

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Mikrobiologická kvalita vybraných biopotravin
v maloobchodní síti**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Eva Popelářová, Ph.D.

Autor diplomové práce: Lukáš Břehovský

2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Mikrobiologická kvalita vybraných biopotravin v maloobchodní síti vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne: 8.4.2010

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucí diplomové práce paní Ing. Evě Popelářové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování diplomová práce.

Děkuji také všem pracovníkům katedry mikrobiologie, výživy a dietetiky za ochotu a vstřícnost a své rodině a přítelkyni za trpělivost a podporu.

Autorský referát

V posledních letech se v České republice setkáváme s nárůstem spotřeby biopotravin, které jsou určitými skupinami spotřebitelů preferovány před potravinami konvenčními. Srovnání biopotravin s konvenčními potravinami můžeme provádět z různých hledisek. Často jsou diskutovány vlivy na životní prostředí, či přítomnost reziduí agrochemikálií. Důležitým hlediskem srovnání je také hledisko mikrobiologické kvality a s ní související možnost výskytu mykotoxinů a patogenních mikroorganismů. Mikroorganismy mohou nejen znehodnocovat výslednou potravinu, ale mohou být také příčinou alimentárních onemocnění. Ekologické zemědělství má výrazně omezené možnosti používání fungicidů pro ochranu proti plísňovým chorobám, častěji se v něm také setkáváme s užitím statkových hnojiv, která mohou být potenciálním zdrojem patogenních bakterií. Nabízí se tak otázka, zda ekologické zemědělství nemůže představovat zvýšené riziko mikrobiální kontaminace svých produktů.

Od března do října 2009 bylo sledováno 29 vybraných vzorků BIO a konvenčních potravin s důrazem na luštěniny a obilné produkty. U vzorků byl sledován a porovnáván celkový počet bakterií, plísní a také zastoupení jednotlivých rodů plísní. Ke stanovení celkového počtu bakterií byl použit APHA agar, ke stanovení celkového počtu plísní GKCH agar.

U vzorků BIO luštěnin byl zjištěn průměrný počet bakterií $1,68 \cdot 10^4$. Konvenčně vyráběné luštěniny obsahovaly v průměru $7,8 \cdot 10^3$ KTJ bakterií v jednom gramu. Průměrný obsah plísní byl řádově nižší. U BIO luštěnin $4,3 \cdot 10^1$, u konvenčních luštěnin $1,45 \cdot 10^2$ KTJ ve jednom gramu. Vyšší obsah plísní v konvenčních luštěninách byl výrazně ovlivněn vysokou kontaminací dvou neznačkových vzorků. Pokud bychom je pominuli, obsahovaly zbylé vzorky v průměru $4,65 \cdot 10^1$ KTJ plísní v jednom gramu. Vzorky obilných produktů byly ve srovnání s luštěninami kontaminovanější. BIO produkty obsahovaly v průměru $1,19 \cdot 10^5$ KTJ bakterií a $4,2 \cdot 10^2$ KTJ plísní v jednom gramu. Konvenční produkty obsahovaly $9,5 \cdot 10^4$ KTJ bakterií a $3,24 \cdot 10^2$ KTJ plísní v gramu vzorku.

Rodové zastoupení plísní bylo u většiny vzorků podobné. Dominovaly především plísně rodů *Penicillium* a *Cladosporium*, v menší míře pak *Aspergillus*. Rozdíly byly zjištěny ve vyšším obsahu plísní rodů *Aspergillus* a *Alternaria* v BIO obilných produktech.

Ve většině případů byla mikrobiologická kvalita biopotravin horší než u potravin konvenčních. BIO luštěniny obsahovaly dokonce více než dvojnásobně větší množství bakterií než konvenční luštěniny. Přesto z těchto i jiných dosud publikovaných výsledků není možné vyvodit obecný závěr. Problémem v dosud provedených srovnávání mikrobiologické kvality BIO a konvenčních rostlinných produktů je totiž významný vliv podmínek prostředí, nezávislých na způsobu pěstování.

Summary

There has been an increase in organic-food consumption in the Czech Republic in last years. The organic-food is preferred to conventional one by specific group of consumers. We can compare the organic-food and the conventional one in different perspectives. Environmental influence or agrochemical residue presence is very often discussed. Important comparison perspective is a microbiological quality, too and related possibility of mycotoxins and pathogenic microorganisms appearance. Microorganisms can not only depreciate final foods, they can cause foodborne diseases. Organic farming has very limited possibilities how to use fungicides protecting against mould diseases, we can more often see there manure fertilizers usage that can be potential sources of pathogenic bacteria. Therefore question arises whether the organic farming doesn't represent enhanced risk of products microbial contamination.

There were 29 selected organic and conventional food samples (with focus on pulses and cereal products) monitored between March and October 2009. The total amount of bacteria, moulds and the concrete moulds genus appearance were monitored and compared. APHA agar was used for total amount of bacteria measurement, GKCH agar for moulds.

The average number of bacteria by organic pulses was $1,68 \cdot 10^4$, the conventionally produced ones contained $7,8 \cdot 10^3$ CFU in one gramme in average. The average moulds volume was low order - $4,3 \cdot 10^1$ by organic pulses, $1,45 \cdot 10^2$ CFU for conventional pulses. The higher volume of moulds in conventional pulses was dramatically influenced by high contamination of two non-branded samples. If we rejected them, the remaining samples would contain $4,65 \cdot 10^1$ CFU of pulses in one gramme. Cereal products samples were more contaminated compared to pulses. The organic products contained in average $1,19 \cdot 10^5$ CFU of bacteria and $4,2 \cdot 10^2$ CFU of moulds in one gramme. The conventional products included $9,5 \cdot 10^4$ CFU of bacteria and $3,24 \cdot 10^2$ CFU of moulds in one gramme.

Representation of moulds genus was quite similar in most of the samples. Mainly moulds from genus *Penicillium* and *Cladosporium* dominated, less then *Aspergillus*. The differences were found in higher volume of moulds from genus *Aspergillus* and *Alternaria* in organic cereal products.

In the majority cases, there was the microbiological quality of organic food worse than of the conventional one. The organic pulses contained even more than twice higher amount of bacteria than conventional pulses. In spite of these and other so far published results, we cannot make any general conclusion. The trouble of so far done comparisons of microbiological quality by organic and conventional crop products is significant influence of environmental conditions independent on growing methods. That is why these results are hardly to be portable and generalized.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod..... | 3 |
| 2. Literární rešerše..... | 4 |
| 2.1. Biopotraviny a jejich mikrobiologická kvalita..... | 4 |
| 2.1.1. Legislativa ekologického zemědělství..... | 4 |
| 2.1.2. Význam biopotravin..... | 5 |
| 2.1.3. Jakost a bezpečnost biopotravin..... | 5 |
| 2.1.4. Legislativa jakosti biopotravin..... | 6 |
| 2.1.4.1. Legislativa EU..... | 6 |
| 2.1.4.2. Legislativa ČR..... | 6 |
| 2.2. Mikrobiologická kvalita potravin..... | 7 |
| 2.2.1. Faktory ovlivňující růst mikroorganismů v potravinách..... | 7 |
| 2.2.1.1. Vnitřní faktory..... | 7 |
| 2.2.1.2. Vnější faktory..... | 9 |
| 2.2.2. Zdroje mikrobiální kontaminace..... | 11 |
| 2.2.2.1. Epifytní mikroflóra..... | 11 |
| 2.2.3. Mikrobiální kažení potravin..... | 12 |
| 2.2.4. Alimentární onemocnění..... | 12 |
| 2.2.4.1. Mykotoxiny..... | 13 |
| 2.3. Vybrané obiloviny, obilné produkty a luštěniny | 14 |
| 2.3.1. Obiloviny a obilné produkty..... | 14 |
| 2.3.1.1 Chemické složení obilok..... | 15 |
| 2.3.1.1.1 Sacharidy..... | 15 |
| 2.3.1.1.2. Bílkoviny..... | 16 |
| 2.3.1.1.3. Lipidy..... | 17 |
| 2.3.1.1.4. Ostatní složky..... | 17 |
| 2.3.1.2. Rozdělení obilných produktů..... | 17 |
| 2.3.1.3 Vybrané potravinářsky významné obilniny a jejich využití..... | 18 |
| 2.3.1.3.1 Pšenice..... | 18 |
| 2.3.1.3.2. Oves..... | 18 |
| 2.3.1.3.3. Ječmen..... | 19 |
| 2.3.1.3.4. Žito..... | 19 |
| 2.3.1.3.5. Proso..... | 19 |
| 2.3.1.3.6. Pohanka..... | 19 |
| 2.3.2 Luštěniny..... | 19 |
| 2.3.2.1. Chemické složení..... | 20 |
| 2.3.2.1.1 Bílkoviny..... | 20 |
| 2.3.2.1.2. Sacharidy..... | 20 |
| 2.3.2.1.3. Lipidy..... | 20 |
| 2.3.2.1.4. Antinutriční látky..... | 20 |
| 2.3.2.1.5. Ostatní složky..... | 21 |
| 2.3.2.2. Produkty z luštěnin..... | 21 |
| 2.3.2.3. Potravinářsky nejvyužívanější luštěniny..... | 21 |
| 2.3.2.3.1. Hrách..... | 21 |
| 2.3.2.3.2. Čočka..... | 21 |
| 2.3.2.3.3. Fazol..... | 21 |
| 2.3.2.3.4. Mungo..... | 22 |
| 2.3.2.3.5. Cizrna..... | 22 |
| 2.3.2.3.6. Soja..... | 22 |

| | |
|--|----|
| 2.4. Mikrobiologická kvalita vybraných obilovin, obilných produktů a luštěnin..... | 22 |
| 2.4.1. Polní plísň..... | 23 |
| 2.4.1.1 Rod Fusarium..... | 23 |
| 2.4.1.2 Rod Alternaria..... | 24 |
| 2.4.1.3 Rod Claviceps..... | 25 |
| 2.4.1.4. Rod Cladosporium..... | 25 |
| 2.4.1.5 Metody zajištění mikrobiologické kvality rostlinných bioproduktů..... | 25 |
| 2.4.2. Skladištní plísň..... | 27 |
| 2.4.2.1. Rod Aspergillus..... | 27 |
| 2.4.2.2. Rod Penicillium..... | 28 |
| 2.4.3. Další rody plísni kontaminující obiloviny a luštěniny..... | 29 |
| 3. Cíl práce..... | 30 |
| 4. Materiál a metody..... | 31 |
| 4.1. Vzorke..... | 31 |
| 4.2. Pracovní postup..... | 36 |
| 4.2.1. Složení kultivačních médií..... | 36 |
| 5. Výsledky a diskuse..... | 38 |
| 5.1. Luštěniny..... | 38 |
| 5.2. Obilné produkty..... | 42 |
| 5.3. Vyhodnocení výsledků..... | 44 |
| 6. Závěr..... | 49 |
| 7. Literatura..... | 50 |

1. Úvod

Produkování kvalitních, zdravotně nezávadných potravin, je základním úkolem potravinářského průmyslu. Potravinu představují výhodné medium pro růst a množení mikroorganismů, a proto je jejich mikrobiologická kvalita důležitým kritériem pro jejich hodnocení. Celkový počet mikroorganismů a složení mikroflóry významně ovlivňuje údržnost potravin. Přítomnost lidských patogenů a mykotoxinů pak může vést k alimentárním onemocněním.

Luštěniny a obilné produkty jsou důležitou součástí lidské stravy. Luštěniny jsou cenným zdrojem kvalitních rostlinných bílkovin, obiloviny jsou celosvětově nejvýznamnějším donátorem energie ve formě sacharidů. Představují však také určité mikrobiologické riziko. Luštěniny a obiloviny jsou často kontaminovány mikroskopickými houbami (plísněmi), nejčastěji rody *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium* a *Aspergillus*. Kontaminace plísněmi může vést ke znehodnocení produktů, alergickým reakcím konzumentů i ke produkci mykotoxinů. Proto je jí věnována velká pozornost.

V posledních letech můžeme u některých skupin spotřebitelů sledovat stoupající oblibu biopotravin a bioproduktů, na kterou producenti a výrobci pružně reagují rozšiřováním jejich spektra. Na trhu se tak setkáváme se širokou škálou živočišných i rostlinných biopotravin, luštěniny a obiloviny nevyjímaje. Biopotraviny, jako produkty ekologického zemědělství, jsou často vyzdvihovány z hlediska příznivějšího vlivu na životní prostředí a nízkého obsahu reziduí agrochemikálií. Mikrobiologické hledisko je však často pomíjeno, a to i přesto, že ekologické zemědělství za určitých podmínek může představovat zvýšené riziko kontaminace. Omezená možnost využití fungicidů v ekologickém zemědělství si žádá alternativní metody ochrany rostlin proti houbovým chorobám. Pokud tyto metody nejsou dobře zvládnuty, následkem může být větší počet houbových chorob a tím i větší riziko výskytu mykotoxinů s širokým spektrem nepříznivých účinků na lidský organismus. Je proto nezbytné mikrobiologickou kvalitu neopomíjet a důkladně dbát na její zajištění i v podmínkách ekologického zemědělství.

2. Literární rešerše

2.1. Biopotraviny a jejich mikrobiologická kvalita

Biopotravina je potravina vyrobená za podmínek uvedených v zákoně o ekologickém zemědělství a předpisech Evropských společenství, splňující požadavky na jakost a zdravotní nezávadnost stanovenou zvláštními předpisy, na něž bylo vydáno osvědčení o biopotravině. Ekologické zemědělství je definováno v zákonu 242/2000 Sb. a nově v zákoně 30/2006 Sb. jako: „*zvláštní druh zemědělského hospodaření, který dbá na životní prostředí a jeho jednotlivé složky stanovením omezení či zákazů používání látek a postupů, které zatěžují, znečišťují nebo zamořují životní prostředí nebo zvyšují rizika kontaminace potravního řetězce, a který zvýšeně dbá na vnější projevy a chování a na pohodu zvířat*“ (Petr et al., 2008). Nařízení Rady (ES) č. 834/2007 definuje ekologickou produkci jako celkový systém řízení zemědělského podniku a produkce potravin, který spojuje osvědčené environmentální postupy, vysokou úroveň biologické rozmanitosti, ochranu přírodních zdrojů, uplatňování přísných norem pro dobré životní podmínky zvířat a způsob produkce v souladu s požadavky určitých spotřebitelů, kteří upřednostňují produkty získané za použití přírodních látek a procesů.

V ekologickém zemědělství jsou upřednostňovány uzavřené cykly využívající vnitřní zdroje, před otevřenými cykly spojenými s dodávkou vnějších zdrojů. Vnější zdroje by měly být v ideálním případě omezeny na ekologické zdroje z jiných ekologických farem, přírodní látky nebo látky z nich odvozené a minerální hnojiva s nízkou rozpustností. Používání syntetických chemických látek je ve výjimečných případech povoleno pouze v případě, kdy neexistují vhodné alternativy (Anonym, 2010).

Potraviny lze označovat za „ekologické“ pouze tehdy, pochází-li nejméně 95 % zemědělských složek z ekologické výroby. Ekologické složky v konvenčních potravinách mohou být uváděny na seznamu složení jako ekologické pouze v případě, že tato potravina byla vyrobena v souladu s ekologickou právní úpravou. Aby se zajistila větší transparentnost, musí být na výrobku vyznačen číselný kód kontrolního orgánu (Anonym, 2010).

2.1.1. Legislativa ekologického zemědělství

V červnu 2007 se Evropská rada ministrů zemědělství dohodla na novém Nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů. Toto nařízení stanovuje právní rámec pro všechny úrovně výroby, distribuce, kontroly a označování ekologických produktů, které mohou být nabízeny a obchodovány v EU. Na základě jasně

stanovených cílů a principů definuje nepřetržitý rozvoj ekologické produkce. Všeobecné pokyny pro výrobu, kontrolu a označování ekologických výrobků byly stanoveny nařízením Rady a změnit je proto může pouze Evropská rada ministrů zemědělství. Současně se ruší předchozí nařízení (EHS) č. 2092/91 (Anonym, 2008).

2.1.2. Význam biopotravin

Na základě dosavadních studií nelze vyvodit obecný závěr, že jsou biopotraviny z hlediska kvality, nutriční hodnoty a zdravotní nezávadnosti lepší, než běžné konvenční potraviny. Přesto se dá předpokládat, že dobře zvládnuté postupy produkce v podmínkách ekologického zemědělství mohou mít příznivý vliv na jakost a nutriční kvalitu výsledného produktu.

Zmínit můžeme také vliv bioprodukce na životní prostředí a biodiverzitu. Základní myšlenkou ekologického zemědělství je snaha o udržení rovnováhy mezi produkcí potravin a životním prostředím, a zároveň snížení vnějších vstupů do systému. Podobné cíle má i Společná hospodářská politika EU, ekologické zemědělství tak částečně může sloužit jako prostředek k jejich naplnění.

Ekologické zemědělství je vhodné pro hospodaření v chráněných územích a také v místech s nutností ochrany podzemních vod.

2.1.3. Jakost a bezpečnost biopotravin

Biopotraviny musí jednak splňovat všechny požadavky na běžné konvenčně vyráběné potraviny a navíc být vyprodukovány za specifických kontrolovaných podmínek. Jakost ekologických produktů a biopotravin je dána způsobem, jak byly získány, jak byly připraveny. Je výsledkem kvality celého systému pěstování (Petr et al., 2008).

Bezpečnost potravin je nedílnou součástí jakosti (Schiefer, 2007). V důsledku celosvětového nárůstu počtu případů alimentárních onemocnění ve 20. století, získala otázka bezpečnosti maximální význam pro výrobce, vládní orgány i spotřebitele (Odumeru, 2006). Při rozhodování o zdravotní nezávadnosti (bezpečnosti) potravin se přihlíží k předpokládaným účinkům na zdraví konzumenta i zdraví další generace, k pravděpodobným kumulativním toxickým účinkům, ke zdravotní citlivosti specifických skupin konzumentů, pro které je určena, a také k tomu, zda je potravina přijatelná z hlediska kontaminace cizorodými či jinými látkami. Potravina, která není podle uvedených kritérií hodnocena jako bezpečná, nesmí být uvedena na trh pod hrozbou sankcí (Kopec et al., 2008). Tři hlavní kategorie rizik v bezpečnosti potravin

jsou mikrobiologická, chemická a fyzikální rizika (Odumeru, 2006).

2.1.4. Legislativa jakosti biopotravin

Požadavky na jakost biopotravin se shodují s požadavky na běžné konvenční potraviny. Východiskem pro legislativu jakosti potravin mnoha zemí střední Evropy byl rakousko-uherský Potravinový kodex – Codex alimentarius, jehož počátky vzniku sahají do druhé poloviny 19. století (Kopec et al., 2008).

Od roku 1945 vznikal současný celosvětový Potravinový kodex – Codex alimentarius jako společné dílo mezinárodní organizace pro zemědělství FAO a zdravotnictví při OSN. Potravinový kodex obsahuje soubor mezinárodně definovaných standardů, praktické manuály, směrnice a další doporučení týkající se potravin, potravinové produkce a zdravotní nezávadnosti a zabezpečení poctivé praxe na mezinárodním trhu (Kopec et al., 2008).

2.1.4.1. Legislativa EU

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 obecně vymezuje právní prostředí v oblasti potravinářství, a to nejen výrobu, ale i distribuci a prodej. Dále zřizuje Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) a stanovuje postupy týkající se jejich bezpečnosti. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 o hygieně potravin pak stanovuje obecné hygienické předpisy pro všechny stupně výroby, zpracování a distribuce potravin, včetně postupů k ověřování shody s těmito postupy (Kopec et al., 2008).

2.1.4.2. Legislativa ČR

Základním zákonem, který upravuje oblast potravin, je zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích (v platném znění), s prováděcími vyhláškami vydanými k tomuto zákonu. Zákon o potravinách a tabákových výrobcích stanovuje téměř ve dvou desítkách paragrafů definice základních pojmů, povinností výrobců a prodejců potravin, požadavky a podmínky procesu výroby, manipulace, označování, přeprava a oběh potravin a určují také kompetence státního dozoru nad jakostí, rozsah a uplatnění sankcí (Kopec et al., 2008). Vydáváním prováděcích vyhlášek je zmocněno Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo zdravotnictví.

Dozorovacími orgány jakosti a bezpečnosti potravin v České republice jsou Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI), Státní veterinární správa (SVS), Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) a Orgány ochrany veřejného zdraví Ministerstva

zdravotnictví.

2.2. Mikrobiologická kvalita potravin

Jak již bylo zmíněno, mikrobiologická kvalita je vedle chemických a fyzikálních rizik důležitým hlediskem bezpečnosti potravin.

Potraviny poskytují živiny nejen lidem, ale představují také výhodné prostředí pro růst mikroorganismů (Prescott, 2002). Skupina mikroorganismů běžně přítomných v potravinách se skládá z mnoha rodů a druhů bakterií, kvasinek a plísni (Bibek, 2005). Dle Adamse a Mosse (2008) většinou nemá tato mikroflóra na potravinu žádný zřejmý vliv a takovéto potraviny jsou konzumovatelné bez nepříznivých následků. V některých případech však může přítomnost mikroorganismů způsobit kažení potravin, alimentární onemocnění, či měnit vlastnosti potravin prospěšným způsobem (fermentace).

2.2.1. Faktory ovlivňující růst mikroorganismů v potravinách

Dle Prescottta (2002) můžeme faktory ovlivňující růst mikroorganismů rozdělit na vnitřní (závislé na vlastnostech potravin) a vnější (závislé na prostředí, ve kterém se potravina nachází).

2.2.1.1. Vnitřní faktory

Vnitřní faktory zahrnují především hodnotu pH, vodní aktivitu, redoxní potenciál, dostupnost živin a možnou přítomnost přirozených antimikrobiálních látek (Prescott, 2002).

pH

Dle Bella et al. (2005) dělíme potraviny podle hodnoty pH na zásadité, s hodnotou pH v rozmezí 7 – 11 (například vaječný bílek), neutrální či slabě kyselé, s hodnotou pH v rozmezí 5,5 – 7,0 (zelenina), středně kyselé, s pH v rozmezí 4,5 - 5,5 (většina druhů sýrů) a silně kyselé, s hodnotou pH pod 4,5 (například ovoce). Obecně můžeme říci, že plísně a kvasinky jsou schopny růstu při nižších hodnotách pH než bakterie, a také, že gramnegativní bakterie jsou citlivější na nízké pH než grampozitivní bakterie. Rozmezí pH pro růst plísni je 1,5 – 9, pro růst kvasinek 2,0 – 8,5, pro grampozitivní bakterie 4,0 – 8,5 a pro gramnegativní bakterie 4,5 – 9,0 (Bibek, 2005).

Vodní aktivita

Vodní aktivita (A_w) nabývá hodnot od 0 (bezvodé prostředí) do 1,0 (čistá voda) (Bell et

al., 2005). Pro většinu potravin se hodnota vodní aktivity pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,99. Každá skupina mikroorganismů má pro svůj růst minimální, optimální a maximální hodnotu vodní aktivity (Bibek, 2005). Hlavním efektem snižování vodní aktivity pod optimální hodnotu je dle Jaye et al. (2005) prodloužení lag fáze růstové křivky a celkové snížení rychlosti růstu a velikosti konečné populace. Obecně jsou minimální hodnoty vodní aktivity pro růst jednotlivých skupin mikroorganismů následující:

- většina plísní – 0,8
- xerofilní plísně – 0,6
- kvasinky – 0,85
- osmofilní kvasinky – 0,6 – 0,7
- G+ bakterie – 0,9
- G- bakterie – 0,85
- halofilní bakterie – 0,75 (Bibek, 2005)

Minimální hodnota A_w je ovlivňována dalšími faktory, především pak pH a teplotou. Snížení teploty inkubace vede ke zvýšení minimální hodnoty A_w .

Jakmile začnou mikroorganismy v potravine růst a být fyziologicky aktivní, produkují další vodu jako konečný produkt své respirace. Zvyšují tedy vodní aktivitu ve svém bezprostředním okolí, čímž vytvářejí podmínky k růstu i mikroorganismů vyžadujících vyšší hodnotu A_w (Adams a Moss, 2008).

Redoxní potenciál

Oxidačně-redukční (redoxní) reakce jsou důsledkem přenosu elektronů mezi atomy a molekulami. Tendence média přijímat nebo uvolňovat elektrony je jeho redoxní potenciál (E_h) a je měřen v milivoltech (mV) (Adams a Moss, 2008). V oxidačním prostředí nabývá kladných hodnot, v redukčním záporných (Bibek, 2005). Aerobní mikroorganismy vyžadují kladné hodnoty redoxního potenciálu, anaerobové záporné (Jay et al., 2005). Redoxní potenciál potravin je ovlivněn jejím chemickým složením, procesem zpracování a podmínkami skladování. Podle rozmezí hodnot E_h , při kterém jsou mikroorganismy schopné růstu, je Bibek (2005) dělí na aerobní (+500 – +300 mV), fakultativně anaerobní (+300 – +100 mV) a anaerobní (+100 – -250 mV a nižší). Růst mikroorganismů v potravine snižuje její redoxní potenciál. To je obvykle připisováno kombinaci spotřeby kyslíku a tvorby redukčně působících látek mikroorganismy (Adams a Moss, 2008).

Dostupnost živin

Většina potravin obsahuje pět základních skupin živin; sacharidy, bílkoviny, lipidy, minerální látky a vitamíny (Bibek, 2005). Z nich mikroorganismy získávají chemické látky pro tvorbu své biomasy, esenciální látky pro svůj růst a substrát sloužící jako zdroj energie (Adams a Moss, 2005). Rostlinné potraviny jsou obvykle bohatým zdrojem sacharidů, ale mohou obsahovat výrazně méně bílkovin, minerálních látek a některých vitamínů (Bibek, 2005).

Některé složky potraviny mohou být využívány pouze těmi mikroorganismy, které disponují požadovanými enzymy (Bell et al., 2005). Neschopnost organismu rozkládat hlavní složku potraviny je dle Adams a Mosse (2005) limitujícím faktorem jeho růstu.

Antimikrobiální látky

Odolnost některých potravin proti napadení mikroorganismy je zvyšována přítomností některých přirozeně se vyskytujících látek, které vykazují antimikrobiální účinky. Mezi ně patří například eugenol v hřebíčku, alicin v česneku, cinnamaldehyd ve skořici, allylisothiokyanát v hořčici, eugenol a thymol v šalvěji a carvacrol a thymol v oreganu. Kravské mléko obsahuje několik antimikrobiálních látek, včetně laktoferinu, konglutininu a laktoperoxidázového komplexu (Jay et al., 2005).

2.2.1.2. Vnější faktory

Vnější faktory zahrnují teplotu, relativní vlhkost, přítomnost a koncentraci plynů (CO₂, O₂) a přítomnost a počet ostatních mikroorganismů v potravine (Prescott, 2002). Relativní vlhkost a složení atmosféry při skladování také ovlivňuje vodní aktivitu a redoxní potenciál potraviny (Bibek, 2005).

Teplota

Různé skupiny mikroorganismů rostou v různých rozmezích teplot (Bell et al., 2005). Nejnižší teplota, při které byl zaznamenán růst mikroorganismů, je -34 °C, nejvyšší nad 100 °C (Jay et al., 2005). Pro každý organismus existuje minimální, optimální a maximální hodnota teploty, při které je schopen růstu (Adams a Moss, 2008). Podle těchto teplot mikroorganismy dělíme do čtyř skupin (viz tab. 1).

Tabulka číslo 1: Rozdělení mikroorganismů podle teplotních požadavků pro růst

| | minimální teplota | optimální teplota | maximální teplota |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Termofilní | 40 – 45 °C | 55 – 75 °C | 60 – 90 °C |
| Mezofilní | 5 – 15 °C | 30 – 40 °C | 40 – 47 °C |
| Psychrofilní | -5 – +5 °C | 12 – 15 °C | 15 – 20 °C |
| Psychrotrofní | -5 – +5 °C | 25 – 30 °C | 30 – 35 °C |

Za nejdůležitější faktory, přispívající ke zpomalení či zastavení růstu při nízkých teplotách, jsou považovány změny membránových struktur, které ovlivňují využívání a přísun živin do enzymatických systémů v buňce. Dle Adamse a Mosse (2008) bylo prokázáno, že mnoho mikroorganismů reagovalo na nízké teploty zvýšením podílu nenasycených a kratších mastných kyselin ve svých membránách, a že psychrotrofové mají více těchto kyselin než mezofilové. Zvyšování stupně nenasycení nebo zkracování uhlíkatého řetězce mastných kyselin snižuje jejich bod tání, takže membrány, obsahující tyto mastné kyseliny, zůstanou kapalné, tudíž i funkční, při nižších teplotách.

Adams a Moss (2008) uvádějí, že při vzestupu teploty nad hranici optima klesá rychlost růstu mnohem strměji v důsledku nevratné denaturace bílkovin a tepelného rozkladu plazmatické membrány buňky.

Relativní vlhkost

Relativní vlhkost prostředí je důležitá, jak z hlediska vodní aktivity potraviny, tak i z hlediska růstu mikroorganismů na jejím povrchu (Jay et al., 2005). Pokud jsou potraviny s nízkou vodní aktivitou umístěny do prostředí s vysokou relativní vlhkostí vzduchu, přechází voda z plynné fáze do potravin (Adams a Moss, 2008).

Potraviny, které podléhají povrchové kontaminaci plísněmi, kvasinkami a některými bakteriemi, by měly být skladovány v prostředí s nízkou relativní vlhkostí (Jay et al., 2005).

Přítomnost a koncentrace plynů

Nejdůležitějším plynem, který za normálních podmínek ovlivňuje růst mikroorganismů v potravině, je kyslík, který je hlavním určujícím faktorem pro hodnotu redoxního potenciálu.

Inhibiční účinky oxidu uhličitého jsou používány při balení v modifikované atmosféře. Plísně a aerobní gramnegativní bakterie, jsou na oxid uhličitý nejcitlivější, grampozitivní bakterie, především laktobacily, jsou vůči jeho odolnější (Adams a Moss 2008). Další plyn s antimikrobiálními vlastnostmi je ozón.

Přítomnost konkurenční mikroflóry

Některé mikroorganismy produkují látky, které mají inhibiční či letální účinky na ostatní mikroflóru, patří mezi ně antibiotika, bakteriociny, peroxid vodíku a organické kyseliny (Jay et al., 2005). Pokud takto jeden mikroorganismus omezuje růst jiného, nazýváme to antogonismem (Bell et al., 2005).

2.2.2. Zdroje mikrobiální kontaminace

Vnitřní tkáně zdravých rostlin a živočichů jsou sterilní. Potraviny jsou kontaminovány mikroorganismy z přirozených zdrojů a zdrojů vnějších, se kterými potravina přichází do kontaktu od primární produkce až po konečnou spotřebu. Přírodní zdroje kontaminace potravin rostlinného původu zahrnují povrch ovoce, zeleniny a polních plodin, a póry v některých hlízách. Dle Bibeka (2005) jsou vnějšími zdroji mikrobiální kontaminace především vzduch, půda, voda, odpadní vody, lidé, hmyz, nástroje a obaly.

2.2.2.1. Epifytní mikroflóra

Epifytní mikroflórou rozumíme mikroflóru nadzemních částí rostlin, především listů. Tyto mikroorganismy mají s rostlinami složité interakce, kterými se navzájem ovlivňují. U zdravých rostlin je epifytní mikroflóra často antagonistou nežádoucích mikroorganismů, v případě oslabené či poškozené rostliny se však snadno může stát hlavním zdrojem primární kontaminace.

Epifytní mikroflóra se skládá z několika skupin mikroorganismů. Jsou jimi především hnilobné bakterie a plísně. V menším množství jsou pak zastoupeny bakterie mléčného kvašení, kvasinky a sporulující tyčinky.

Hnilobné bakterie mají v epifytní mikroflóře dominantní postavení (až 90 %) a jsou zastoupeny především rodem *Pseudomonas*. Prescott (2002) zmiňuje také rod *Sphingomonas*, který je velmi odolný k UV záření a je tak dobře vybaven k přežití na povrchu listů, na kterých se může vyskytovat až v počtech 10^8 na gram rostlinné tkáně. Dle Adamse a Mosse (2008) jsou dalšími bakteriemi *Pectobacterium*, *Erwinia* a *Xanthomonas*.

Plísně jsou zastoupeny především rody *Cladosporium* a *Mucor*, méně pak *Penicillium* a *Aspergillus*. Epifytní mikroflóra je většinou plísněmi tvořena maximálně z 10 %. Při zvyšování vlhkosti povrchu rostlin však dochází k významnému nárůstu počtu plísní na úkor hnilobných bakterií.

Bakterie mléčného kvašení mají pozitivní význam a tvoří důležitou součást mikroflóry siláže. Dle Adamse a Mosse (2008) jsou zastoupeny hlavně bakterie rodu *Lactobacillus* a *Leuconostoc*.

Kvasinky jsou zastoupeny ve velmi malém množství. Adams a Moss (2008) zmiňují, že na površích listů se mohou vyskytovat kvasinky rodu *Sporobolomyces* a *Bullera*.

Sporulující tyčinky jsou zastoupeny v množství do 10%. Významné jsou především rody *Clostridium* a *Bacillus*, produkující kyselinu máselnou.

2.2.3. Mikrobiální kažení potravin

K mikrobiálnímu kažení potravin dochází následkem růstu mikroorganismů v potravíně, nebo činností jejich extracelulárních a intracelulárních enzymů v potravíně přítomných (Bibek, 2005). Projevů může být mnoho a často dochází k jejich kombinacím. Růst mikroorganismů může způsobit osliznutí povrchu či tvorbu kolonií. Degradace stavebních složek potraviny způsobuje ztrátu textury. Dle Adamse a Mosse (2008) však bývají nejběžnějšími projevy mikrobiálního kažení chemické produkty mikrobiálního metabolismu; plyny, barviva, polysacharidy a aromatické látky.

2.2.4. Alimentární onemocnění

Alimentární onemocnění je způsobeno konzumací potraviny či vody, kontaminované životaschopnými patogenními bakteriálními buňkami (či jejich spory), nebo potraviny obsahující toxiny produkované toxinogenními bakteriemi a plísněmi. Alimentární onemocnění mohou být na základě své povahy rozděleny do tří skupin; intoxikace, infekce a toxikoinfekce (Bibek, 2005).

Alimentární **intoxikace** je onemocnění způsobené mykotoxiny (viz. kap. 2.2.4.1.) či bakteriálními toxiny v potravíně. K propuknutí onemocnění není nutná přítomnost životaschopných buněk toxinogenního mikroorganismu v konzumované potravíně.

Bakteriální toxiny lze rozdělit na dvě základní skupiny, a to na exotoxiny, uvolňované příslušnými mikroorganismy mimo buňku, a endotoxiny (vesměs pyrogenní lipopolysacharidy) uvolňované při lýzi buněčných stěn gramnegativních mikroorganismů (Velíšek, 2002b).

Alimentární **infekce** je důsledkem konzumace potraviny nebo vody, kontaminované enteropatogenními bakteriemi či viry. Přítomnost životaschopných buněk během konzumace, je nezbytnou podmínkou k propuknutí onemocnění.

U **toxikoinfekce** je onemocnění způsobeno příjmem velkého množství životaschopných buněk patogenní bakterie kontaminovanou potravinou. Bakteriální buňky buď sporulují, nebo umírají a uvolňují toxiny způsobující symptomy (Bibek, 2005).

2.2.4.1. Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou toxické sekundární metabolity řady druhů mikroskopických vláknitých hub (plísni), které mohou kontaminovat široké spektrum potravin a krmiv (Velíšek, 2002b). Sekundární metabolity se utvářejí v závěru exponenciální fáze růstové křivky a nemají žádný zřejmý význam pro růst nebo metabolismus produkujícího organismu. Podle Jaye et al. (2005) se mykotoxiny formují ve chvíli, kdy v buňce dochází k nahromadění velkého množství prekursorů primárního metabolismu, například aminokyselin, acetátu, pyruvátu apod. Syntéza mykotoxinů tak představuje způsob, kterým plísně snižují zásobu metabolitů, které již dále pro svůj metabolismus nepotřebují. Ke kontaminaci může docházet v průběhu vegetace nebo po sklizni, během skladování a zpracování (Polišenská et al., 2008).

V současné době je známo téměř 350 druhů toxinogenních plísni, přičemž řada z nich produkuje více než jeden toxin. Ten může být zároveň také sekundárním metabolitem plísni různých rodů či druhů. Ne všechny kmeny toxinogenních plísni však za všech okolností mykotoxiny produkují (Velíšek, 2002b).

Z chemického hlediska se jedná o velmi různorodou skupinu látek s rozmanitým spektrem účinků na organismy vyšších živočichů (viz. tab. č. 2). Syndromy vyvolané těmito látkami se souhrnně nazývají mykotoxikózy.

Tabulka č. 2: Členění mykotoxinů podle toxických účinků (Polišenská et al., 2008)

| Toxický účinek | Mykotoxiny |
|-------------------------|--|
| Dermatotoxiny | Trichotheceny, psolareny, verrucariny, sporidesminy |
| Estrogeny | Zearalenon |
| Genotoxiny | Aflatoxiny, sterigmatocystin, ochratoxin A, citrinin, zearalenon, patulin, trichotheceny, fumonisiny, fusarin C, griseofulvin, |
| Hematotoxiny | Aflatoxiny, ochratoxin A, zearalenon, trichotheceny |
| Hepatotoxiny | Aflatoxin, luteoskyrin, sterigmatocystin |
| Imunotoxiny | Aflatoxiny, ochratoxin A, trichotheceny, paulin, gliotoxin, Sporidesmin |
| Nefrotoxiny | Citrinin, ochratoxin A |
| Neurotoxiny | Penitrem A, fumitremorgeny, verruculogeny, fumonisiny |
| Toxiny trávicího traktu | Trichotheceny |

2.3. Vybrané obiloviny, obilné produkty a luštěniny

Produkty z obilovin patří k nejdůležitějším základním potravinám lidstva (Belitz et al., 2009). Vhodně zpracované obiloviny jsou v celosvětovém měřítku nejvýznamnějším donátorem energie formou sacharidů. Kromě nich jsou však zdrojem mnoha dalších životně důležitých látek, které jsou sice v jiných potravinách obsaženy třeba i ve vyšších koncentracích, ale spotřebou se zdaleka obilovinám nevyrovnají (Hrušková et al., 2008). Belitz et al. (2009) uvádějí, že spotřebou cereálních produktů je pokryta až jedna třetina denní potřeby bílkovin a 50 – 60 % potřeby vitamínů skupiny B. Kromě toho jsou cereální produkty také zdrojem minerálních látek a stopových prvků.

Dle Belitze et al. (2009) jsou luštěniny relativně bohatým zdrojem bílkovin. Svou kvalitou se řadí hned za bílkoviny živočišného původu. Velkou předností sojových bílkovin přitom je, že jejich příjem není spojen s příjmem nasycených tuků, jako je tomu zpravidla u bílkovin živočišného původu. Bílkoviny luštěnin mají nízký obsah sirmých aminokyselin. V kombinaci s bílkovinami obilovin však poskytují plnohodnotnou bílkovinu (Dostálová a Prugar, 2008).

2.3.1. Obiloviny a obilné produkty

Téměř všechny známé obilniny patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Výjimku tvoří pohanka, patřící do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*). V posledních letech se také po různu začala uplatňovat další semena, např. amarant, patřící do čeledi amarantovité (*Amaranthaceae*). Každá z obilnin má několik botanických druhů a mnoho odrůd, přičemž některé jsou geneticky dosti rozdílné (Příhoda, 2002).

Uspořádání obilného zrna, stejně jako zastoupení hlavních chemických složek, je u všech obilovin podobné. Drobné rozdíly v jejich vlastnostech však mají významný vliv na zpracovatelské vlastnosti obilovin a částečně i na jejich výživové vlastnosti (Příhoda, 2002). Dle Belitze et al. (2009) můžeme mezi významnými rozdíly uvést například vyšší obsah lipidů a neškrobových polysacharidů v ovsu, méně vlákniny v prosu a rozdílné obsahy vitamínů skupiny B.

Hlavní anatomické části obilky jsou obalové vrstvy, klíček, endosperm a aleuronová vrstva.

Obalové vrstvy chrání obilku před vnějšími vlivy, v mlýnské technologii je označujeme jako otruby. Vnější vrstvy jsou složeny převážně z nerozpustných sacharidů typu celulosy

s velkou mechanickou pevností. Podpovrchové obalové vrstvy jsou složeny rovněž z polysacharidů, které ale s vodou bobtnají nebo se částečně rozpouštějí a jsou schopny vodu velmi pevně vázat. Vnější obalové vrstvy mohou sloužit jako zdroj nestravitelné vlákniny, což může být využíváno z hlediska potřeb úpravy výživových hodnot výrobků, ale z hlediska pekárenské technologie mají tyto složky zhoršující účinek na kvalitu a zpracovatelnost těsta a často i na vzhled hotového výrobku (Příhoda, 2002).

Klíček (embryo) je vlastním zárodkem nové rostliny a nositelem genetických informací. Je bohatý na obsah enzymů a lipidů. Od endospermu je oddělen tzv. štítkem (*scutellum*) (Belitz et al., 2009). Při mlýnském zpracování je oddělován (Příhoda, 2002).

Endosperm (vnitřní obsah zrna) představuje největší podíl zrna a je technologicky nejvýznamnější částí. Obsahuje zásobní látky pro klíčící rostlinu (Příhoda, 2002). Endosperm je z největší části tvořen škrobem (asi 70 – 80 %), který je ve formě škrobových zrn zakotven v bílkovinné matrix. Bílkovinná matrix obsahuje lepkotvorné bílkoviny, výraznou měrou zodpovědné za pekárenské vlastnosti pšenice. Obsah bílkovin a některých dalších látek (vitamíny a minerální látky) od vnější vrstvy do středu endospermu klesá (Belitz et al., 2009).

Aleuronová vrstva je nejvrchnější vrstvou endospermu a s výjimkou ječmene je jednovrstevná. Je bohatá na obsah bílkovin, obsahuje též tuky a vitamíny (Belitz et al., 2009). Dle Příhody (2002) obsahuje aleuronová vrstva podstatně více bílkovin než ostatní endosperm, ale tyto bílkoviny nepatří k nejpevnějším lepkotvorným a nejsou tudíž nositelem pekařské síly mouky.

2.3.1.1 Chemické složení obilek

Dominantní a z nutričního hlediska nejdůležitější složkou obilovin jsou sacharidy. Z hlediska zpracovatelského mají největší význam především bílkoviny.

2.3.1.1.1 Sacharidy

Nejdůležitějším sacharidem obilovin je **škrob**. Škrob je obsažen v endospermu. Jeho obsah tvoří přibližně 60 – 75 % sušiny obilek a kolísá zhruba v uvedeném rozmezí podle druhů a odrůd (Příhoda, 2002). Většina nativních škrobů je směsí amylosy a amylopektinu, dvou homopolysacharidů složených z molekul α -D-glukopyranosy v 4C_1 konformaci. Vyskytují se obvykle v hmotnostním poměru 1:3 (Velíšek, 2002a). Amylosa je rozpustná ve vodě, amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok. Celkově vytváří škrob s vodou

za tepla gelovitý maz (Příhoda, 2002).

Mezi **neškrobové polysacharidy** patří především celuloza, pentosany a β -glukany.

Celuloza je vysokomolekulární lineární polymer D-glukosových jednotek vázaných glykosidovými vazbami β -(1→4) (Velíšek, 2002a). Je zcela nerozpustná a za normálních teplot ani výrazně nebobtná. Belitz et al. (2009) uvádějí průměrný obsah celulosy v obalových vrstvách pšenice 35,2 %, v klíčku 16,8 % a v endospermu 0,3 %.

Pentosany jsou definovány jako polymery obsahující v molekulách podstatný podíl pentos (nejvíce arabinosy a xylosy), vedle kterých však obsahují i jiné sloučeniny. Jde o pestrou skupinu látek, které lze v zásadě rozdělit na pentosany nerozpustné ve vodě – tzv. hemicelulosy, jež doprovázejí celulosu v buněčných stěnách a na rozpustné pentosany, neboli slizy (Příhoda, 2002). Dle Belitze et al. (2009) je podíl rozpustných pentosanů v pšenici 25 – 33 %.

β -glukany jsou rozpustné polysacharidy obsažené ve větší míře v ječmeni a ovsu. Od celulosy se liší tím, že přibližně jedna čtvrtina jednotek není připojena svým prvním uhlíkem v molekule na 4. uhlík sousední glukosové jednotky, ale je připojena na její třetí uhlík. To způsobuje, že tyto β -glukany mohou vytvářet vysokoviskózní gely (Příhoda, 2002).

2.3.1.1.2. Bílkoviny

Zralá zrna obilovin obsahují nejčastěji podle druhů a odrůd 9 – 13% bílkovin v sušině. Mezi jednotlivými obilovinami není velký rozdíl v zastoupení jejich základních stavebních složek, aminokyselin.

Ze všech obilovin, jsou nejlépe prozkoumány bílkoviny pšenice, které mají také největší technologický význam (Příhoda, 2002). V roce 1907 rozdělil Osborne pšeničné bílkoviny na základě jejich rozpustnosti na 4 frakce (Belitz et al., 2009); **albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny**. Prolaminy a gluteliny obecně nejsou rozpustné ve vodě. S přidavkem vody však bobtnají a vytvářejí vysoce viskózní gely a roztoky (Příhoda, 2002).

Pšeničné prolaminy a gluteliny bobtnají pouze omezeně a za současného vložení mechanické energie na hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku tvoří pevný gel, který nazýváme **lepek**. Lepek je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti (Příhoda, 2002). Obsahuje 90 % bílkovin, 8 % lipidů a 2 % sacharidů (Belitz et al., 2009). Za klíčovou složku lepku jsou považovány proteiny dvou frakcí, prolaminů a glutelinů, zastoupených ve vzájemném poměru přibližně 2:3. **Prolaminy** poskytují lepku tažnost a mají dle Velíška (2002a) relativní molekulovou hmotnost 30 až 100 kDa a obsahují velké množství

glutaminu (36 – 45 %) a prolinu (14 – 30 %). **Gluteliny** mají vyšší relativní molekulovou hmotnost, obvykle od 40 kDa do 20 000 kDa, nejčastěji kolem 2 000 kDa, neboť jsou tvořeny polypeptidovými řetězci spojenými disulfidovými vazbami (Velíšek, 2002a) Ve struktuře lepku vytvářejí gluteliny nadmolekulární vláknité struktury – supermolekuly – o relativní molekulové hmotnosti řádově 10^3 až 3 miliony (Příhoda, 2002). Gluteliny jsou zodpovědné za pružnost lepku.

2.3.1.1.3. Lipidy

Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá. Vyšší výskyt tuků je patrný v klíčcích. Pšeničná mouka obsahuje v závislosti na stupni vymletí 1,5 – 2,5 % lipidů (Belitz et al., 2009). Přes nízký obsah hrají lipidy poměrně důležitou úlohu při tvorbě těsta. Bylo prokázáno, že zvyšující se obsah polárních lipidů má zlepšující vliv na objem pšeničného těsta, zatímco při stoupajícím objemu nepolárních lipidů se objem snižuje (Příhoda, 2002).

2.3.1.1.4. Ostatní složky

Vitamíny se vyskytují především v obalových vrstvách a v klíčku. Obiloviny jsou důležitým zdrojem vitamínů skupiny B nejvíce thiaminu a riboflavinu. Mouky obsahují v závislosti na stupni vymletí jen asi 10 – 40 % původního obsahu vitamínů.

Minerální látky jsou rovněž nejvíce obsaženy v obalových vrstvách. Celkový obsah minerálních látek v zrna se pohybuje v rozmezí 1,25 – 2,5 %, přičemž nejvíce je zastoupen oxid fosforečný, hořčík, vápník a železo.

Obiloviny obsahují v malém množství některé další biologicky významné látky, například kyselinu fytovou, cholin a kyselinu para-aminobenzoovou.

2.3.1.2. Rozdělení obilných produktů

Podle komoditní vyhlášky 333/1997 Sb. se obilné produkty rozdělují na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta.

Mlýnskými obilnými výrobky se rozumí výrobky získané zpracováním obilí, pohanky a rýže vícestupňovým mlýnským postupem. Patří mezi ně mouky, krupice, vločky, trhanka, kroupy, lámanka, jáhly, klíčky, instantní obilné výrobky, müsli výrobky a obiloviny pro přímou spotřebu. Dále také různě upravená rýže.

Těstovinami se rozumí potraviny vyrobené tvarováním nekynutého a chemicky

nekyprného těsta připraveného zejména z mlýnských obilných výrobků nebo jejich směsí.

Pekařské výrobky vyhláška definuje jako výrobky získané tepelnou úpravou těst nebo hmot, jejichž sušina je v převažujícím podílu tvořena mlýnskými obilnými výrobky s výjimkou šlehaných hmot a sněhového pečiva. Mezi pekařské výrobky patří chléb, běžné, jemné a trvanlivé pečivo, sušenky, oplatky, perník, suchary, preclíky a crackerové pečivo.

Cukrářské výrobky jsou výrobky, jejichž základem jsou pekařské výrobky, které jsou dohotoveny pomocí náplní, polev, ozdob a kusového ovoce. Těstem se rozumí tepelně neopracované polotovary k výrobě pekařských výrobků.

2.3.1.3 Vybrané potravinářsky významné obilniny a jejich využití

Nejběžněji potravinářsky využívanou obilninou je pšenice, dále pak tritikale, ječmen, žito, oves, proso a pohanka. Mezi méně běžnými obilninami můžeme zmínit například pšenici špaldu, čumízu, čirok a merlík chilský.

2.3.1.3.1 Pšenice

Pšenice je naší nejvýznamnější a nejpěstovanější obilninou. Přestože se největší podíl (téměř 60 %) zkrmuje, větší část osevních ploch pšenice je využívána s cílem dosažení potravinářské (pekařské) kvality, která je realizována za vyšší ceny (Hrušková et al., 2008).

Produkce pšenice může být realizována několika způsoby. Potravinářská pšenice s pekárenskou jakostí se využívá pro výrobu kynutých těst, potravinářská pšenice s pečivářenskou jakostí pro výrobu sušenek a keksů. Pšenice může také sloužit jako surovina pro výrobu škrobu a bioethanolu.

2.3.1.3.2. Oves

Oves patří mezi složky tzv. funkčních potravin, které poskytují konzumentům nejen živiny, ale zlepšují i jejich zdravotní stav díky přirozenému obsahu látek v nich obsažených. Potravinářské využití ovsa má však u nás malou tradici (Moudrý et al., 2008).

V lidské výživě se nejčastěji setkáváme s ovesnými vločkami. Jedná se o loupaná, zvlhčená, za tepla rozválcovaná a následně usušená ovesná zrna. Lze je vyrábět z ovsa potravinářského, nebo nahého (bezpluchého), který musí odpovídat příslušné jakostní normě (Příhoda, 2002). Dalšími ovesnými výrobky jsou ovesná krupice, ovesné mouky, expandovaná ovesná zrna apod..

2.3.1.3.3. Ječmen

Z ječmene se pro lidskou výživu vyrábějí kroupy (velké, střední, zabijačkové a malé), krupky (perličky a lámanka) a ječná krupice. Ječnými kroupami rozumíme čištěná, loupaná, broušená a leštěná ječná zrna. Pro jejich výrobu se používá ječmen splňující jakostní parametry ječmene sladovnického, s výjimkou obsahu bílkovin, které nejsou omezeny hodnotou 11 % (Příhoda, 2002). V současné době se pro přímý konzum v podobě upraveného ječného zrna spotřebuje v ČR kolem 0,5 – 0,6 % jeho produkce, což je cca. 10,7 – 12,8 tis. tun ječmene (Psota a Ehrenbergerová, 2008).

2.3.1.3.4. Žito

V pekařské výrobě se používá žito hlavně v podobě mouky tmavé chlebové k výrobě chleba a v menší míře k výrobě pečiva s různým podílem žitné mouky (Pelikán et al., 2008). Žitný chléb musí obsahovat nejméně 90 % surovin ze žita, žitno-pšeničný 50%, a pšenično-žitný nejméně 10 % žitných surovin.

2.3.1.3.5. Proso

Hlavním výrobkem mlýnského zpracování prosa jsou jáhly. Dále prosná mouka, krupice a vločky (Petr et al., 2008). Jáhly se vyrábějí stejnými technologickými operacemi jako ječné kroupy. Při čištění zrna je zařazeno třídění podle barvy, kde se oddělují černá zrna prosa. Jáhly se vyrábějí v jedné velikostní frakci (Příhoda, 2002).

2.3.1.3.6. Pohanka

Pohanka setá je potenciálně vhodným komponentem pro zdravé a funkční potraviny, protože má vysokou nutriční hodnotu a průkazné pozitivní účinky. V ČR je vyráběno více než 40 různých pohankových produktů od pohanky neloupané, přes kroupy (2 – 5 mm), lámanku (frakce nad 1 mm), krupici (0,3 – 1 mm), mouku až po těstoviny, směsi na omelety, vločky, různé pekařské výrobky a speciální výrobky pro pacienty trpící celiakií (Petr et al., 2008).

2.3.2 Luštěniny

Luštěninami rozumíme vyluštělá, zralá, suchá, čištěná a tříděná semena luskovin. Luskoviny jsou jednoleté druhy rostlin čeledi *Fabaceae* (syn. *Leguminosae*, *Papilionaceae*, *Viciaceae*) – bobovité, která je třetí největší čeledí mezi kvetoucími rostlinami a patří k ní

16 000 – 19 000 druhů, zařazených v cca 750 rodech. Pro potravinářské účely se používá téměř 60 domestikovaných druhů, ale pouze malá část z nich doznala většího rozšíření (Dostálová a Prugar, 2008).

Potravinářské využití mají i nezralá semena nebo celé zelené lusky (Hosnedl, 2008). Čerstvé plody a semena luskovin se označují jako lusková zelenina (Dostálová a Prugar, 2008).

2.3.2.1. Chemické složení

Luštěniny jsou bohaté na obsah sacharidů a bílkovin, soja je zároveň zdrojem lipidů a technologicky se tak řadí mezi olejniny. Luštěniny ale zároveň obsahují široké spektrum antinutričních látek.

2.3.2.1.1 Bílkoviny

Dle Dostálové a Prugara (2008) obsahují luštěniny v průměru 20 – 25 % (sojové boby až 40 %) bílkovin. Dle Belitze et al. (2009) jsou přítomny tři frakce bílkovin; albuminy, globuliny a gluteliny, přičemž globuliny jsou v dominantním postavení a mají především zásobní funkci.

2.3.2.1.2. Sacharidy

Luštěniny celkově obsahují přibližně 60 – 62 % sacharidů (sojové boby okolo 30 %). Hlavním sacharidem je škrob v obsahu 75 – 80 % (Belitz et al., 2009).

Oproti obilovinám jsou ve větší míře zastoupeny oligosacharidy. Dominantními jsou sukrosa, stachyosa a verbaskosa (Belitz et al., 2009). Nestravitelné oligosacharidy způsobují flatulenci, částečně je možné jejich obsah snížit namáčením a klíčením.

Obsah vlákniny se běžně pohybuje v rozmezí od 6 % (cizrna) až po 15 % (bob).

2.3.2.1.3. Lipidy

S výjimkou soji obsahují luštěniny malé množství tuku (1 – 1,5 %, cizrna 5 – 6 %) s příznivým složením mastných kyselin (55-80 % nenasycených).

2.3.2.1.4. Antinutriční látky

Mezi antinutriční látky patří inhibitory některých enzymů, například trypsinu či amylasy, způsobující sníženou využitelnost hlavních živin. Kyselina fytová váže minerální látky do nevyužitelných komplexů (Dostálová a Prugar, 2009). Lima boby obsahují kyanogenní

glykosidy. Dalšími antinutričními látkami luštěnin jsou například lathyrogeny, isoflavony a saponiny.

2.3.2.1.5. Ostatní složky

Luštěniny obsahují řadu vitamínů skupiny B, zejména thiamin, riboflavin, nikotinovou kyselinu a kyselinu listovou a také některé minerální látky (Ca, Fe, P, K, Zn, Mg, Cu, Mn aj.) (Dostálová a Prugar, 2008).

2.3.2.2. Produkty z luštěnin

Kromě vlastních luštěnin se na trhu můžeme setkat i s luštěninami různě upravenými. Jedná se například o luštěniny předvařené, luštěninové vločky, luštěninovou mouku a tofu. Tyto produkty blíže specifikuje komoditní vyhláška 329/1997 Sb..

2.3.2.3. Potravinářsky nejvyužívanější luštěniny

Nejvyužívanějšími luštěninami jsou hrách, čočka, fazol, mungo, cizrna a soja.

2.3.2.3.1. Hrách

Nezralá semena hrachu se pojídají za syrova nebo se konzervují mražením či sterilací ve slaném nálevu. Suchá semena se pak konzumují přímo ve formě pokrmů nebo se zpracovávají do sáčkových polévek, kaší, pomazánek apod. Neloupaný hrách se před vlastní přípravou namáčí ve vodě, loupaný se rovnou vaří (Dostálová a Prugar, 2008).

Důležitými technologickými vlastnostmi hrachu jsou vařivost, bobtnavost a stejnoměrnost vaření.

2.3.2.3.2. Čočka

Čočka je využívána nejčastěji v podobě suchých zralých semen různých velikostí i zbarvení. Dle Dostálové a Prugara (2008) je nejnáze stravitelnou čočka červená.

Čočka má velmi nízký glykemický index, což znamená, že pokrmy z čočky přispívají k pomalejšímu trávení sacharidů a prodlužují pocit sytosti (Dostálová a Prugar, 2008).

2.3.2.3.3. Fazol

Fazol obecný je celosvětově nejrozšířenější luskovinou (Dostálová a Prugar, 2008).

Pěstuje se pro suchá semena (Hosnedl, 2008).

Určitou nevýhodou fazolí je poměrně nízká stravitelnost jejich bílkovin. Snižují ji přítomné třísloviny, inhibitory některých enzymů a kyselina fytová (Dostálová a Prugar, 2008).

2.3.2.3.4. Mungo

Mungo je druh zelené drobnozrné fazole. Dnes je pěstována především v Africe, Číně a USA. Semena munga se používají často v naklíčeném stavu. Na rozdíl od ostatních luštěnin nevyvolávají mungo-fazole žádné nadýmání (Dostálová a Prugar, 2008).

2.3.2.3.5. Cizrna

Semena cizrny se vyznačují vysokým obsahem velmi kvalitních bílkovin a bohatým zdrojem řady minerálních látek. Udává se také, že není tak nadýmová jako ostatní luštěniny (Dostálová a Prugar, 2008). Dle Hosnedla (2008) jsou pro přípravu pokrmů vhodná semena žluté barvy, semena černé barvy se používají jako proteinová složka krmných směsí.

2.3.2.3.6. Soja

Soja má velmi široké použití a její produkce náleží v podmínkách světového obchodu k velmi žádaným komoditám. Přesto, že hlavním produktem je olej pro potravinářské účely, mají zásadní význam také pevné zbytky po extrakci, sojové šroty (Hosnedl, 2008).

Mezi další sojové výrobky patří sojové mouky, krupice a vločky, sojový lecitin, texturované sojové bílkoviny, sojové nápoje, sojová omáčka, tofu apod..

2.4. Mikrobiologická kvalita vybraných obilovin, obilných produktů a luštěnin

Mikrobiologii obilovin během růstu, sklizně i skladování dominují především plísně, (Adams a Moss, 2008). Bibek (2005) uvádí, že obsah plísní a kvasinek v nijak neopracovaných zrnech může být až 10^3 v jednom gramu. Plísně kontaminující obiloviny se běžně rozdělují na dvě skupiny, plísně polní a plísně skladištní. Během následného zpracování však může dojít ke kontaminaci širokým spektrem dalších různých plísní a bakterií.

Mikroflora kontaminující luštěniny je do značné míry podobná obilovinám. Frisvad et al. (2007) uvádějí, že fazole, hrách a čočka jsou nejčastěji kontaminovány plísněmi rodu *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, a *Penicillium*. Olejnatá semena, jako například sojové boby, jsou napadána plísněmi s lipolytickou aktivitou. Nejvýznamnějšími lipolytickými plísněmi jsou plísně rodu *Aspergillus*, například *A. niger* a *A. tamarii*, *Penicillium* a *Paecilomyces*. Při vyšší vodní

aktivitě mohou být významné také plísně rodu *Rhizopus* (Adams a Moss, 2008).

Stejně jako obiloviny i luštěniny mohou být rizikové z hlediska přítomnosti mykotoxinů. Domijan et al. (2005) uvádějí výskyt ochratoxinu A ve fazolích napadených plísněmi rodu *Penicillium* a *Aspergillus*. Kritzinger et al. (2003) prokázali obsah fumonisinů ve vigně čínské napadené *F. proliferatum*. Scholenberger et al. (2006) zmiňuje příležitostné nálezy aflatoxinů v hrachu a sojových bobech.

2.4.1. Polní plísně

Nejběžnějšími polními plísněmi jsou *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium* a *Claviceps* (Frisvad et al., 2007). Adams a Moss (2008) zmiňují ještě plísň rodu *Epicoccum*. Polní plísně jsou dobře adaptované na často rychle se měnící podmínky na povrch rostliny.

Napadení plodin polními plísněmi je ovlivňováno mnoha faktory, dle Drastichové (2005) jsou těmi hlavními genotyp, osivo, ročník, stanoviště, agrotechnika a skladování.

Výběr rezistentních odrůd je pravděpodobně nejefektivnějším způsobem ochrany. Součástí preventivní ochrany rostlin je též výsev uznaného, mořeného osiva. K nejdůležitějším faktorům patří průběh teplot a srážek, délka slunečního svitu a složení a pohyb atmosféry. Silné deště začátkem července velmi výrazně stimulují rozvoj klasových chorob. Kritickými podmínkami pro vznik těchto onemocnění jsou trvalejší letní srážky bezprostředně následované vysokými teplotami (Drastichová, 2005). Podmínky stanoviště jsou definovány hlavně půdními a geografickými faktory. Mezi agrotechnická opatření patří především dodržování osevního postupu a ochrana rostlin pomocí vhodných mořidel a fungicidů.

2.4.1.1 Rod *Fusarium*



<http://www.medmicro.wisc.edu/resources/imagelib/mycology/images/fusarium.jpg>

Rod *Fusarium* se vyskytuje na rostlinách i v půdě a je běžnou součástí mikroflóry zemědělských komodit. Je původcem řady chorob rostlin, i onemocnění lidí a zvířat. Infekce

vyvolané rodem *Fusarium* se nazývají fuzariózy.

Konidiofory fuzárií jsou malé a nenápadné. Konidie jsou dvojí. Mikrokonidie, prakticky nepoužitelné pro druhovou determinaci, jsou tvořeny zpravidla jednou buňkou. Makrokonidie mají srpovitý tvar, skládají se z většího počtu buněk a nesou důležité druhové znaky (Šimůnek, 2003).

Fuzária jsou rozšířena od tropů přes oblasti mírného pásma až po pásma s extrémními klimatickými podmínkami jako jsou pouště, alpské a arktické oblasti (Drastichová, 2005). V našich klimatických podmínkách je pro vznik klasových fuzarióz potřebná teplota 20 °C a dostatečná vlhkost po dobu dvou dní ve fázi kvetení. Při teplotách nižších než 20 °C jsou infekce fuzárií jen ojedinělé.

Rod *Fusarium* zahrnuje druhy, které se zároveň vyznačují jak patogenními, tak saprofytickými účinky. *F. culmorum* a *F. graminearum* způsobují jak choroby pat stébel, tak i fuzariové vadnutí klasů. Tato napadení mohou vést k dalšímu širšímu posklizňovému kažení těchto komodit (Adams a Moss, 2008).

Některé plísně rodu *Fusarium* jsou také významnými producenty mykotoxinů. **Fusariové mykotoxiny** jsou z chemického hlediska trichothecenové deriváty; deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) a T-2 toxin a řadu dalších sloučenin (Sýkorová a Matějová 2005). Tyto látky jsou velmi stabilní jak tepelně, tak chemicky. Zatímco *Fusaria* většinou nepřežijí výrobní proces potravin, přenos jejich mykotoxinů do výsledného produktu, je díky jejich rezistenci na výrobní procesy možný (Frisvad et al., 2007). Další skupinu mykotoxinů představuje zearalenon (ZEA) a jeho deriváty, u nichž byly prokázány estrogení účinky. *F. avenaceum* produkuje moniliformin (Chrpová a Šíp, 2005).

2.4.1.2 Rod *Alternaria*



<http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCELLANEOUS/altern3.jpg>

Rod *Alternaria* je běžně izolovaný z rostlin, půdy, vzduchu a potravin. Nejrozšířenějším druhem je *Alternaria alternata*.

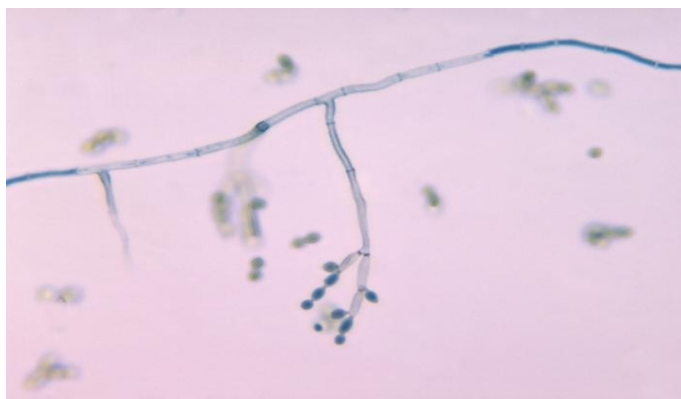
Alternaria alternata se vyskytuje velmi hojně na celém světě, a to na různých substrátech rostlinného původu včetně potravin a krmiv, a také v půdě. Je také běžným vzdušným kontaminantem v potravinářských provozech. Tvoří velké palicovité vícebuněčné konidie. Může produkovat vysoce toxický metabolit AAT (*Alternaria alternata* toxin) podobný fumonisinu, kyselinu tenuazonovou a dále řadu méně významných toxinů, např. alternariol a alternariol methyl ether.

Mezi příznaky chorob rostlin vyvolaných druhy rodu *Alternaria* patří především listové skvrnitosti, méně často suché hniloby. Většina druhů je považována za tzv. druhotné patogeny, kteří preferují oslabená, nebo stárnoucí pletiva rostlin (Prokinová, 2004).

2.4.1.3 Rod *Claviceps*

Claviceps purpurea se vyskytuje především na žitu, ale jsou známy i případy napadení pšenice. Viditelným příznakem napadení jsou sklerocia, nahrazující zrna v klasu. *C. purpurea* navíc produkuje řadu pro člověka toxických alkaloidů (Frisvad et al., 2007).

2.4.1.4. Rod *Cladosporium*



<http://www.caltexmoldservices.com/files/mold/Images/mold-library-pictures/cladosporium-sp-2.jpg>

Dle Šilhánkové (2008) rod *Cladosporium* často parazituje na rostlinách a vyskytuje se běžně na stěnách potravinářských provozů. Tvoří řetízky vícebuněčných spor, které vznikají pučením. Rozkládá celulosu, pektin a tuky a způsobuje též alergie dýchacích cest.

U jablek způsobuje melanózu, jež je znehodnocuje i pro výrobu moštů.

2.4.1.5 Metody zajištění mikrobiologické kvality rostlinných bioproduktů

Plísňové a bakteriální choroby způsobují ztrátu výnosů i snížení kvality a představují tak

pro producenty významné praktické i ekonomické problémy. Díky limitovanějším možnostem použití fungicidů, je dle Ghorbaniho a Wilcocksona (2007) v ekologickém zemědělství tento problém akutnější. Dalším rizikem mohou být dle Dieze-Gonzalese a Mukherjeeho (2007) statková hnojiva, která jsou v bioprodukci používána v hojnější míře, než v konvenčním zemědělství. Ta mohou být za určitých okolností zdrojem kontaminace patogenními bakteriemi.

Ve většině států je v případě nutnosti, se svolením relevantních kontrolních orgánů, povoleno aplikovat fungicidy na bázi mědi. V Evropské Unii je však prioritou nahrazení těchto fungicidů jinými metodami ochrany plodin (Ghorbani a Wilcockson, 2007).

Podle Ghorbaniho a Wilcocksona (2007) se fungicidy v ekologickém zemědělství nejčastěji využívají na ochranu proti hnědé skvrnitosti listů brambor, plísní révy vinné (*P. viticola*) a proti strupovitosti jabloně (*Venturia inaequalis*).

Pro snížení závislosti na užívání fungicidů existují různá opatření. Patří mezi ně například výběr vhodných odrůd, diverzifikace, užití antagonistických mikroorganismů apod. Pokud jsou tato opatření použita samostatně, nemají většinou potřebný účinek, společně však tvoří **integrovaný systém ochrany**, kterým lze dosáhnout dostatečného stupně ochrany plodin proti plísňovým chorobám.

Výchozím bodem je použití zdravého osiva. Dále též, pokud je to možné, pravidelné odstraňování již napadených rostlin či jejich částí pro zabránění dalšímu přenosu choroby.

Hlavní složkou integrované ochrany je využití odrůdové rezistence k predominantním chorobám. Rezistentní odrůdy potlačují či zpomalují aktivitu patogenů a nevykazují při tom žádné, či pouze malé příznaky napadení (Ghorbani a Wilcockson, 2007).

Nejdůležitější diverzifikační metodou je rotace plodin s kontrastními vlastnostmi. Ta může podle Ghorbaniho a Wilcocksona (2007) snížit množství půdních patogenů a zvyšuje diverzitu půdní mikroflóry. Další metodou diverzifikace je tzv. interkroping. Jedná se o takové uspořádání, ve kterém jsou v těsné fyzické blízkosti pěstovány dvě či více různých plodin, mezi kterými tak dochází k druhovým interakcím. Příkladem interkropingu je dle Masona (2003) využití krycích plodin, které jsou pěstovány spolu s hlavní plodinou a zlepšují půdní podmínky. Jako krycí plodiny jsou pro svou schopnost biologické fixace dusíku velmi často užívány rostliny čeledi *Fabaceae*.

K ochraně rostlin je rovněž možné použít některé alternativní přípravky. Látky běžně používané v ekologickém zemědělství zahrnují podle Ghorbaniho a Wilcocksona (2007) především síru, polysulfid vápenatý, které se běžně aplikují na všechny polodiny, a minerální

oleje a manganistan draselný, aplikovaný především na ovocné stromy.

Mezi metody biologické ochrany řadí využití mikrobiálních antagonistů a rostlinných extraktů.

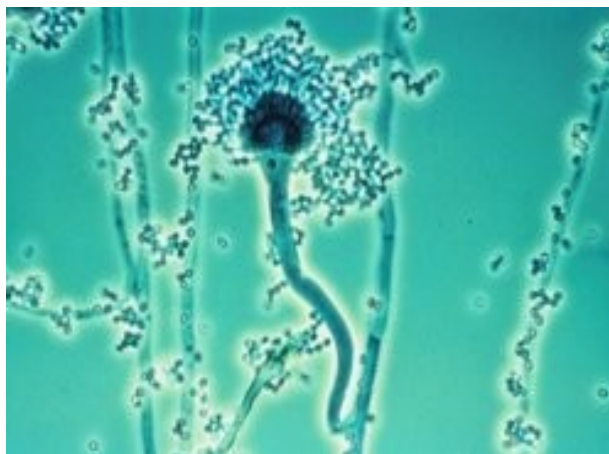
2.4.2. Skladištní plísně

Nejdůležitějšími rody skladištních plísní jsou *Penicillium* a *Aspergillus*, ačkoliv při skladování při vyšší vlhkosti může dle Adamse a Mosse (2008) dojít i k napadení některými druhy *Fusarii*. Nejvýznamnějšími faktory, ovlivňujícími mikrobiologickou a mykotoxikologickou kvalitu obilovin a luštěnin při skladování, je vodní aktivita a teplota. Dalším faktorem je mechanické poškození zrn. Vnější vrstvy zrn jsou pro plísně přirozenou bariérou. Pokud dojde během sklizně, transportu nebo při technologickém zpracování k porušení těchto vrstev, mohou spory plísní snadno získat pro svůj růst potřebné živiny, které jsou obsaženy ve vnitřních částech zrn (Velíšek, 2002b).

Nejvýznamnějšími mykotoxiny, produkovanými skladištními plísněmi, jsou aflatoxiny a ochratoxiny. Ochratoxin A (OTA) je nejdůležitějším a nejtoxičtějším zástupcem skupiny ochratoxinů. Do skupiny ochratoxinů se řadí ještě ochratoxiny B, C, D a α . Dle Velíška (2002b) jsou nejvýznamnějšími producenty těchto toxinů plísně *Aspergillus ochraceus*, v chladnějších klimatických pásech potom *Penicillium viridicatum*. Ostrý et. al. (2001) dále řadí mezi významné producenty OTA také *Aspergillus niger* a *Penicillium verrucosum*.

Dle Paulové (2001) jsou však tyto plísně z hlediska produkce mykotoxinů v obilninách v zemích mírného klimatického pásma málo rizikové.

2.4.2.1. Rod *Aspergillus*



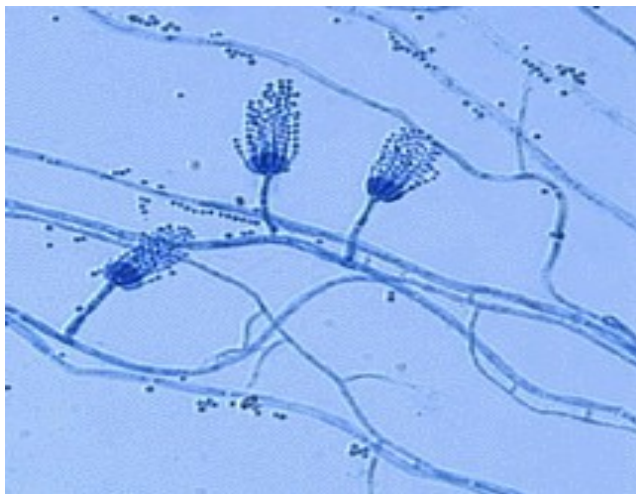
<http://www-research.cege.ucl.ac.uk/Upath/mysite-dw/mysite-dw/images/Aspergillus.jpg>

Aspergillus je patrně fylogeneticky starý rod. Dle Šilhánkové (2008) disponuje bohatým enzymatickým aparátem a vyskytuje se tudíž na nejrůznějších materiálech.

Pohlavní stadia jsou vřeckaté houby, vytvářející plodničky často menší než 1 mm. Nepohlavní rozmnožovací orgány jsou tvořeny vlákénkem na konci ztlustělým. Na tomto konci je paprskovitě rozmístěna řada či více řad válcovitých buněk, z jejichž konců dozrávají a odštěpují se nepohlavní spory. Vlákénko se nazývá konidiofor, válcovité buňky fialidy a spory konidie. V pokračování každé fialidy je zpravidla celý řetízek konidií (Šimůnek, 2003).

Plísňe rodu *Aspergillus* jsou významnými producenty mykotoxinů, zejména pak aflatoxinů. Aflatoxiny jsou produkovány téměř výlučně kmeny *Aspergillus flavus* a *A. parasiticus*. Produkce aflatoxinů silně závisí na teplotě, vlhkosti, přístupu vzduchu, struktuře a chemickém složení substrátu. Důležité jsou i vlivy doprovodné mikroflóry (např. inhibice tvorby aflatoxinů vlivem *Aspergillus* sk. *niger*) (Šimůnek, 2003). Dle Velíška (2002b) byly nejvyšší nálezy aflatoxinů zaznamenány u kukuřice, podzemnice olejné, pistácií, paraořechů, bavlníkových semen a kopry.

2.4.2.2. Rod *Penicillium*



<http://www.medmicro.wisc.edu/resources/imagelib/mycology/images/penicillium.gif>

Rod *Penicillium* obsahuje asi 150 druhů a vyskytuje se na nejrůznějších substrátech. Považuje se za fylogeneticky mladší rod, což se mj. projevuje velmi malými rozdíly v utváření pohlavních orgánů jednotlivých druhů. Nepohlavní rozmnožovací orgány jsou rovněž tvořeny konidioforem, fialidami a konidiemi, fialidy jsou však na neztlustělém konidioforu sestaveny do tvaru štětičky, odtud i český název štětičkovec (Šimůnek, 2003).

Šilhánková (2008) uvádí, že rod *Penicillium* běžně způsobuje kažení ovoce a zeleniny.

Některé druhy způsobují alergické reakce, jiné jsou producenty mykotoxinů. Kromě již zmiňovaných ochratoxinů produkují plísně rodu *Penicillium* například citrinin (běžně se vyskytující v obilovinách) a patulin (kontaminující zejména ovoce).

2.4.3. Další rody plísní kontaminující obiloviny a luštěniny

Dalšími plísněmi kontaminující obiloviny a luštěniny jsou především rody *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium* a *Mycelia sterillia*.

Mucor je rozsáhlým rodem zahrnujícím přes 100 druhů. Dle Šilhánkové (2008) běžně kontaminuje různé potraviny, na kterých tvoří většinou bělavý porost s nahnědlými sporangii. Některé druhy produkují mykotoxiny, jiné jsou navíc patogenní.



<http://www.mold-help.org/pages/images/Mucor-sp-1a-20xL.jpg>

Rhizopus je v přírodě velmi rozšířen a působí kažení ovoce i jiných potravin. Dlouhé sporangiofory vyrůstají ze šlahounovitých hyf neboli stolonů v místech, kde vznikají kořinkovité nahnědlé útvary zvané rhizoidy (Šilhánková, 2003).



<http://www.mycology.adelaide.edu.au/images/rhizopus2.gif>

Acremonium tvoří většinou nízké světlé porosty. Konidie jsou jednobuněčné, hyalinní nebo světle zbarvené, tvoří se u ústí fialidy.

Mycelia sterillia je skupinou nedokonalých hub rozmnožujících se pouze vegetativně úlomky vláken.

3. Cíl práce

Cílem práce bylo stanovení celkového počtu plísí a jejich rodového zastoupení, a celkového počtu bakterií u vybraných vzorků biopotravin a porovnání těchto hodnot s konvenčními potravinami. Pozornost byla věnována luštěninám a mlýnským obilným produktům.

4. Materiál a metody

Vzorky vybraných luštěnin a mlýnských obilných produktů byly zakoupeny v maloobchodní síti. Vlastní mikrobiologická vyšetření probíhala v období od března 2009 do října 2009. U vzorků byl stanovován celkový počet bakterií a mikromycet a rodové zastoupení mikromycet.

4.1. Vzorky

Vz. č 1: HRÁCH ZELENÝ, loupaný půlený, Country Life, BIO

Výrobce: Country Life s.r.o., Nenančovice 87, Beroun 1

Země původu: Kanada

Minimální trvanlivost do: 16.2.2010

Vz. č. 2: FAZOLE ČERVENÁ LEDVINA, Bioline, BIO

Výrobce: PRO-BIO s.r.o., Lipová 40, Staré Město pod Sněžníkem

Země původu: Čína

Minimální trvanlivost do: 17.12.2009

Vz. č. 3: FAZOLE, červená ledvina, Tesco, BIO

Distributor: Tesco Stores ČR a.s., Vršovická 1527, Praha 10

Země původu: Čína

Minimální trvanlivost do: 20.3.2010

Vz. č. 4: ČOČKA, červená loupaná půlená, Tesco, BIO

Distributor: Tesco Stores ČR a.s., Vršovická 1527, Praha 10

Země původu: Turecko

Minimální trvanlivost do: 07.07.2010

Vz. č. 5: ČOČKA ČERVENÁ, loupaná půlená, Country Life, BIO

Výrobce: Country Life s.r.o., Nenančovice 87, Beroun 1

Země původu: Turecko

Minimální trvanlivost do: 29.01.2010

Vz. č. 6: ČOČKA Alnatura, BIO

Distributor: DM drogerie, Jeronýmova 1485, České Budějovice

Země původu: Turecko

Minimální trvanlivost do: 11.03.2010

Vz. č. 7: ŽLUTÁ ČOČKA, Alnatura, BIO

Distributor: DM drogerie, Jeronýmova 1485, České Budějovice

Země původu: Turecko

Minimální trvanlivost do: 28.07.2010

Vz. č. 8: MUNGO, Bioline, BIO

Výrobce: PRO-BIO s.r.o., Lipová 40, Staré Město pod Sněžníkem

Země původu: Čína

Minimální trvanlivost do: 20.01.2010

Vz. č. 9: ČOČKA, velkozrnná, Essa

Výrobce: ESSA s.r.o., Okružní 34, České Budějovice

Země původu: Neuvedeno

Datum balení: 27.11. 2008

Minimální trvanlivost do: 27.05.2010

Vz. č. 10: ČOČKA VELKOZRNNÁ, LA Food

Distributor: LaFood s.r.o., Kvítkovická 1533, Napajedla

Země původu: Neuvedeno

Minimální trvanlivost do: 30.01.2011

Vz. č. 11: ČOČKA VELKOZRNNÁ, Euroshopper

Výrobce: Podravka – Lagris a.s., Dolní Lhota 39, Dolní Lhota u Luhačovic

Země původu: Kanada

Minimální trvanlivost do: 01.08.2010

Rok sklizně: 2008

Vz. č. 12: HRÁCH, zelený, Essa

Výrobce: ESSA s.r.o., Okružní 34, České Budějovice

Země původu: Neuvedeno

Datum balení: 26.01.2009

Minimální trvanlivost do: 26.07.2010

Rok sklizně: 2008

Vz. č. 13: HRÁCH, žlutý, Tesco

Výrobce: Podravka – Lagris a.s., Dolní Lhota 39, Dolní Lhota u Luhačovic

Země původu: Česká republika

Minimální trvanlivost do: 26.11.2010

Rok sklizně: 2008

Vz. č. 14: HRÁCH, žlutý, Veselka

Výrobce: Veselka, Mirnogo 2, Užgorod

Země původu: Ukrajina

Minimální trvanlivost do: 15.08.2010

Vz. č. 15: FAZOLE, Lagris

Výrobce: Podravka – Lagris a.s., Dolní Lhota 39, Dolní Lhota u Luhačovic

Země původu: Etiopie

Minimální trvanlivost do: 13.07.2010

Rok sklizně: 2008

Vz. č. 16: FAZOLE, Euroshopper

Výrobce: Podravka – Lagris a.s., Dolní Lhota 39, Dolní Lhota u Luhačovic

Země původu: Čína

Minimální trvanlivost do: 21.08.2010

Rok sklizně: 2008

Vz. č. 17: FAZOLE, bílé, Qualiti Line

Výrobce: Qualiti Line, Istanbul

Země původu: Turecko

Minimální trvanlivost do: 01.04.2010

Vz. č. 18: CIZRNA, Lagris

Výrobce: Podravka – Lagris a.s., Dolní Lhota 39, Dolní Lhota u Luhačovic

Země původu: Turecko

Minimální trvanlivost do: 19.08.2010

Rok sklizně: 2006

Vz. č. 19: JEČNÉ KROUPY, velké, Bio Harmonie, BIO

Výrobce: PRO-BIO s.r.o., Lipová 40, Staré Město pod Sněžníkem

Země původu: Česká republika

Minimální trvanlivost do: 26.07.2009

Vz. č. 20: POHANKA LOUPANÁ, Country life, BIO

Výrobce: Country Life s.r.o., Nenančovice 87, Beroun 1

Země původu: Čína

Minimální trvanlivost do: 15.02.2010

Vz. č. 21: POHANKA LOUPANÁ, Albert, BIO

Výrobce: PRO-BIO s.r.o., Lipová 40, Staré Město pod Sněžníkem

Země původu: Čína

Minimální trvanlivost do: 02.06.2010

Vz. č. 22: JÁHLY, Albert, BIO

Výrobce: PRO-BIO s.r.o., Lipová 40, Staré Město pod Sněžníkem

Země původu: Česká republika

Minimální trvanlivost do: 28.04.2010

Vz. č. 23: PŠENICE OZIMÁ, Country life, BIO

Výrobce: Country Life s.r.o., Nenánčovice 87, Beroun 1

Země původu: Česká republika

Minimální trvanlivost do: 25.01.2010

Vz. č. 24: OVESNÉ VLOČKY, Bílý mlýn Kepka, BIO

Výrobce: Bílý mlýn Kepka s.r.o., Nová Hut' 20, Dýšinka, Slovenská republika

Země původu: Česká republika

Minimální trvanlivost do: 16.12.2009

Vz. č. 25: JEČNÉ KROUPY, Penam

Výrobce: Penam a.s., Cejl 38, Brno

Země původu: Česká republika

Minimální trvanlivost do: 02.08.2009

Vz. č. 26: JEČNÉ KROUPY, Veselka

Výrobce: Veselka, Mirnogo 2, Užgorod, Ukrajina

Země původu: Ukrajina

Minimální trvanlivost do: 06.01.2010

Vz. č. 27: JÁHLY, Lagris

Výrobce: Podravka – Lagris a.s., Dolní Lhota 39, Dolní Lhota u Luhačovic

Země původu: Polsko

Minimální trvanlivost do: 18.03.2010

Vz. č. 28: OVESNÉ VLOČKY, Tesco

Výrobce: Mlýn Štúrovo a.s., Hlavná 76, Pohronský Ruskov

Země původu: Slovenská republika

Minimální trvanlivost do: 05.02.2010

Vz. č. 29: POHANKA, Lagris

Výrobce: Podravka – Lagris a.s., Dolní Lhota 39, Dolní Lhota u Luhačovic

Země původu: Neuvedeno

Minimální trvanlivost do: 17.03.2010

4.2. Pracovní postup

Celkový počet bakterií (CPB) a mikromycet byl stanoven deskovou metodou. Pro přípravu desítkové ředící řady byl použit fyziologický roztok. CPB a celkový počet mikromycet byl vyjádřen jako jednotky tvořící kolonie (KTJ) v 1 g vzorku.

Pro stanovení CPB byl použit APHA agar. Byla zvolena ředící řada 10^{-1} - 10^{-3} . Kultivace probíhala 5 dnů při teplotě 30 °C.

Pro stanovení celkového počtu mikromycet a jejich rodového zastoupení byl použit GKCH agar. Byla zvolena ředící řada 10^{-1} – 10^{-3} . Kultivace probíhala 4 – 5 dnů při teplotě 20 °C. Pro mikroskopická vyšetření byly připraveny preparáty s laktofenolem, které byly sledovány při zvětšení 150x resp. 675x. Identifikace probíhala za pomoci klíčů.

4.2.1. Složení kultivačních médií

APHA (Standard Plate Count Agar) CM463 Oxoid

| | |
|-------------------|---------|
| kvasničný extrakt | 2,5 g |
| trypton | 5 g |
| glukóza | 1 g |
| agar | 15 g |
| destilovaná voda | 1000 ml |

Příprava: 23,5 g media je rozpuštěno ve 1000 ml destilované vody a poté sterilováno 15 minut při 120 °C.

GKCH (ČSN ISO 7954)

| | |
|-------------------|---------|
| kvasničný extrakt | 5 g |
| glukóza | 20 g |
| chloramfenikol | 0,1 g |
| agar | 15 g |
| destilovaná voda | 1000 ml |

Příprava: Navážené komponenty (kromě chloramfenikolu) se rozvaří v odpovídajícím množství destilované vody, v případě potřeby je upraveno pH a přidá se rozpuštěný chloramfenikol. Médium je poté sterilováno 15 minut při 120 °C.

Fyziologický roztok

| | |
|------------------|--------|
| chlorid sodný | 8,5 g |
| pepton | 1 g |
| destilovaná voda | 1000 g |

Příprava: Navážené komponenty se rozpustí v destilované vodě a roztok je poté sterilován 15 minut při 120 °C.

5. Výsledky a diskuse

Zkoumáno bylo celkem 29 vzorků; 18 vzorků luštěnin a 11 vzorků mlýnských obilných produktů. Všechny mikrobiologické rozbory probíhaly před uplynutím minimální doby trvanlivosti vzorků.

5.1. Luštěniny

Z celkového počtu 18 vzorků luštěnin jich 8 bylo označeno jako biopotravina. Ve zbylých případech se jednalo o potraviny konvenční.

Vz. č 1: HRÁCH ZELENÝ, loupaný půlený, Country Life, BIO

| | | KTJ /g |
|-------------|------------------|--|
| CPB | | $7,9 \cdot 10^3$ |
| Mikromycety | $3,6 \cdot 10^1$ | <i>Penicillium</i> 57,1 % <i>Cladosporium</i> 28,6 % <i>Aspergillus</i> 14,3 % |

Vz. č. 2: FAZOLE ČERVENÁ LEDVINA, Bioline, BIO

| | | KTJ /g |
|-------------|------------------|---|
| CPB | | $1,8 \cdot 10^5$ |
| Mikromycety | $1,5 \cdot 10^1$ | <i>Penicillium</i> 66,7 % <i>Cladosporium</i> 33,3 % |

Vz. č. 3: FAZOLE, červená ledvina, Tesco, BIO

| | | KTJ /g |
|-------------|------------------|--|
| CPB | | $1,24 \cdot 10^4$ |
| Mikromycety | $6,3 \cdot 10^1$ | <i>Penicillium</i> 46,1 % <i>Cladosporium</i> 38,5 % neurčeno 15,4 % |

Vz. č. 4: ČOČKA, červená loupaná pšlená, Tesco, BIO

| | KTJ /g | |
|--------------------|----------------------|---|
| CPB | 2,83.10 ³ | |
| Mikromycety | 2,7.10 ¹ | <i>Penicillium</i> 33,3 % <i>Acremonium</i> 33,3 % <i>Aspergillus</i> 16,7 % neurčeno 16,7 % |

Vz. č. 5: ČOČKA ČERVENÁ, loupaná pšlená, Country Life, BIO

| | KTJ /g | |
|--------------------|----------------------|--|
| CPB | 3,09.10 ³ | |
| Mikromycety | 9,09.10 ¹ | <i>Mucor</i> 50 % <i>Aspergillus</i> 35 % <i>Penicillium</i> 10 % <i>Cladosporium</i> 5 % |

Vz. č. 6: ČOČKA Alnatura, BIO

| | KTJ /g | |
|--------------------|----------------------|--|
| CPB | 1,39.10 ² | |
| Mikromycety | 6,5.10 ¹ | <i>Penicillium</i> 38,5 % <i>Mucor</i> 23,1 % <i>Acremonium</i> 15,4 % <i>Cladosporium</i> 7,6 % neurčeno 15,4 % |

Vz. č. 7: ŽLUTÁ ČOČKA, Alnatura, BIO

| | KTJ /g | |
|--------------------|---------------------|---|
| CPB | 2,6.10 ² | |
| Mikromycety | 3,0.10 ¹ | <i>Mucor</i> 33,3 % <i>Penicillium</i> 33,3 % <i>Aspergillus</i> 16,7 % <i>Rhizopus</i> 16,7 % |

Vz. č. 8: MUNGO, Bioline, BIO

| | | KTJ /g |
|--------------------|----------------------|---|
| CPB | | 2,68.10 ⁴ |
| Mikromycety | 1,81.10 ¹ | <i>Rhizopus 50 % Penicillium 25 % Cladosporium 25 %</i> |

Vz. č. 9: ČOČKA, velkozrná, Essa

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|--|
| CPB | | 2,6.10 ³ |
| Mikromycety | 3,0.10 ¹ | <i>Mucor 66,6 % Penicillium 16,7 % Cladosporium 16,7 %</i> |

Vz. č. 10: ČOČKA VELKOZRNNÁ, LA Food

| | | KTJ /g |
|--------------------|----------------------|---|
| CPB | | 3,13.10 ³ |
| Mikromycety | 2,27.10 ¹ | <i>Penicillium 80 % Acremonium 20 %</i> |

Vz. č. 11: ČOČKA VELKOZRNNÁ, Euroshopper

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|---|
| CPB | | 4,55.10 ⁴ |
| Mikromycety | 7,5.10 ² | <i>Cladosporium 53,3 % Penicillium 40 % Aspergillus 6,7 %</i> |

Vz. č. 12: HRÁCH, zelený, Essa

| | | KTJ /g |
|--------------------|----------------------|---|
| CPB | | 9,95.10 ² |
| Mikromycety | 1,55.10 ² | <i>Aspergillus 51,6 % Penicillium 29 % Cladosporium 16,1 % neurčeno 3,3 %</i> |

Vz. č. 13: HRÁCH, žlutý, Tesco

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|--|
| CPB | | 1,32.10 ³ |
| Mikromycety | 1,0.10 ¹ | <i>Alternaria 50 % Cladosporium 50 %</i> |

Vz. č. 14: HRÁCH, žlutý, Veselka

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|---|
| CPB | | 4,2.10 ³ |
| Mikromycety | 1,0.10 ¹ | <i>Penicillium 50 % Cladosporium 50 %</i> |

Vz. č. 15: FAZOLE, Lagris

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|---|
| CPB | | 1,32.10 ⁶ |
| Mikromycety | 2,0.10 ¹ | <i>Penicillium 50 % Acremonium 25 % Cladosporium 25 %</i> |

Vz. č. 16: FAZOLE, Euroshopper

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|---|
| CPB | | 4,9.10 ³ |
| Mikromycety | 3,3.10 ² | <i>Penicillium 71,6 % Cladosporium 22,9 % Aspergillus 5,5 %</i> |

Vz. č. 17: FAZOLE, bílé, Qualiti Line

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| CPB | | 9,5.10 ¹ |
| Mikromycety | 0,5.10 ¹ | neurčeno |

Vz. č. 18: CIZRNA, Lagris

| | KTJ /g | |
|--------------------|---------------------|--|
| CPB | 2,2.10 ³ | |
| Mikromycety | 1,2.10 ² | <i>Penicillium</i> 74,1 % <i>Cladosporium</i> 22,2 % <i>Mycelia sterilia</i> 3,7 % |

5.2. Obilné produkty

Z 11 vzorků obilných produktů se v 6 případech jednalo o biopotraviny, 5 vzorků byly běžné konvenční potraviny.

Vz. č. 19: JEČNÉ KROUPY, velké, Bio Harmonie, BIO

| | KTJ /g | |
|--------------------|----------------------|--|
| CPB | 5,36.10 ⁵ | |
| Mikromycety | 8,72.10 ² | <i>Cladosporium</i> 42,2 % <i>Penicillium</i> 28,6 % <i>Aspergillus</i> 14,6 % <i>Acremonium</i> 14,6 % |

Vz. č. 20: POHANKA LOUPANÁ, Country life, BIO

| | KTJ /g | |
|--------------------|----------------------|---|
| CPB | 1,68.10 ³ | |
| Mikromycety | 1,9.10 ² | <i>Penicillium</i> 58,7 % <i>Aspergillus</i> 21,5 % <i>Cladosporium</i> 19 % <i>Rhizopus</i> 2,4 % |

Vz. č. 21: POHANKA LOUPANÁ, Albert, BIO

| | KTJ /g | |
|--------------------|---------------------|--|
| CPB | 3,2.10 ³ | |
| Mikromycety | 2,6.10 ² | <i>Penicillium</i> 68,1 % <i>Cladosporium</i> 26,2 % <i>Aspergillus</i> 2,9 % <i>Acremonium</i> 1,4 % <i>Mucor</i> 1,4 % |

Vz. č. 22: JÁHLY, Albert, BIO

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|---|
| CPB | | 2,67.10 ⁴ |
| Mikromycety | 2,0.10 ¹ | <i>Penicillium</i> 50 % <i>Aspergillus</i> 25 % <i>Mucor</i> 25 % |

Vz. č. 23: PŠENICE OZIMÁ, Country life, BIO

| | | KTJ /g |
|--------------------|----------------------|--|
| CPB | | 1,52.10 ⁵ |
| Mikromycety | 1,15.10 ³ | <i>Penicillium</i> 40,2 % <i>Cladosporium</i> 29,3 % <i>Alternaria</i> 16,2 % <i>Aspergillus</i> 9,2 % <i>Mycelia sterilia</i> 4,7 % |

Vz. č. 24: OVESNÉ VLOČKY, Bílý mlýn Kepka, BIO

| | | KTJ /g |
|--------------------|---------------------|--|
| CPB | | 1,56.10 ³ |
| Mikromycety | 4,5.10 ¹ | <i>Penicillium</i> 55,6 % <i>Cladosporium</i> 33,3 % neurčeno 11,1 % |

Vz. č. 25: JEČNÉ KROUPY, Penam

| | | KTJ /g |
|--------------------|----------------------|--|
| CPB | | 3,5.10 ⁵ |
| Mikromycety | 1,13.10 ³ | <i>Cladosporium</i> 37,7 % <i>Penicillium</i> 28,9 % <i>Acremonium</i> 15,9 % neurčeno 17,5 % |

Vz. č. 26: JEČNÉ KROUPY, Veselka

| | | KTJ /g |
|-------------|------------------|---|
| CPB | | $1,07 \cdot 10^5$ |
| Mikromycety | $1,2 \cdot 10^2$ | <i>Penicillium</i> 42,3 % <i>Cladosporium</i> 26,9 % <i>Aspergillus</i> 23,1 % <i>Alternaria</i> 7,7 % |

Vz. č. 27: JÁHLY, Lagris

| | | KTJ /g |
|-------------|-------------------|---|
| CPB | | $2,0 \cdot 10^4$ |
| Mikromycety | $1,15 \cdot 10^2$ | <i>Penicillium</i> 82,6 % <i>Mucor</i> 13,1 % <i>Acremonium</i> 4,3 % |

Vz. č. 28: OVESNÉ VLOČKY, Tesco

| | | KTJ /g |
|-------------|------------------|---------------------------|
| CPB | | $1,44 \cdot 10^2$ |
| Mikromycety | $0,5 \cdot 10^1$ | <i>Cladosporium</i> 100 % |

Vz. č. 29: POHANKA, Lagris

| | | KTJ /g |
|-------------|------------------|---|
| CPB | | $2,25 \cdot 10^2$ |
| Mikromycety | $7,0 \cdot 10^1$ | <i>Penicillium</i> 78,6 % <i>Cladosporium</i> 14,3 % <i>Aspergillus</i> 7,1 % |

5.3. Vyhodnocení výsledků

U BIO luštěnin se celkové počty bakterií pohybovaly v rozmezí od $1,39 \cdot 10^2$ (vzorek č. 6, čočka) až do $1,8 \cdot 10^5$ (vzorek č. 2, fazole). Konvenčně vyráběné luštěniny nabývaly hodnot od $9,5 \cdot 10^1$ (vzorek č. 15) do $1,32 \cdot 10^6$ (vzorek č. 17) přičemž v obou případech se jednalo o bílé fazole. Nejkontaminovanější vzorek (č. 17) byl pěstován v Etiopii, která leží v oblasti tropů. Jeho vysoký počet bakterií tak mohl být ovlivněn rozdílnými klimatickými i půdními podmínkami. Oba nejméně kontaminované vzorky (č. 6 a č. 15) byly pěstovány v Turecku s převládajícím

subtropickým podnebím. Průměrně nabýval počet bakterií v BIO luštěninách hodnoty $1,68 \cdot 10^4$ (viz. tab. č. 3), což je více než dvojnásobná hodnota proti luštěninám, pěstovaným konvenčně. Ty měly průměrnou hodnotu CPB $7,8 \cdot 10^3$ (viz. tab. č. 3).

Jak bylo zmíněno v kapitole 2.2.2.1., bakterie jsou zcela běžnou a dominantní součástí epifytní mikroflóry. Většinou jsou zastoupeny hnilobnými bakteriemi. Přesto je sledování celkového počtu bakterií důležitým ukazatelem, který může nepřímo poukazovat na možný výskyt patogenů a koliformních bakterií. Když se podíváme na dosud provedená srovnání výskytu těchto rizikových mikroorganismů v BIO a konvenčních potravinách, není možné vyvodit obecný závěr. Köpke et al. (2007) spatřují riziko ekologického zemědělství v hojném využívání statkových hnojiv. Zmiňují, že výkaly krav mohou obsahovat 10^2 až 10^5 KTJ *E. coli* v jednom gramu. Výkaly krav napadených *Salmonellou* pak dokonce až 10^2 – 10^7 KTJ těchto bakterií. Machado et al. (2006) zkoumali mikrobiologickou kvalitu BIO zeleniny, pěstované na půdách hnojených různými druhy hnoje. Uvádějí, že 63,3 % vzorků salátu obsahovalo více než 10^2 KTJ koliformních bakterií v jednom gramu. Nguz et al. (2005), kteří sledovali mikrobiologickou kvalitu ekologicky pěstované zeleniny v Zambii, identifikovali *Salmonellu* ve 23,1 % ze 160 vzorků. V případě živočišných produktů zmiňují Bruggen et al. (2008) větší výskyt *Campylobacteru* v drůbežích biovýrobciích.

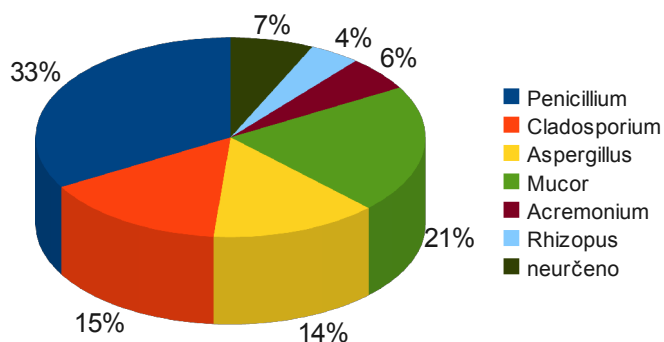
Tabulka č. 3: Srovnání počtů mikroorganismů BIO a konvenčních luštěnin

| | CPB (KTJ/g) | Mikromycety (KTJ/g) |
|------------------------|-------------------|---------------------|
| BIO luštěniny | $1,68 \cdot 10^4$ | $4,3 \cdot 10^1$ |
| konv. luštěniny | $7,8 \cdot 10^3$ | $1,45 \cdot 10^2$ |

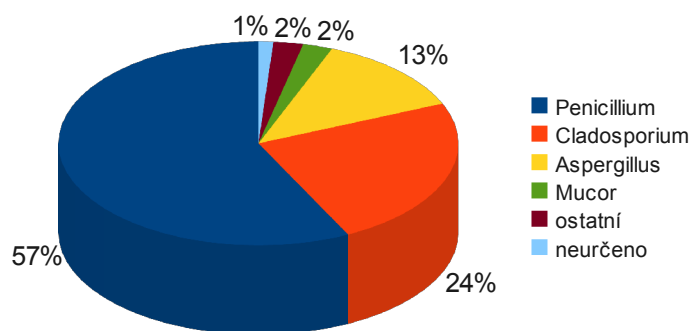
Když se podíváme na obsahy mikromycet, je jejich počet oproti bakteriím řádově nižší. Obsahy mikromycet se ve vzorcích označených jako BIO pohybovaly v rozmezí $1,5 \cdot 10^1$ (vzorek č. 4, fazole) do $9,09 \cdot 10^1$ (vzorek č. 5, čočka). Konvenční luštěniny nabývaly hodnot od $1,0 \cdot 10^1$ (vzorky č. 13 a 14, v obou případech žlutý hrách) do $7,5 \cdot 10^2$ (vzorek č. 11, čočka). Dva nejvíce kontaminované vzorky (č. 11 a č. 16) byly distribuovány pod „neznačkovou“ řadou Euroshopper. Když výsledky srovnáme, průměrný obsah mikromycet v BIO luštěninách byl $4,3 \cdot 10^1$ (viz. tab. č. 3), v konvenčních potravinách potom $1,45 \cdot 10^2$. Vyšší obsah mikromycet v konvenčně pěstovaných luštěninách byl výrazně ovlivněn dvěma již zmiňovanými méně kvalitními vzorky. Pokud bychom je pominuli, dostaly bychom se k číslu $4,65 \cdot 10^1$, tedy srovnatelnému s bioprodukty. Když srovnáme rodové zastoupení (viz. graf č. 1 a 2), v obou případech dominovaly plísně rodu *Penicillium*, následované *Cladosporiem*. Povšimnout si můžeme vyššího

podílu plísní rodu *Mucor* u bioluštění.

Graf č. 1: Rodové zastoupení mikromycet u BIO luštění



Graf č. 2: Rodové zastoupení mikromycet u konvenčních luštění



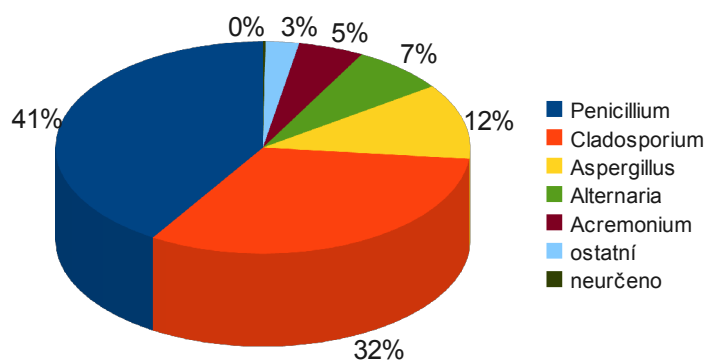
Výsledky zkoumaných obilných produktů vykazovaly v případě CPB i obsahu mikromycet řádově vyšší hodnoty než luštění viz. tab. č. 5). U bioproduktů se obsahy bakterií pohybovaly v rozmezí od $1,56 \cdot 10^3$ (vzorek č. 24, ovesné vločky) do $5,36 \cdot 10^5$ (vzorek č. 19, pšenice ozimá). U konvenčních obilovin potom od $1,44 \cdot 10^2$ (vzorek č. 28, ovesné vločky) do $3,5 \cdot 10^5$ (vzorek č. 25, ječné kroupy). Celkově obsahovaly BIO obiloviny $1,19 \cdot 10^5$ KTJ bakterií v jednom gramu (viz. tab. č. 4), průměrný obsah bakterií v konvenčních obilných produktech byl $9,5 \cdot 10^4$ KTJ v gramu (viz. tab. č. 4).

Tabulka č. 4: Srovnání počtu mikroorganismů BIO a konvenčních obilovin

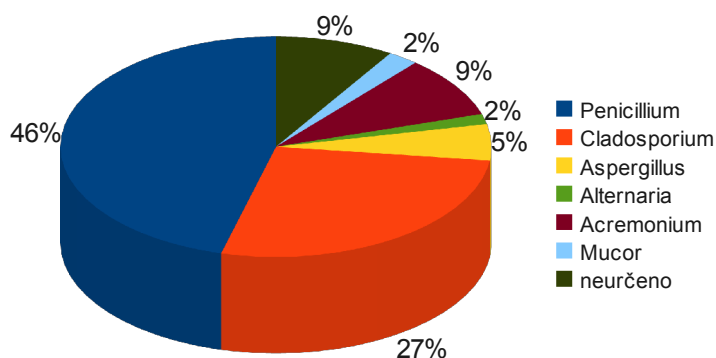
| | CPB (KTJ/g) | Mikromycety (KTJ/g) |
|------------------------|-------------------|---------------------|
| BIO obiloviny | $1,19 \cdot 10^5$ | $4,2 \cdot 10^2$ |
| konv. obiloviny | $9,5 \cdot 10^4$ | $3,24 \cdot 10^2$ |

Obsah mikromycet se u BIO obilovin pohyboval od $2,0 \cdot 10^1$ (vzorek č. 22, jáhly) do $1,15 \cdot 10^3$ (vzorek č. 19, pšenice ozimá). U konvenčních potom od $0,5 \cdot 10^1$ (vzorek č. 28, ovesné vločky) do $1,13 \cdot 10^3$ (vzorek č. 25, ječné kroupy). Můžeme si všimnout, že ovesné vločky dosahovaly nízkých hodnot CPB i obsahu mikromycet. To můžeme pravděpodobně přičíst způsobu jejich výroby, kdy dojde nejprve ke snížení vlhkosti na 2 – 4 % a poté jsou dosahovány teploty 90 – 95 °C. V průměru obsahovaly BIO obiloviny $4,2 \cdot 10^2$ KTJ mikromycet v jednom gramu (viz. tab. č. 4), konvenčně pěstované obiloviny $3,24 \cdot 10^2$ KTJ. Jak můžeme vidět v grafech č. 3 a 4, stejně jako u luštěnin dominovaly obilným produktů plísně *Penicillium* a *Cladosporium* (viz. graf č. 6). U BIO produktů si můžeme povšimnout vyššího zastoupení plísní rodů *Aspergillus* a *Alternaria* (viz. graf č. 3).

Graf č. 3: Rodové zastoupení mikromycet u BIO obilovin



Graf č. 4: Rodové zastoupení mikromycet u konvenčních obilovin



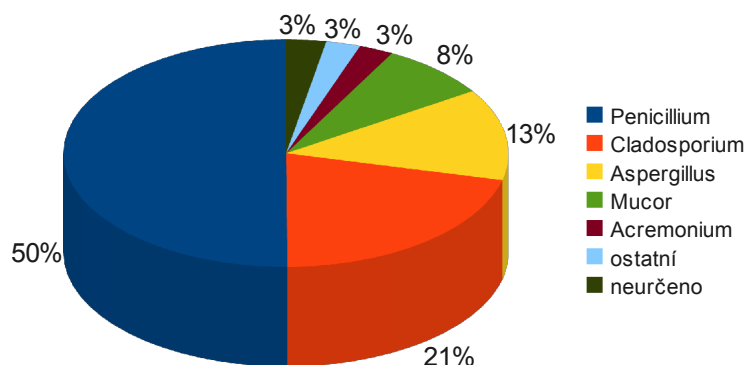
Plísně představují riziko z hlediska možného znehodnocení suroviny. Pro spotřebitele je však významnější riziko produkce mykotoxinů. Při porovnávání obsahu mykotoxinů

v biopotravinách a konvenčních potravinách není zatím dosahováno jednoznačných výsledků. Klinglmayr et al. (2010) sledovali výskyt deoxynivalenolu (DON) v 55 vzorcích konvenčních a bio cereálních potravin. Z osmi vzorků obsahujících DON v množství nad mezí stanovitelnosti (LOQ) byl pouze jeden vzorek klasifikován jako biopotravina. To se shoduje s výsledky, které uvádí Olsen (2008). Olsen však také zmiňuje příležitostný vyšší výskyt patulinu v ekologicky pěstovaném ovoci. Srovnáním množství fuzáriových mykotoxinů v konvenčních a biopotravinách se zabývali také Magkos et al. (2006) kteří neprokázali žádné významné rozdíly.

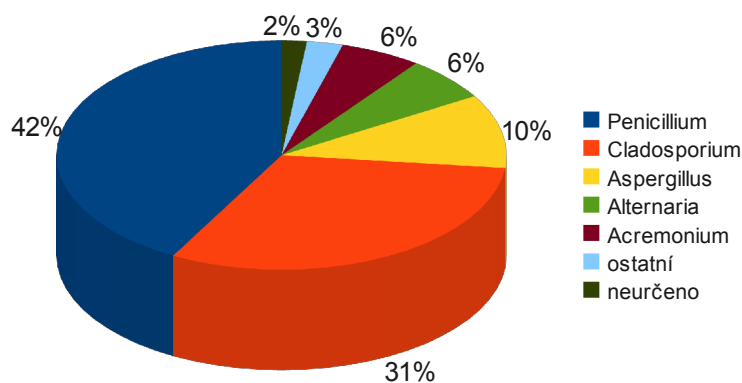
Tabulka č. 5: Srovnání celkových zjištěných hodnot luštěnin a obilovin

| | CPB (KTJ/g) | Mikromycety (KTJ/g) |
|------------------|-------------------|---------------------|
| luštěniny | $1,23 \cdot 10^4$ | $9,4 \cdot 10^1$ |
| obiloviny | $10,7 \cdot 10^5$ | $3,78 \cdot 10^2$ |

Graf č. 5: Celkové rodové zastoupení mikromycet u luštěnin



Graf č. 6: Celkové rodové zastoupení mikromycet u obilovin



6. Závěr

Od března do října 2009 byl u 29 vybraných vzorků BIO a konvenčních luštěnin a obilných produktů, zakoupených v maloobchodní síti, zjišťován a porovnáván celkový počet bakterií a mikromycet a také kvalitativní zastoupení jednotlivých rodů mikromycet.

Pro analýzu byla použita kultivační desková metoda po přípravě desítkové ředící řady. Počet mikromycet byl stanovován na GKCH agaru, počet bakterií na APHA agaru, výsledky byly vyjádřeny jako KTJ (kolonie tvořící jednotka) v 1 gramu vzorku. Rodová identifikace mikromycet probíhala mikroskopicky.

Celkový zjištěný obsah bakterií v biopotravinách byl řádově vyšší, než u konvenčních potravin. V obsahu mikromycet nebyly mezi biopotravinami a konvenčními potravinami zjištěny žádné významné rozdíly. Také rodové zastoupení bylo ve většině případů podobné. Významnějšího rozdílu bylo zjištěno, ve vyšším zastoupení plísni rodu *Mucor* u bioluštěnin a vyššího podílu plísni rodu *Aspergillus* a *Alternaria*, (které jsou toxinogenní) u bio obilných produktů.

Hlavním problémem srovnávání mikrobiologické kvality rostlinných biopotravin s potravinami konvenčními je především to, že je mikrobiologická kvalita do značné míry ovlivněna podmínkami prostředí (půdními, klimatickými...), které jsou na způsobu pěstování a produkce nezávislé. Proto je zatím v této oblasti dosahováno dosti rozdílných výsledků, které jsou navíc těžko přenositelné. Dosavadní zjištěné výsledky tak zatím neumožňují vyvodit obecný závěr, který by mohl označit biopotraviny z mikrobiologického hlediska za méně kvalitní, nebo naopak kvalitnější. Přesto se dá říci, že ekologické zemědělství v některých svých směrech může představovat zvýšené riziko mikrobiální kontaminace a proto je nutné důsledně dodržovat všechna dostupná agrotechnická opatření, kterými lze toto riziko eliminovat či snížit.

7. Literatura

- Adams, M. R., Moss, M. O. 2008. Food Microbiology, Third Edition. The Royal Society of Chemistry. Cambridge, p. 463.
- Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. 2009. Food Chemistry, 4th revised and extended Edition. Springer-Verlag. Berlin, p. 1070.
- Bell, Ch., Neaves, P., Williams, A. P. 2005. Food Microbiology and Laboratory Practise. Bleckwell science. Oxford, p. 324.
- Bibek, R. 2005. Fundamental Food Microbiology, Third Edition. CRC Press, Florida, p. 608.
- Bruggen, A. H. C. van, Franz, E., Semenov, A. M. 2008. Human Pathogen in Organic and Conventional Foods and Effects of the Environment, in Givens, I., Baxter, S., Minihane, A. M., Shaw, E. (eds.), Health Benefits of Organic Food, Effect of the Environment. CABI. Wallingford, pp. 160-189.
- Diez-Gonzales, F., Mukherjee, A. 2007. Produce Safety in Organic vs. Conventional Crops, in Fan, X., Niemira, B. A., Doona, Ch. J., Feeherry, E., Gravani, R. B. (eds.), Microbial Safety of Fresh Produce. Bleckwell Publishing, Iowa, pp. 83-100.
- Domijan, A. M., Peraica, M., Žlender, V., Cvetković, B., Jurjević, Ž., Topolovec-Pintarić, S., Ivić, D. 2005. Seed-borne fungi and ochratoxin A contamination of dry beans in the Republic of Croatia. Food and Chemical Toxicology, 43, 427-432.
- Dostálová, J., Prugar, J. 2008. Luskoviny, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 195-205.
- Drastichová, K. 2005. Faktory ovlivňující mykologickou kvalitu ovsa, 2. vydání, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice, s. 119.
- Frisvad, J. C., Andersen, B., Samson, R. A. 2007. Association of moulds to foods, in Dijksterhuis, J., Samson, R. A. (eds.), Food Mycology, A Multifaceted Approach to Fungi and Food. CRC Press. Florida, pp. 199-240.
- Fussaitová, O. 1979. Plísňe a vláknité houby v technické mikrobiologii; Příručka k určování. SNTL – Nakladatelství technické literatury. Praha
- Ghorbani, R., Wilcockson, S. 2007. Reducing copper-based fungicide use in organic crop production system, in Cooper, J., Niggli, U., Liefert, C. (eds.), Handbook of organic food safety and quality. Woodhead publishing limited. Cambridge, pp. 392-412.

- Hosnedl, V. 2008. Luskoviny, Inovace a trendy v pěstování, ve využití produkce a ve šlechtění luskovin. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha, s. 12.
- Hrušková, M., Burešová, I., Capouchová, I., Faměra, O., Hanišová, A., Horáková, V., Hořčíčka, J., Hřivna, L., Novotný, F., Petr, J., Prugar, J. 2008. Pšenice, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 75-103.
- Chrprová, J., Šíp, V. 2005. Fuzariózy klasu u obilovin, in Listové a klasové choroby pšenice, Diagnostika, symptomy chorob a rezistence odrůd. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, s. 12-13.
- Jay, M. J., Loessner, J. M., Golden, D. A. 2005. Modern Food Microbiology, Seventh Edition. Springer Science+Business Media. New York, p. 790.
- Kopec, K., Mezulianik, M., Škopek, B. 2008. Řízení jakosti rostlinných produktů, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 315-326.
- Klinglmayr, Ch., Nöbauer, K., Razzazi-Fazeli, E., Cichna-Markl, M. 2010. Determination of deoxynivalenol in organic and conventional food and feed by sol-gel immunoaffinity chromatography and HPLC-UV detection. *Journal of Chromatography B*, 878, pp. 187-193
- Kritzinger, Q., Aveling, T. A. S., Marasas, W. F. O., Rheeder, J. P., Westhuizen, L van der, Shepard, G. S. 2003. Mycoflora and fumonisin mykotoxins asociated with cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) seeds. *Journal of agriculture and food chemistry*, 51, pp. 2188-2192.
- Köpke, U., Krämer, J., Leifert, C. 2007. Pre harvest strategies to ensure the microbiological safety of fruit and vegetables from manure-based production systems, in in Cooper, J., Niggli, U., Liefert, C. (eds.), *Handbook of organic food safety and quality*. Woodhead publishing limited. Cambridge, pp. 413-429.
- Magkos, F., Arvaniti, F., Zampelas, A. 2006. Organic food: buying more safety or just peace of mind? A critical rievew of thew literature. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46, pp. 23-56.
- Machado, D. C., Maia, C. M., Carvalho, I. D., Silva, N. F. da, Cláudia, M., André, D. P. B., Serafini, Á. B. 2006. Microbiological quality of organic vegetables produced in soil treated with different types of manure and mineral fertilizer. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37, pp. 538-544.

- Mason, J., 2003. Sustainable agriculture, second edition. Landlinks Press. Collingwood, p. 205.
- Moudrý, J., Štěřba, Z., Capouchová, I. 2008. Oves, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 133-141.
- Nguz, K., Shindano, J., Samapundo, S., Huyghebaert, A. 2005. Microbiological evaluation of fresh-cut organic vegetables produced in Zambia. Food Control, 16, pp. 623-628.
- Odumeru, J. A. 2006. Microbial Safety of Food and Food Products, in Hui, I. H. (ed.), Food Biochemistry and Food Processing. Blackwell Publishing. Oxford, pp. 689-704.
- Olsen, M.. 2008. Mycotoxins in Organic and Conventional Foods and Effects of the Environment, in Givens, L., Baxter, S., Minihane, A. M., Shaw, E. (eds.), Health Benefits of Organic Food, Effect of the Environment. CABI. Wallingford, pp. 145-159.
- Ostrý, V., Ruprich J., Škarková, J. 2001. Mykotoxiny a zdravotní rizika pro člověka, in Mykotoxiny a jejich stanovení metodou ELISA. Noack, Praha, s. 1-10.
- Paulová, J. 2001. Mykotoxiny v krmivu I; zdroje, prevence, dopad na zdraví a užitkovost zvířat a možnosti dekontaminace, in Mykotoxiny a jejich stanovení metodou ELISA. Noack, Praha, s. 24-26.
- Pelikán, M., Burešová, I., Kučerová, J., Petr, J. 2008. Žito a tritikale, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 104-115.
- Petr, J., Capouchová, I., Kalinová, J. 2008, Alternativní plodiny, pseudocereálie a produkty ekologického zemědělství, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 147-167.
- Pinotek, M. 1999. Gryzyby plésniowe. PGNiG S.A. Warszawa.
- Polišenská, I., Dostálová, J., Hajšlová, J., Hrubý, J., Kalač, P., Prugar, J., Vaculová, K. 2008. Nežádoucí látky v rostlinných produktech, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 33-46.
- Prokinová, E. 2004. Druhy rodu *Alternaria* - původci chorob rostlin, producenti toxinů a alergenů: přehled dosavadních poznatků. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha, s. 18.
- Příhoda, J. 2002. Cereální suroviny a mlynářství, in Kadlec, P. (ed.), Technologie potravin I, VŠCHT, Praha, 140-157.
- Psota, V., Ehrenbergerová, J. 2008. Ječmen, in Prugar, J. (ed.), Kvalita rostlinných produktů

na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha, 116-132.

Schiefer, G. 2007. Assuring Safety and Quality along the Food Chain, in Nollet, L. M. L., Toldrá, F., Hui, Y. H. (eds.), *Advances in Food Diagnostics*, Blackwell Publishing. Oxford, pp. 1-10.

Scholenberger, M., Müller, H. M., Rühle, M., Suchy, S., Plank, S., Drochner, W. 2006 . Natural occurrence of 16 fusarium toxins of grains and feedstuffs of plant origin from Germany. *Mycopathologia*, 161, pp. 43-52.

Sýkorová, S., Matějová, E. 2005. Problematika a průzkum obsahu fusariových mykotoxinů v zrna obilovin, in *Listové a klasové choroby pšenice, Diagnostika, symptomy chorob a rezistence odrůd*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha, s. 14-16.

Šilhánková, L. 2008. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Academia. Praha, s. 363.

Velíšek, J. 2002a. *Chemie potravin 1*. OSSIS. Tábor, s. 332.

Velíšek, J. 2002b. *Chemie potravin 3*. OSSIS. Tábor, s. 343.

Elektronické zdroje

Anonym. *Nová legislativa - stručný přehled*. [online] [cit. 2010-24-02]. Dostupné z <http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/legislation_cs>

Prescott, L. M. 2002. *Microbiology* [CD-ROM]

Šimůnek, J. *Mykotoxiny*, verze 1.3, únor 2003. [online] [cit. 2010-04-03] Dostupné z <<http://www.med.muni.cz/prelek/MYKOTW/mtidx.htm>>