hermuth, J., Janovská, D., Stražil, Z., Ust'ak, S., Hýsek, J. 2012. Čirok obecný - Sorghum bicolor (L.) MOENCH: možnosti využití v podmínkách České republiky: metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně. Praha. 47 s. ISBN 978-80-7427-093-2.
- Hermuth J. 2010. Čirok, znovu vzkříšená plodina v ČR. *Agromanuál* 5:62-65.
- Hermuth J, Janovská D, Hlásná Čepková P, Ust'ak S, Stražil Z, Dvořáková Z. 2016. Sorghum and Foxtail Millet—Promising Crops for the Changing Climate in Central Europe. *Alternative Crops and Cropping Systems*. P. 25. DOI: 10.5772/62642
- Hermuth J, Kosová K. 2018. Pěstební technologie čiroku zrnového odrůdy Ruzrok. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně.
- Hodoval, J., Pulkrábek, J. 2013. Intenzifikace rostlinné výroby a trendy pěstitelských technologií: sborník ze seminářů: 17. 1. 2013 České Budějovice, 18. 1. 2013 Kralovice, 21. 1. 2013 Doksy, 22. 1. 2013 Kočí, 23. 1. 2013 Velké Hoštice, 24. 1. 2013 Skalka, 25. 1. 2013 Jaroměřice nad Rokytou. Česká zemědělská univerzita. Praha. 81 s. ISBN 978-80-2132351-3.
- House, L. R. A guide to sorghum breeding. India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1985.
- Hugo LF, Rooney LW, Taylor JRN. 2003. Fermented Sorghum as a Functional Ingredient in Composite Breads. *Cereal Chemistry* 80:459-499.

- Hwang KT, Weller CL, Cuppett SL, Hanna MA. 2004. Policosanol contents and composition of grain sorghum kernels and dried distillers grains. *Cereal Chemistry* 81:345-349.
- Hýsek J, Hermuth J, Stehno Z. 2010. Choroby a škůdci čiroku pěstovaného v podmínkách České republiky. Centrum výskumu rastlinnej výroby piešťany, Piešťany.
- Chan SS, Ferguson EL, Bailey K, Fahmida U, Harpe TB, Gibson RS. 2007. The concentration of iron, calcium, zinc and phytate in cereals and legumes habitually consumed by infants living in East Lombok, Indones. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Chandrashekar A, Satyanarayana KV. 2006. Disease and pest resistance in grains of sorghum and millets. *Journal of Cereal Science* 44:287-304.
- Chávez-González ML, Rodríguez-Durán LV, Contreras-Esquivel JC, Rodríguez-Herrera R, Aguilar CN. 2012. Sorghum Tannins: A Source of Potent Bioactive Compounds. 75-89 in *Sorghum Food and Energy Source*, edited Vazquez M., Ramirez de Leon JA.
- Chung KT, Wong TY, Wei CH, Huang Y, Lin Y. 1998 Tannins and Human Health: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38:421-464.
- Istianah N, Ernawati L, Anal AK, Gunawan S. 2018. Application of modified sorghum flour for improving bread properties and nutritional values. *International Food Research Journal* 25:166-173.
- Ivanišová E. 2009. Biologicky cenné zložky obilnín a pseudoobilnín. *Agromagazín* 10:18-22.
- Jumbunathan R, Singh U, Subramanian V. 1984. Grain quality of sorghum, pearl millet, pigeon pea and chickpea. *Interfaces between Agriculture, Nutrition, and Food Science*. 406.
- Kára J. 2005. Energetické rostliny: technologie pro pěstování a využití. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.
- Khalil JK, Sawaya WN, Safi WJ. 1984. Chemical composition and nutritional quality of sorghum flour and. *Plant Foods for Human Nutrition* 34:141-150.
- Khanbabaee K, Van Ree T. 2001. Tannins: Classification and definition. *Natural Products Reports* 18:641-649.
- Klopfenstein CF, Hosney RC. 1995. Nutritional Properties of Sorghum and the Millets. In: *Sorghum and Millets: Chemistry and Technology*.125-168. ISBN:0-913250-84-8.
- Koubová D. 2009. Čirok místo kukuřice. *Agronavigátor*. Available from: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=87086&ids=125> (Accessed January 2018)
- Koubová D. 2009. Při pěstování čiroku je největším problémem chladno. *Saatgut-Magazin*:14 15. Available from <http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=87875> (accessed 2019-03-10).

- Kulamarva A, Sosle V, Raghavan G. 2009. Nutritional and Rheological Properties of Sorghum. *International Journal of Food Properties* 12:55-69.
- Kulamarva AG, Venkatesh RS, Vijaya Raghavan GS. 2012. Nutritional and Rheological Properties of Sorghum. *International Journal of Food Properties* 12:55-59.
- Kuthan A. 2012. Choroby čiroku. *Agromanuál*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/choroby-ciroku> (Accessed January 2018)
- Kuthan A. 2010. Ochrana čiroku proti škodlivým činitelům: Plevel, choroby a ochrana. *Kukuřičné listy* 4:3.
- Kucharek, T. 1992. Foliar and head diseases of sorghum in Florida. Circular 1073, Florida Coop. Ext. Serv., Gainesville.
- Léder E. 2004. Sorghum and millets. *Cultivated Plants, Primarily As Food Sources* 1:1-7.
- Lim TK. 2013. Sorghum bicolor. 359-384 in *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- López ACB, Pereira AJG, Junqueira R. G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47:63-70.
- Mansfeld R. 1952. Zur Systematic und Nomenklatur der Hirsen. *Der Züchter* 22:304-315.
- Möllerová J. 2006. Symbiotická fixace dusíku. Bakterie Rhizobium s. l. a Frankia. *Živa* 2006:9-12. Academia.
- Martino HSD, Tomaz PA, Moraes EA, Conceição LL, Oliveira DS, Queiroz VAV, Rodrigues JAS, Pirozi MR, Pinheiro-Sant'Ana HM, Ribeiro MR. 2012. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* 71:337-344.
- Miller E. 1996. Minerals. In: *Food Chemistry: Chapter 4*. Marcel Dekker Inc. New York. Basel. Hong Kong. 617-649. Available
- Mohammed NA, Ahmed IAM, Babiker EE. 2011. Nutritional Evaluation of Sorghum Flour (*Sorghum bicolor* L. Moench) During Processing of Injera. *Engineering and Technology* 51:58-62.
- Morris, G. P., Ramu, P., Deshpande, S. P., Hash, c. T., Shah, T., Upadhyaya, H. D., Riera Lizarazu, O., Brown, P. J., Acharyae, C. B., Mitchell, S. E., Harrimane, J., Glaubitze, J. C. Bucklere, E. S., Stephen Kresovich, S., 2013. Population genomic and genome-wide association studies of agroclimatic traits in sorghum. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*. p. 453-458.
- De Morais Cardoso L, Pinheiro SS, Martino HS, Pinheiro-Santana HM. 2015. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health. *Food, Science and Nutrition* 57:372-390.

- Moudrý, J. 2011. Alternativní plodiny. Profi Press. Praha. 142 s. ISBN: 978-80-86726-40-3.
- Moudrý, J., Jůza, J. 1998. Pěstování obilnin. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 90 s. ISBN: 80-7040-274-1.
- Moudrý, J., Stražil, Z. 1999. Pěstování alternativních plodin. JČU ZF. České Budějovice. 165 s. ISBN 80-704-0383-7.
- Moudrý, J., Kalinová, J. Pěstování speciálních plodin: Netradiční potravinářské plodiny [online]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 2004 [cit. 2018-01-06].
- Murphy, R. L., Kleinb, R. R., Morishige, D. T., Brady, J. A., Rooney, W. L., Millere, F. R., Dugasf, D. V., Kleinf, P. A., Mulleta, J. E., 2011. Coincident light and clock regulation of pseudoresponse regulator protein 37 (PRR37) controls photoperiodic flowering in sorghum. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA. p. 16469-16474.
- Nielsen LJ, Stuart P, Pičmanová M, Rasmussen S, Olsen CE, Harholt J, Møller BL, Bjarnholt N. 2016. Dhurrin metabolism in the developing grain of *Sorghum bicolor* (L.) Moench investigated by metabolite profiling and novel clustering analyses of time-resolved transcriptomic data. *BMC Genomics* 17:1-24.
- Nováková A. 2004. Okrasné trávy. Grada, Praha.
- O'Kennedy MM, Grootbooma A, Shewryb PR. 2006. Harnessing sorghum and millet biotechnology for food and health. *Journal of Cereal Science* 44:224-235.
- Olatunji O, Koleoso OA, Oniwinde AB. 1992. Recent experience on the milling of sorghum, millet, and maize for making nonwheat bread, cake, and sausage in Nigeria. Pages 83-88 in: *Utilization of Sorghum and Millets*. M. I. Gomez, L. R. House, L. W. Rooney, and D. A. V. Dendy, eds. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Patancheru, India.
- Oliver AL, Pedersen JF, Grant RJ, Klopfenstein TJ. 2005. Comparative Effects of the Sorghum -6 and -12 Genes. *Crop Science* 45.
- Omondi EGO, Makobe MN, Imbuga MO, Onyango CA, Kahangi EN, Matasyoh LG. 2017. Nutritional evaluation of mutants and somaclonal variants of sorghum (*sorghum bicolor* (L) moench) in Kenya. *Jomo Kenyata University of Agriculture and Technology* 1:577-587.
- Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT - Food Science and Technology* 44:681-686.
- Osman MA. 2004. Changes in sorghum enzyme inhibitors, phytic acid, tannins and in vitro protein digestibility occurring during Khamir (local bread) fermentation. *Food Chemistry* 88:129-134.

- Pagano AE. 2006. Whole Grains and the Gluten-Free Diet. *Practical gastroenterology* 30:6678.
- Peacock J M. 1982. Response and Tolerance of Sorghum to Temperature Stress. Pages 143155. In House LR, Mughogho LK, Peacock JM, Mertin JV editors. *Sorghum in the Eighties: Proceedings of the International Symposium on Sorghum*. ICRISTAT Patancheru, Andhra Pradesh.
- Peerzada AM, Ali HH, Chauhan BS. 2016. Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop Protection* 95:74-80.
- Petr J, Michalík I, Tlaskalová H, Capouchová I, Faměra O, Urminská D, Tučková L, Knoblochová H, 2003. Extension of the Spectra of Plant Products for the Diet in Coeliac Disease. *Czech J. Food Sci.* 21(2):8-15.
- Petr, J., Húska, J., 1997. Speciální produkce rostlinná – I. Agronomická fakulta ČZU v Praze. 197 s. ISBN: 802130152.
- Petříková, V. 2006. Energetické plodiny. Profi Press. Praha. 127 s. ISBN 80-867-2613-4.
- Petříková V, Sladký V, Stražil Z, Šafařík M, Ust'ak S, Váňa J. 2006. Energetické plodiny. Profi Press, Praha.
- Petříková V, Weger J. 2015. Pěstování rostlin pro energetické a technické využití: biomasa, bioplyn, krmiva. Profi Press, Praha.
- Plessis, J. 2008. Sorghum production. Republic of South Africa: Department of Agriculture in cooperation with the ArC-Grain Crops Institute. 22 s.
- Podrábský M. 2019. Čirok. SEED SERVICE. Available from <https://seedservice.cz/cirok> (accessed February 2019).
- Pontieri P et al. 2013. Sorghum, a healthy and gluten-free food for celiac patients as demonstrated by genome, biochemical, and immunochemical analyses.. *J Agric Food Chem.* 61:2565-2571.
- Popescu A, Dinu TA, Stoian E. 2018, Sorghum – an important cereal in the world, in the European union and Romania. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural developmen"* 4:271-284.
- Povolný, M. Metodika zkoušek užitné hodnoty: Čirok [online]. In: . Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2016 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/112403/Cirok2016.pdf>
- Pranoto Y, Anggrahini S, Efendi Z. 2013. Effect of natural and *Lactobacillus plantarum* fermentation on in-vitro protein and starch digestibilities of sorghum flour. *Food Bioscience* 2:46-52.
- Prugar J et al. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů, Praha.

- Prugar, J., 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha. 327 s. ISBN: 978-80-86576-28-2.
- Příkryl J, Hansen Chr, Dvořáček J. 2010. Nutriční hodnota jednosečných čiroků. Syninfo. 9:12.
- Ratnavathi CV. 2018. Chapter 12 Grain Structure, Quality, and Nutrition. 193-206 in Breeding Sorghum for Diverse End Uses. Elsevier, Woodhead Publishing. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081018798000127> (accessed March 02, 2019).
- Reddy BVS, Ramesh S, Sanjana Reddy P. 2004. Sorghum breeding research at ICRISTAT: Goals, strategies, methods and accomplishments. International Sorghum and Millets Newsletter 45:5-12.
- Reddy BSV, Ramesh S, Longvah T. 2005. Prospects of Breeding for Micronutrients and β Carotene-Dense Sorghums. ISMN 46:10-14.
- Rooney, W. L., Blumenthal, J., Bean, B., Mullet, J. E., 2007. Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR. p. 147-157.
- Rooney LW, Clark LE. 1968. The chemistry and processing of sorghum grain. Cereal. Science Today 13:254-260.
- Rysová J, Šmídová Z, Pinkrová J, Skřivan P, Landfeld A. 2016. Část 1: potraviny pro bezlepkovou dietu. Současné trendy výzkumu a vývoje potravin pro skupiny obyvatel se zvláštními požadavky na výživu. Studie pro Ministerstvo zemědělství ČR. 116.
- Salunkhale DK, Kadam SS, Chavan JK. 1977. Nutritional Quality of Proteins in Grain Sorghum. Qualitas Plantarum 27:187-205.
- Sanchez HD, Osella CA, de la Torre MA. 2002. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. Journal of Food Science 67:416-419.
- Sedghi M, Golian A, Soleimani-Roodi P, Ahmadi A, Aami-Azghadi M. 2012. Relationship between color and tannin content in sorghum grain: application of image analysis and artificial neural network. Revista Brasileira de Ciência Avícola 14:57-62.
- Selle PH, Cadogan DJ, Li X, Bryden WL. (2010). Implications of sorghum in broiler chicken nutrition. Animal Feed Science and Technology 156:57-74.
- Serna-Saldivar, S.O. and Rooney, L.W. 1995. Structure and chemistry of sorghum and millets, in Sorghum and Millets: Chemistry and Technology (ed. D.A.V. Dendy), American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 69–124.
- Schober TJ, Messerschmidt M, Bean SR, Park SH, Arendt EK. 2005. Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences Among Hybrids. Cereal Chemistry Journal 82:394-404.
- Stražil, Z. 1999. Energetické rostliny-2-Čirok. VÚRV. Praha.

- Stuchlík, V. 1951. O čiroku cukrovém a jeho použití v průmyslové výrobě. Vydavatelství jednotného svazu českých zemědělců. Praha. 74 s.
- Subramanian B, Jambunathan R, Suuryaprakash S. 1980. Note on the soluble sugars of sorghum. *Cereal Chemistry* 57:440-441.
- Špaldon, E. 1986. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 714 s.
- Taylor JR, Dewar J. 2001. Developments in sorghum food technologies. *Advances in Food and Nutrition Research* 43:217-264.
- Teshome, A., Baum, B. R., Fahrig, L., Torrance, J. K., Arnason, T. J., Lambert, J. D. Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia [online]. 1997. [cit 2017-12-14]. Dostupné z www: <http://www.glel.carleton.ca/PDF/landPub/97/97TeshomeetalEuphytica.pdf>
- Toler R. 1985. Maize dwarf mosaic, the most important virus disease of sorghum. *Plant Disease* 69:1011-1015.
- Třináctý, J. 2013. Hodnocení krmiv pro dojnice. *AgroDigest*. Pohořelice. 590 s. ISBN 978 80-260-2514-6.
- Tuinstra M. 2008. Food-grade sorghum varieties and production considerations. *Journal of Plant Interactions* 3:69-72.
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2012. Metodika zkoušek užitné hodnoty: čirok (na siláž a zrno). 22 s. Available from: <http://eagri.cz/public/web/file/112403/Cirok2016.pdf>
- Undersander D. 2003: Sorghums, Sudangrasses, and Sorghum-Sudan Hybrids. Focus on forage 5:1-2. Available from <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/SorghumsFOF.pdf> (accessed March 02, 2019).
- Velázquez N, Sánchez H, Osella C, Santiago LG. 2011. Using white sorghum flour for gluten-free breadmaking. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 63:491-7.
- Venkateswaran K, Elangovan M, Sivaraj N. 2018. Chapter 2 Origin, Domestication and Diffusion of *Sorghum bicolor*. 15-31 in *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. Elsevier, Woodhead Publishing. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081018798000024> (accessed March 02, 2019).
- Vermerris, W., Saballos, A., Rivera, L., 2008. Allelic Association, Chemical Characterization and Saccharification Properties of brown midrib Mutants of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *BIOENERGY RESEARCH*. p. 193-204.
- Vila-Real C, Pimenta-Martins A, Maina HN, Gomes AM, Pinto E. 2017. Nutritional Value of African Indigenous Whole Grain Cereals Millet and Sorghum. *Nutrition & Food Science International Journal* 4:1-6.

- Vinall, H. N., Stephens, J. C. Identification, history, and distribution of common sorghum varieties. Washington, D. C.: United States Department of Agriculture [online]. 1936. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=gEwREki8zBYC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Identifica-tion,+history,+and+distribution+of+common+sorghum+varieties&ots=CW5BCRiMJu&sig=BcBdrWKgeFLiHIJNj2oKtxVTII&redir_esc=y#v=onepage&q=Identification%2C%20history%2C%20and%20distribution%20of%20common%20sorghum%20varieties&f=false
- Wall, S., J., Ross, M., V. 1970. Sorghum Production and Utilization – Major Feed and Food Crops in Agriculture and food series. The avi Publishing company, Inc. Westport Connecticut. 702 p. ISBN: 87055-069-1.
- Wang RS, Kies C. 1991. Niacin status of humans as affected by eating decorticated and whole-ground sorghum (*Sorghum Gramineae*) grain, ready-to-eat breakfast cereals. *Plant Foods for Human Nutrition* 41:355-369.
- Winger M, Khouryieh H, Aramouni F, Herald T. 2014. Sorghum Flour Characterization and Evaluation in Gluten-Free Flour Tortilla. *Journal of Food Quality* 37:1-12.
- ZHAO, Renyong, Scott R. BEAN, Brian P. IOERGER, Donghai WANG a Daniel L. BOYLE. Impact of Mashing on Sorghum Proteins and Its Relationship to Ethanol Fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2008, 56(3), 946-953 [cit. 2018-04-16]. DOI: 10.1021/jf072590r. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf072590>.

9 Seznam příloh

Příloha 1: Dotazník hodnocení čirokových chlebů

10 Přílohy

10.1 Příloha 1: Dotazník

Datum:

Věk:

Hodnocení celkového vzhledu

Vzorek	hodnocení
Nutrigrain	
Arsenio	
Kontrola	

- 1 – atraktivní
- 2 – méně atraktivní, uspokojivý
- 3 – ještě přijatelný
- 4 – nevzhledný

Hodnocení vůně

Vzorek	hodnocení
Nutrigrain	
Arsenio	
Kontrola	

- 1 – velmi příjemná
- 2 – dosti příjemná
- 3 – uspokojivá
- 4 – ještě přijatelná
- 5 – nepříjemná

Hodnocení chuti

Vzorek	hodnocení
Nutrigrain	
Arsenio	
Kontrola	

- 1 – vynikající, intenzivní
- 2 – příjemná, méně intenzivní
- 3 – méně příjemná, méně výrazná
- 4 – nepříjemná, netypická

Hodnocení textury

Vzorek	hodnocení
Nutrigrain	
Arsenio	
Kontrola	

- 1 – velmi měkká
- 2 – měkká
- 3 – středně tuhá
- 4 – tuhá
- 5 – tvrdá

Celkový dojem

Vzorek	hodnocení
Nutrigrain	
Arsenio	
Kontrola	

1 – vynikající

2 – velmi dobrý

3 – dosti dobrý, dobrý

4 – průměrný, uspokojivý

5 – špatný, již nevyhovující

Postřehy**a****náměty:**

.....

.....

.....