

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

KATEŘINA KRCHÁKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně

**Agronomická fakulta
Ústav Technologie potravin**



Kažení potravin

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
MVDr. Olga Cwиковá, Ph.D.

Vypracovala:
Kateřina Krcháková

Brno 2016

Čestné prohlášení

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

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

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

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí své práce paní doktorce Cwikové za její trpělivost, rady a věcný, vždy přítomný humor. Dále děkuji svým přátelům a rodině za podporu a toleranci, za významnou pomoc při tvorbě této práce, za jejich objektivní názor a poznámky.

Abstrakt

Kažení potravin

Tato práce se zabývá problematikou kažení surovin a potravin z pohledu spotřebitele, kterému jsou přiblíženy obecné zásady uchovávání a zpracovávání potravin v závislosti na jejich náchylnosti ke zkáze. Znehodnocování potravin je způsobeno určitými faktory vztahujícími se k prostředí, manipulací s danou komoditou a jejími přirozenými obrannými mechanismy. Tyto vlivy jsou zde popsány v souboru kapitol zmiňujících se o metabolismu kazících mikroorganismů, o degradačních procesech v potravině probíhajících a z uvedených faktů jsou závěrem uvedena preventivní opatření. Vedle degradace jednotlivých stavebních složek jsou v práci uvedeny projevy, příčiny a důsledky kažení jednotlivých komodit, ať již působením vlivů mikrobiologických, fyzikálních nebo chemických.

Klíčová slova: Rozklad látek, proteiny, lipidy, sacharidy, mikroorganismy, prevence, konzervace, potraviny, rostlinné produkty, živočišné produkty.

Abstract

This work deals with raw materials and food spoilage from a consumer perspective, to whom general principles of storage and processing of food depending on their tendency to go bad, are described. Food depreciation is caused by certain factors relating to the environment, manipulation of the commodity and its natural defenses mechanisms. These effects are described in the file of chapters mentioning the metabolism of spoiling microorganisms, degradation processes running in the food and based of these facts there are drawn conclusions about preventive measures. Besides the degradation of individual building food components in the work are stated the symptoms, causes and consequences of spoilage of various commodities, by microbiological, physical and chemical influences.

Keywords: Decomposition of substances, proteins, lipids, carbohydrates, microorganisms, prevention, conservation, food, product of plant origin, product of animal origin.

OBSAH

Obsah.....	6
1 Úvod.....	8
2 Cíl.....	9
3 Literární přehled.....	10
3.1 Metabolismus mikroorganismů	10
3.1.1 Metabolismus bakterií	12
3.1.2 Metabolismus plísní.....	12
3.1.3 Metabolismus kvasinek	13
3.2 Nejčastější projevy kažení	14
3.2.1 Hniloba	14
3.2.2 Zaplísňení	15
3.3 Sacharidy	15
3.3.1 Anaerobní odbourávání sacharidů.....	17
3.3.2 Aerobní odbourávání sacharidů.....	17
3.4 Proteiny.....	18
3.4.1 Oxidace proteinů	18
3.4.2 Kažení mikroorganismy	18
3.4.2.1 Povrchové mikrobiální kažení.....	19
3.4.2.1 Mikrobiální kažení masa v hmotě	19
3.5 Lipidy.....	19
3.5.1 Rozklad lipidů	19
3.6 Kažení jednotlivých komodit.....	21
3.6.1 Maso	21
3.6.2 Ryby a mořské plody.....	23
3.6.3 Mléko a mléčné výrobky.....	23
3.6.3.1 Kažení pasterovaného mléka.....	24

3.6.3.1	Sýry.....	24
3.6.3.1	Máslo	25
3.6.4	Vejce.....	25
3.6.5	Obilniny.....	26
3.6.6	Ovoce a zelenina.....	27
3.7	Prevence.....	29
3.7.1	Balení potravin	30
3.7.1.1	Vakuové balení.....	30
3.7.1.1	Balení v ochranné atmosféře	30
3.7.2	Potravinová aditiva.....	31
3.7.3	Ozařování	32
4	Závěr	35
5	Zdroje	36
5.1	Literární zdroje	36
5.2	Internetové zdroje	38

1 ÚVOD

Kažení potravin je významným, aktuálním a celosvětovým problémem, kdy se prakticky denně setkáváme s důsledky kazících procesů. Díky neustálému koloběhu látek v přírodních cyklech mají složitější látky tendenci se rozkládat a navracet své složky zpět vnějšímu prostředí.

Ve své práci se zabývám průběhem a příčinami těchto rozkladů, faktory, jež tyto procesy urychlují a zpomalují a na základě získaných poznatků pak vyvozují možnosti prodloužení trvanlivosti potraviny či suroviny.

Výchozím poznatkem pro vznik práce byla přímá souvislost kazících procesů s činností mikroorganismů v souvislosti s adaptibilitou a odolností dané mikroflóry a s vhodností daného substrátu k jejich kultivaci. Cílem uchování, úpravy a konzervace potravin je znemožnit nebo přinejmenším znesnadnit růst právě kazící mikroflóry a to fyzikálními, chemickými nebo biologickými zásahy.

2 CÍL

Cílem mé bakalářské práce bylo prostudovat dostupnou literaturu na téma kažení potravin, popsat rozklad jednotlivých živin a mikroorganismy, které se na kažení potravin podílejí. Dále popsat postupy, které mohou kažení potravin zpomalit a ze získaných poznatků vyvodit preventivní opatření k jeho zamezení.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Kažení potravin zahrnuje veškeré změny, díky kterým se potravina stává nepříjemnou pro lidskou spotřebu. Může mít celou řadu příčin, kdy je často obtížné od pohledu rozhodnout, zda je již potravina zkažena a zda je vhodná či nevhodná pro konzumaci. Kažení potravin může být způsobeno jedním nebo více následujícími činiteli:

1. poškozením hmyzem;
2. fyzikální újmou způsobenou nárazy, otlaky, zmrazením, vysušením či radiačním zářením;
3. aktivitou nativních enzymů v tkáních nebo pletivech;
4. chemickými změnami, jež nejsou způsobeny mikroby nebo přirozeně se vyskytujícími enzymy;
5. aktivitou mikroorganismů, zejména bakteriemi, kvasinkami a plísněmi (FORSYTHE & HAYES, 1998).

3.1 Metabolismus mikroorganismů

Metabolismus mikroorganismů je založen, stejně jako u jiných organismů, na příjmu složitých látek, rozštěpení jejich energeticky bohatých vazeb a tím získání energie a vyloučení jednodušších látek do prostředí. Podle substrátu, jenž vstupuje do metabolických drah a podle podmínek prostředí, za nichž metabolismus probíhá, se mikroorganismy označují mj. některými charakterizujícími termíny:

Podle vztahu k povaze substrátu se rozlišují autotrofní a heterotrofní mikroorganismy – ty využívají jako zdroj uhlíku anorganické (CO_2), resp. organické sloučeniny.

K definici povahy substrátu se váže hodnota koncentrace prostředí, neboli množství dostupné vody a úroveň zředění prostředí – pro uchovávání potravin (nakládání do láků a sušení) se tedy jedná o poměrně významný faktor. Pro prostředí o vysoké koncentraci složek vyhovuje tzv. osmofilním mikroorganismům. Přítomnost chemických látek v substrátu většinou znemožňuje metabolické reakce přítomné mikroflóry, mimo tzv. chemorezistentní mikroorganismy. Ty se vyskytují i v prostředí s přítomností agresiv-

ních sloučenin (kyselin, dezinfekčních prostředků), čímž komplikují provedení úspěšné sanitace.

Podle vztahu k atmosféře jsou známy mikroorganismy aerobní a anaerobní, jejichž metabolismus je závislý na přítomnosti, resp. nepřítomnosti vzdušného kyslíku (KALHOTKA & TESAŘOVÁ, 2014).

U mikroorganismů dochází pod vlivem příznivých vnějších podmínek k velmi intenzivnímu metabolismu a tím k rychlé syntéze buněčné hmoty, kdy se doba potřebná ke zdvojnásobení buněčné hmoty může pohybovat v rozmezí několika desítek minut až několika hodin. Tato biosyntetická aktivita může probíhat díky následujícím faktorům:

- Mikroorganismy jsou schopny přijímat živiny povrchem svého těla, který tvoří vzhledem k jejich velikosti obrovskou plochu.
- Mají také vysokou schopnost syntézy bílkovin – proteosyntetický aparát složený z ribozomů a ribonukleových kyselin zaujímá v sušině jejich buněk až 40 %.
- Disponují vysokou četností katabolických reakcí pro získání a dodání dostatečného množství energie pro buněčnou syntézu.

Principem metabolismu každého organismu je postupný trvalý získání energie pro reakce v buňkách. Tato energie se uvolňuje rozkladnými reakcemi makroergických vazeb. Energie uložená do zásobních molekul je vytvořena díky přenašečům vodíkových iontů a elektronů, které působí neustále a cyklicky a transportem iontů přes membránu umožňují vznik a uvolnění zásobní energie.

Sacharolýza: probíhá při metabolizaci hexos (glukosa, fruktosa, galaktosa, manosa) na pyruvát, jež se zpracovává různě podle druhu mikroorganismu a prostředí. Vždy jde ale o přeměnu redukovaného NADH na NAD⁺ kvůli jejich schopnosti dehydrogenovat další molekuly substrátu (ŠILHÁNKOVÁ, 1995).

Lipolýza: Tuk a tuková tkáň díky své hydrofobitě neposkytuje mikroorganismům vhodné podmínky. Nicméně triacylglyceroly mohou být deesterifikovány některými mikroby, např. *Pseudomonas fluorescens*, jež získává energii odštěpením glycerolu a oxidací mastných kyselin. Tkáně, v nichž se rozvíjí žluklý zápach způsobený methyl ketonem, jsou napadeny jednotlivými druhy rodu *Pseudomonas* a některými rody hub.

Aktivita plísňových lipas je ale naopak vysoce ceněna v průběhu biologického zrání a dotváří aroma některých trvanlivých masných výrobků (MACRAE, 1993).

3.1.1 Metabolismus bakterií

Homofermentativní mléčné bakterie (např. rodu *Lactococcus*) redukují pyruvát v laktát (viz Anaerobní odbourávání sacharidů). Heterofermentativní ml. bakt. neštěpí hexosa-1,6-bisfosfát, a proto sérií dílčích reakcí zpracovávají hexosy na CO₂, ethanol a laktát. Propionové bakterie (rod *Propionibacterium*) karboxylují pyruvát na oxalacetát a ten metabolizují na propionát.

Zástupci rodu *Clostridium* oxidačně dekarboxylují pyruvát za přítomnosti koenzymu A za vzniku anionu máselné kyseliny – butyrátu. Dále zde vzniká butanol, aceton, 2-propanol, β-hydroxymáselná kyselina a octová kyselina. Složení konečných metabolitů se může podle druhu klostridií měnit (ŠILHÁNKOVÁ, 1995).

3.1.2 Metabolismus plísní

V problematice uchovávání potravin jsou plísně významné svojí nenáročností na živiny a nutriční bohatost substrátu. Mohou napadat materiály chudé na sacharidy i bílkovinné sloučeniny, ale jsou schopny odolat i vysoké koncentraci látek v substrátu (KYZLINK, 1990).

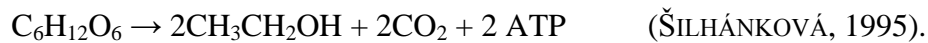
Stavební jednotky skeletu plísní tvoří jejich primární metabolity, biosyntetické pochody nezbytné k jejich vzniku ale vedou přes meziprodukty i k produkci tzv. mykotoxinů – jejich toxickým sekundárním metabolitům. V buňkách plísní existuje vícero metabolických drah, kdy z určitých sloučenin substrátu vzniká určitý metabolit (např. z aminokyselin vznikají námelové alkaloidy, příp. rokvefortin). Nejvýznamnějšími producenty mykotoxinů jsou zástupci rodů *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009).

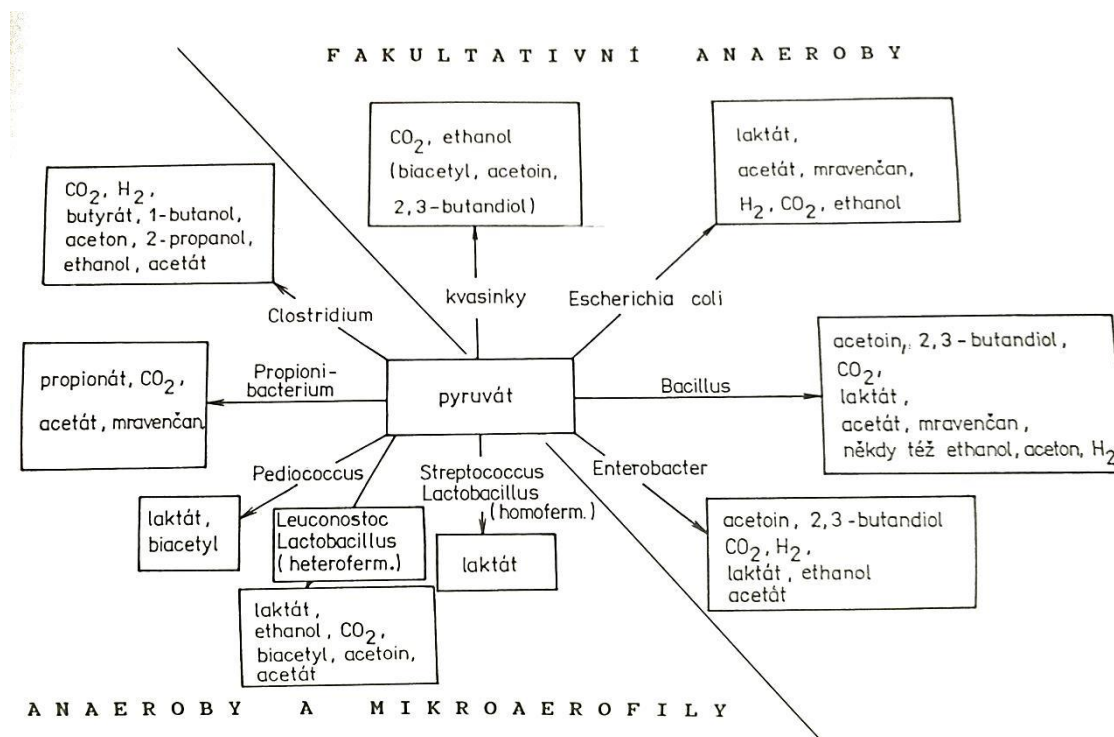
3.1.3 Metabolismus kvasinek

Jednoduché cukry jsou kvasinkami a kvasinkovými organismy transformovány, především anaerobně, na ethanol a oxid uhličitý. Nejběžnějšími organismy jsou zástupci kmenů *Saccharomyces*, např. *Saccharomyces cerevisiae*, *S. pastorianus*.

Tyto procesy probíhají v přirozeně kyselých mikroaerobních mírně zakoncentrovaných substrátech, jako je ovocná šťáva a mošt s pH pod 4,0. Vzniklý alkohol je při nedostatku kyslíku v prostředí odbouráván několika způsoby: v procesu octového kvašení jej odbourává rod *Acetobacter*, na vodu a oxid uhličitý jej přemění aerobní formy filmotvorných a pelikulotvorných kvasinek (např. *Pichia* spp.) (MACRAE, 1993).

Z energetického hlediska se z alkoholového kvašení získají 2 molekuly ATP. Pyruvát je nejdříve dekarboxylován na acetaldehyd a ten je za přítomnosti NADH redukován na ethanol, uvolní se CO₂ a energie se vloží do 2 molekul ATP.:





Obr. 1 Schéma rozkladu pyruvátu u různých mikroorganismů (ŠILHÁNKOVÁ, 1995)

3.2 Nejčastější projevy kažení

3.2.1 Hniloba

Hniloba je obvykle spojena s výrazným zhoršením sensorické kvality potraviny a ta je z bezpečnostního hygienického hlediska nepřijatelná. Dochází zde k rozkladu proteinů, peptidů a aminokyselin; je ohrožena stabilita skladování, kde díky dekarboxylativní destrukci α -aminokyselin vzniká množství CO₂, H₂S a ostatních zapáchajících látek jako jsou thioly, skatol a indol. Jsou produkovány i vysoce toxické biogenní aminy, například kadaverin a putrescin, a také muskarin nebo neutrin jako produkty degradace fosfolipidů.

Hniloba je způsobena některými aeroby i anaeroby – tzv. hnilobnými bakteriemi. Jsou to mj. *Clostridium putrefaciens*, *C. sporogenes*, *Bacillus subtilis* a některými zástupci rodu *Escherichia*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Pseudomonas* a *Alcaligenes*.

Hniloba je nebezpečná kvůli vzniku nebezpečných látek, toxických již v malých koncentracích. Nejznámější je např. botulotoxin produkovaný *Clostridium botulinum*, případně toxiny produkované kmeny Salmonel (MACRAE, 1993).

3.2.2 Zplísnění

Častými iniciátory degradačních procesů a vznikajících vad potravin mohou být částečně i plísňe narušující povrch potravin svým myceliem a ty mohou zapříčinit tzv. „mould-induced putrefaction“ – hnilobu způsobenou plísněmi. Významnými činiteli jsou zástupci rodů *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Botrytis*, *Scerotia* a další. Některé z nich jsou využívány pro výrobu plísňových sýrů, masných výrobků apod. Některé rody ale produkují nebezpečné mykotoxiny, např. aflatoxin, patulin, ochratoxin. Jakmile je potravin napadena plísněmi, stává se nepoživatelnou (MACRAE, 1993).

Nebezpečí napadení plísněmi spočívá hlavně v toxicitě jejich sekundárních metabolitů, a to především při výskytu toxinogenních druhů mikroskopických hub. Těch je z potravinářsky významných hub, celkem 114 druhů, toxinogenních 65 (VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009).

3.3 Sacharidy

Sacharidy jsou skupinou přirozeně se vyskytujících uhlíkatých sloučenin (aldehydů a ketonů) s hydroxylovou skupinou v molekule. Tato skupina zahrnuje jednoduché cukry (monosacharidy) a jejich polymery – oligosacharidy a polysacharidy.

Struktura sacharidů: Podle typu oxidace lze sacharidy rozdělit na aldózy a ketózy a podle počtu monosacharidových jednotek v molekule na mono-, oligo- a polysacharidy, z nichž každá skupina má rozdílné specifické vlastnosti.

Nejdůležitější přírodní monosacharid, D-glukosa, je alifatickým aldehydem se šesti uhlíkatými atomy, na pěti z nich je navázána hydroxylová skupina (KOOLMAN & RÖHM, 2013).

Reakce sacharidů: Cukry se vyskytují v několika formách (derivátech) v metabolismu. Pro metabolismus a jejich degradaci je nejdůležitější oxidace a redukce, případně esterifikace. U monosacharidů náhradou jedné hydroxylové skupiny vznikají aminocukry, cukerné kyseliny apod., tyto látky se dále podílejí na reakcích v organismu (jako např. kyselina L-askorbová), nebo jsou stavebními jednotkami některých polysacharidů (KOLÁŘ, KODÍČEK & POSPÍŠIL, 2005).

Významné sacharidy: Nejznámější aldopentosa, D-ribosa, tvoří složku RNA a nukleotidových koenzymů. Nejdůležitější z aldohexos je D-glukosa. Představuje cílovou složku bazálního metabolismu a její molekuly jsou přímo v buňkách zpracovávány na energii a odpadní látky. V biomase má hlavní úkol jako složka polymerů, především jako celulóza a škrob. Volná D-glukosa se vyskytuje ve zralém ovoci jako „ovocný cukr“ a v krvi živočichů jako „krevní cukr“. Jako komponent laktosy – mléčného cukru – je další významnou složkou lidské výživy D-galaktosa. Do pentosového cyklu vstupuje nejrozšířenější ketohexosa D-fruktosa, ve volné formě přítomná v ovocné šťávě a v medu, jako vázaná se vyskytuje v sacharose a v rostlinných polysacharidech. Z disacharidů jsou známy maltosa, laktosa a sacharosa, kde sacharosa je základní látka v rostlinách, do které jsou ukládány sacharidy jako rozpustná zásoba cukru. V lidské výživě je pak především zdrojem energie a významným ochucovadlem.

Nejznámějším polysacharidem je škrob jako zásobní látka rostlin a významná složka potravy živočichů. V potravinářství je hojně využívána skupina želírujících a zahušťovacích polysacharidů, především pro upravení vlastností potravin. (Agar, karragenan). Inulin, fruktosní polymer, se používá jako náhradní sladidlo pro diabetiky (KOOLMAN & RÖHM, 2013).

Rozklad sacharidů: Ať už má sacharid přítomný v potravine jakkoli složitou molekulu, účelem všech metabolických přeměn je rozložit ho na využitelné monosacharidy a ty dále zpracovat v metabolických drahách za využití uvolněné energie na nezpracovatelné odpadní látky, specifické pro danou skupinu organismů. Jsou jimi ethanol, laktát, oxid uhličitý aj. Klíčovým monosacharidem je glukosa, prostřednictvím různých reakcí (isomerace, dekarboxylace aj.) může ale organismus pro svoji potřebu sacharidy přeměňovat – např. molekuly aldosa na ketosy a pentosy na hexosy (MAREČEK, HONZA 2000).

3.3.1 Anaerobní odbourávání sacharidů

V cytoplasmě buněk dochází za anaerobních i aerobních podmínek k prvnímu štěpení základního substrátu – glukózy. Proces se tedy nazývá glykolýza:

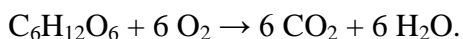
Šestiuhlíkatá glukosa se za působení enzymů hexokinasy a glukokinasy fosforyluje na glukosa-6-fosfát (atom fosforu poskytne přítomný ATP a uvolní se jako ADP) a poté pomocí fosfohexosa-isomerasy přemění svoji strukturu na pentosu fruktosa-6-fosfát. Po navázání dalšího fosforu, opět odnětím z molekuly ATP, vzniká fruktosa-1,6-bisfosfát, která se dále štěpí na dvě trojuhlíkaté molekuly triosafosfátu: Z uhlíků C₁-C₃ vzniká dihydroxyacetonfosfát, z C₄-C₆ glyceraldehyd-3-fosfát. Vzniklé molekuly nejsou v rovnováze ve prospěch ketotriosity, působením fosfotriosa-isomerasy se ale dihydroxyacetonfosfát přemění na glyceraldehyd-3-fosfát a reakce pokračuje jen s jedním výchozím reaktantem. V sumární rovnici glykolýzy do reakce vstupuje glukosa, 2 molekuly ATP a 2 molekuly tzv. anorganického fosfátu P_i – ty jsou využity při tzv. substrátové fosforylaci, při níž vzniká ATP.

Pro vznik finální molekuly laktátu se během několika dílčích reakcí vytvoří z glyceraldehyd-3-fosfátu molekula pyruvátu. Za určitých podmínek vstupuje pyruvát do dalších reakcí – např. ethanolové kvašení u kvasinek, příp. se aerobně zoxiduje a následně degraduje až na CO₂. Za nepřístupu kyslíku se ale pomocí laktát-dehydrogenasy redukuje na laktát. Do této části reakce vstupuje NADH a přijímá uvolněný vodík z redukční reakce. Celkově lze proces znázornit rovnicí



3.3.2 Aerobní odbourávání sacharidů

Heterotrofní organismy mohou získávat energii z monosacharidů i z oligo – a polysacharidů jejich oxidací až na CO₂ a H₂O. Úplnou rovnici oxidace základního monosacharidu glukosy lze zobrazit jako



Oxidaci provází četné dílčí reakce, kdy nejprve se glukosa rozštěpí na pyruvát (viz glykolýza), který je ale oxidován kyslíkem na acetylkoenzym A, jež se v tzv. citrátovém cyklu opět oxiduje na finální produkty – oxid uhličitý a vodu (VACÍK, 1999).

Mikroorganismy metabolizují kyslík většinou rozpuštěný v kapalině – důležitou položkou potravinářské technologie je tedy korekce obsahu kyslíku v substrátu (např. větráním), a to v závislosti na tlaku a teplotě vzduchu a na teplotě rozpouštědla, případně na tzv. měrné rychlosti spotřeby kyslíku specifické pro daný mikroorganismus (KADLEC, 2009).

3.4 Proteiny

3.4.1 Oxidace proteinů

Svalové proteiny mohou být zoxidovány reaktivními sloučeninami kyslíku, například peroxidem vodíku, vytvářenými přítomnými bakteriemi během fermentace. Možnost oxidace proteinů může mít za následek degradaci polymerovaných myofibrilárních proteinů a změnit jejich funkční vlastnosti jako je emulgace, rozpustnost a vaznost vody (OOIZUMI & XIONG, in TOLDRÁ, 2010). Konkrétní produkty degradačních procesů oxidace závisí na aminokyselinovém složení proteinů: Většina přeměn (zejména prolinu, arginin, lysinu, methioninu a cysteinu) zahrnuje tvorbu karbonylových derivátů (GIULIVI a kol. in TOLDRÁ, 2010). Ostatní oxidativní mechanismy se skládají z thiolové oxidace a aromatické hydroxylace (MORZEL a kol. in TOLDRÁ, 2010). Sírné aminokyseliny jsou náchylnější k oxidaci peroxidy, např. H_2O_2 (TOLDRÁ, 2010).

3.4.2 Kažení mikroorganismy

Maso tvoří ideální výživový substrát pro většinu mikroorganismů díky svému chemickému složení a fyzikálním vlastnostem. Vysoký obsah vody (Obr.3, str. 22) a hodnota a_w okolo 0,98–0,99 spolu s neutrálním pH a bohatým zastoupením dusíkatých a minerálních látek, vyžaduje přísná pravidla pro zamezení jeho znehodnocení (VLKOVÁ, 2009).

3.4.2.1 Povrchové mikrobiální kažení

Vyskytuje se u masa nejčastěji, jedná se o osídlení povrchu tkáně lipolytickými a proteolytickými bakteriemi, zejména rodu *Pseudomonas*, často v kombinaci s rody *Acinetobacter* a *Moraxella*, kdy se při počtu bakterií 10^{7-9} KTJ/cm² objevuje povrchové oslizení masa, zápach a barevné skvrny (VLKOVÁ, 2009).

3.4.2.1 Mikrobiální kažení masa v hmotě

Jedná se o anaerobní rozklad bílkovin, kdy vznikají nepříjemně páchnoucí látky jako H₂S, NH₄ aj. Probíhá v hlubších tkáních za nepřístupu vzduchu a způsobují je bakterie primární kontaminace, tedy kontaminanty pocházející z trávicího traktu či krve, případně z vnitřních poškozených tkání – pohmožděniny, zlomeniny kostí. Jedná se především o bakterie rodu *Clostridium* (VLKOVÁ, 2009).

3.5 Lipidy

Mezi lipidické látky v tukové tkáni (lůj, sádlo, intramuskulární tuk) živočichů patří mastné kyseliny, homolipidy, heterolipidy a přídatné látky jako jsou steroly, lipofilní vitaminy a barviva a další látky.

Mastné kyseliny se mohou ve tkáních vyskytovat volně anebo většinou ve formě esterů či amidů v homo- a heterolipidech. Uvolňují se ze sloučenin vlivem vnějších faktorů při zrání a postmortálních procesech, případně v průběhu stárnutí (STRAKA & MALOTA, 2006).

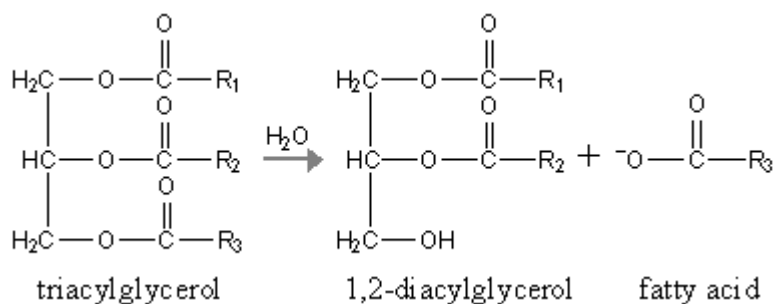
3.5.1 Rozklad lipidů

Lipidy jsou v chemické podstatě estery mastné kyseliny a alkoholu u tzv. jednoduchých lipidů a komplexy tvořené základními složkami – kyselinou a alkoholem, a polární složkou u složených lipidů.

Nejčastějším alkoholem jednoduchých lipidů je glycerol, po esterifikaci se látka řadí mezi acylglyceroly a pokud se zesterifikují všechny tři hydroxylové skupiny alkoholo-

lu, vzniká triacylglycerol – základ živočišných a rostlinných tuků a olejů (ZEHNÁLEK, 2009).

Štěpení těchto lipidů probíhá za katalýzy enzymů lipas (podle IUBMB Enzym Nomenclature: EC 3.1.1.3; systematic name: triacylglycerol acylhydrolase), přítomnými nativně ve tkáni (pro postmortální přeměny) anebo v trávicím traktu konzumenta. Reakce probíhá na základě reakce triacylglycerolu s molekulou vody za vzniku diacylglycerolu a uvolněné kyseliny:



Obr. 2 Hydrolyza lipidů (DIWAN, 2008)

Degradace lipidů lze dosáhnout různými reakcemi a faktory působnosti: uvedenou hydrolyzu iniciují přítomné enzymy, tuková tkáň může být ale znehodnocena i pouhým vystavením vzdušným podmínkám, např. kyslíku, kdy dochází k tzv. autooxidaci. Lipidické složky lze rozložit i působením kyselin, zásad nebo oxidů kovů, reakci urychluje vystavení potravině světlu, vyšším teplotám či vlhku (STRAKA & MALOTA, 2006).

Změny lipidů mohou v každém případě ovlivnit sensoriku potravin, mohou ale i vznikat toxické látky, jež znehodnocují potravinu pro konzum. Především chronicky toxické látky v nadměrném příjmu mohou urychlovat stárnutí, přispívat rozvoji rakoviny a kardiovaskulárních onemocnění (HOTCHKISS & PARKER in TOLDRÁ, 2010). Rozkladné procesy zahrnují především nízkomolekulární sloučeniny, jež jsou nestálé a sensoricky nepříjemné. Průběh oxidace závisí na několika faktorech – na teplotě, přítomnosti inhibitorů či katalyzátorů a na povaze substrátu. Nenasycené mastné kyseliny jsou náchylnější k oxidaci než nasycené – primárním důvodem je nižší aktivační energie při vzniku volných radikálů iniciujících autooxidaci. Typy nestabilních složek produkovaných oxidací jedlých olejů jsou ovlivněny skladbou hydroperoxidů (vznikajících rozkladem mastných kyselin) a typy oxidativního štěpení dvojných vazeb mastných kyselin. Bě-

hem oxidace vznikají hydrokarbony, alkoholy, furany, aldehydy, ketony a kyselinové zbytky (MIN, 2002).

Díky vysokému obsahu polynenasycených mastných kyselin jsou velmi náchylné k oxidaci především fosfolipidy a tím i tuky fosfolipidy obsahující (STRAKA & MALOTA, 2006).

3.6 Kažení jednotlivých komodit

3.6.1 Maso

Živočišná tkáň je vhodným médiem pro růst mikroorganismů. Libová svalovina se skládá z přibližně 75 % vody (Obr. 3), z bílkovin a svalového cukru, čímž dává dobrý zdroj živin pro bakterie, plísň i kvasinky. Pro vytvoření nevhodného prostředí pro kazící mikroflóru se maso a masné výrobky dehydratují, mrazí a různě ošetřují.

Potravina	Obsah vody v %
maso vepřové	30-72
maso hovězí	35-73
maso kuřecí	63-77
maso rybí	65-81

Obr. 3 Obsah vody v mase (Velíšek, 2002)

V průběhu kažení svalová tkáň prochází změnami: některé bakterie (např. *Clostridium perfringens*) produkují plyny jako je H_2S , CO_2 , NH_4 a fermentují přítomný cukr na kyseliny, např. kys. butanovou, která je zdrojem nepříjemné chuti a zápachu. Barevné změny masa jsou způsobeny změnami myoglobinu nebo svalových pigmentů. Přítomné bakterie mohou způsobit produkci peroxidů, sulfidů a oxidů a tím i hnědé, zelené a žluté zbarvení; mikrokoky a kvasinky mohou postiženou svalovinu zbarvit do zelena, červena a do růžova. Plísň také produkují pigmenty – podle druhu (*Cladosporium*, *Penicillium* aj.) mohou svalovinu zbarvit černě, bíle a modrozeleně (WILSON, 2005).

Kazící mikroflóra má tendenci dominovat nad ostatními MO svým rychlejším růstem, mají tzv. „výhodnější růstový tarif“, za stálých příhodných podmínek. Ale kažení

může být způsobeno i minoritními jedinci s vysokou kazící schopností jako součást kazící mikroflóry. Na kažení masa se podílí především bakterie rodu *Pseudomonas* jako zástupce psychrotrofních bakterií a mezofilní rod *Acitenobacter* a čeleď *Enterobacteriaceae*, které převzou dominanci v kazící mikroflóře za teplot kolem 30°C.

Čeleď *Enterobacteriaceae* převládá v anaerobním prostředí, např. při vakuovém balení masa, za nepřístupu kyslíku a zvýšení teploty se mezi kazící mikroorganismy započítá i *Clostridium perfringens*. Pomalé chlazení masa také může přispět k rozvoji klostridií v hlubších tkáních – následky jsou pak známé jako tzv. „bone taint“ (kažení od kosti). S růstem Enterobakterií je také spojena distenze obalu, tzv. „blown pack“ jež je výsledkem produkce velkého objemu plynu uvnitř obalu.

Další kontaminující bakterií je *Shewanella putrefaciens*, která produkuje velké množství H₂S za anaerobních podmínek a je neschopná růstu při hodnotě pH pod 6,0. Tudíž, kazící *Sh. putrefaciens*, charakterizovaná nepříjemným zápachem a výslednými zeleně odbarvenými útvary sulfmyoglobinu (H₂S reaguje s oxymyoglobinem), je limitována na nekyselé prostředí (high-pH meat). V případě drůbežního masa, *Sh. putrefaciens* poroste na nekyselém kuřecím stehenním svalstvu, ale nikoli na prsní svalovině o nižším pH. Podobně anaerobní ale nikoliv aerobní růst je vyloučen při hodnotách pH 5,8 a níž s *Brochothrix thermosphacta* a psychrotrofními Enterobakteriemi, zahrnujícími i patogenní *Yersinia enterocolitica*. U mas s nevhodným prostředím pro rozvoj těchto bakterií, např. u DFD masa nebo při nízké hladině metabolizovatelných cukrů ve tkáních, je za těchto podmínek rozvíjející se mikroflóra nucena používat jako zdroj energie aminokyseliny (FERNANDES, 2009c).

Zásobním zdrojem energie v živočišných svalových buňkách je glykogen. Strukturou se podobá složce škrobu amylopektinu a skládá se z molekul D-glukosy, čímž tvoří zdroj energie i pro později přítomné mikroorganismy. Při biodegradaci glykogenu v buňce se štěpí jednoduché vazby působením glykogenfosforylasou na glukosa-1-fosfát. Ten se transformuje na glukosa-6-fosfát, z něhož vznikne v průběhu glykolýzy glukosa (VELÍŠEK, 2002).

3.6.2 Ryby a mořské plody

Kažení ryb způsobuje autooxidace nenasycených mastných kyselin přítomných lipidů díky nativním enzymům a metabolismu mikroorganismů v masě ryb přítomných. Kažení rybí svaloviny doprovází nepříjemný zápach a změna vzhledu ryby. Oči se zakalí, žábra pokryje mikrobiální slizovitý povlak, maso změní svoji konzistenci na měkkou a zmatní. Obecně kažení rybího masa zahrnuje vznik kyselého, ovocného a sirovodíkového žluklého západu, ztrátu konzistence a barvy. Změny jsou projevy působení fyziologických, chemických, biochemických a mikrobiologických činitelů, významně ovlivněných i podmínkami skladování. Po odeznění rigor mortis, jež má u ryb velmi krátký průběh, ztratí surovina přirozenou ochranu nízkého pH (u ryb dosahuje hodnot 5,8–6,5) (PEDROSA-MENABRITO a kol. in FERNANDES, 2009b).

Kyselost je způsobena laktátem jako dozrívajícím produktem anaerobního odbourávání krevního a svalového cukru. Toho je ve svalovině ryb méně ve srovnání se savci a proto s kombinací vysokého obsahu vody má velmi malou údržnost. Nejdůležitější kazící mikroflóra se skládá ze zástupců rodů *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Photobacterium*, *Brochothrix*, *Clostridium*, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Listeria*.

Na zkáze úlovků tvořených korýši se podílí řada faktorů závislých na konkrétním druhu, čistotě vod, ve které živočich žil, geografické oblasti výlovu. Riziko vnější kontaminace se zvyšuje s počtem fází zpracování produktu, zejména je zde riziko křížové kontaminace. U krabů je cévní systém neuzavřený, tudíž při uvolnění hemolymfy, jako rezervoáru bakterií (především pro rod *Vibrio*), může snadno dojít ke kontaminaci ostatních surovin. (THE INTERNATIONAL COMMISSION FOR MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOOD in FERNANDES, 2009b). Kazící mikroflóra vod mírného pásu se liší od mikroorganismů kazících tropické korýše. *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens* a zástupci *Acinetobacter-Moraxella* jsou spojeni s chladnějšími vodami, tropické rody čeledi Enterobacteriaceae, rody *Vibrio* spp., *Pseudomonas* spp., *Alcaligenes*, *Micrococcus* spp a *Achromobacter* spp. kazí úlovky korýšů z teplejších vod (FERNANDES, 2009b).

3.6.3 Mléko a mléčné výrobky

Mléko vytváří vhodné prostředí pro růst mikroorganismů díky svým obsahovým složkám a po pasterizaci i díky inaktivaci přirozených obranných látek. Kažení může

být způsobeno růstem psychrotrofních termorezistentních organismů, jež přežijí tepelný zákrok, nebo může být ,především psychrotrofy, kontaminováno sekundárně po ošetření (CHAMPAGNE a kol. in FERNANDES, 2009a).

3.6.3.1 Kažení pasterovaného mléka

Kazící mikroflóra tepelně ošetřeného mléka se skládá z G^+ sporogenních mikroorganismů, především *Bacillus* spp., *Clostridium* a organismy s termorezistentními vegetativními formami, jako jsou rody *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium* a *Alcaligenes* (CHAMPAGNE a kol. in FERNANDES, 2009a).

Hlavními sekundárními kontaminanty jsou G^- bakterie, které mohou být rezistentní vůči dezinfekci a mohou kolonizovat povrch například pastérů a tím kontaminovat protékající mléko. Významným rodem je zde čeleď Enterobacteriaceae a jeho zástupci *Enterobacter*, *Cronobacter*, a *Citrobacter*, ale také psychrotrofy, především pseudomonády, a zástupci rodů *Alcaligenes*, *Klebsiella*, *Acinetobacter* a *Flavobacterium* (FERNANDES, 2009a). Psychrotrofní organismy jsou velmi nežádoucí, především díky své schopnosti produkovat termorezistentní enzymy, jež rozkládají mléčné složky, především bílkoviny a mléčný tuk, během skladování. I když většina psychrotrofů přímo nezpůsobují zdravotní problémy po konzumaci, např. *Bacillus cereus* a *Yersinia enterocolitica* mohou způsobovat infekce trávicího traktu a alimentární otravy (DUCKOVÁ & ČANIGOVÁ in MACHÁLKOVÁ, 2013).

3.6.3.1 Sýry

Mikroflóru sýrů tvoří dvě skupiny: „starter“ a „non-starter“ organismy. Startovací mikroflóra produkuje žádoucí látky a ovlivňuje jimi sensoriku sýru, zároveň ale inhibuje mikroflóru nežádoucí. Ta se skládá z plísní, bakterií propionového kvašení a nežádoucích druhů bakterií mléčného kvašení, tzv. NSLAB (Non Started Lactic Acid Bacteria). NSLAB vytváří komplex složený z fakultativně heterofermentativních mezofilních laktobacilů, pediokoků, enterokoků a leukonostoků (BERESFORD in MCSWEENEY, 2007).

Mléko tvoří vhodné medium pro rozvoj široké škály patogenů. Sýr je naproti tomu zkáze relativně odolný, pravděpodobnost rozvoje patogenní mikroflóry je zvýšeno u sýrů vyrobených ze syrového mléka, měkkých sýrů a sýrů zrajících na povrchu, u nichž během zrání roste pH. Rozvíjejícími se patogeny mohou být *Salmonella* spp., *Staphylo-*

coccus aureus, *Listeria monocytogenes* a enteropatogenní kmeny *Esherichia coli*. Hlavní příčinou jejich rozvoje je nízká aktivita startovacích kultur – ať už zapříčiněna závadnou surovinou s RIL nebo s antibiotiky, napadením bakteriofágů, nízkou úrovní hygieny, případně sekundární kontaminací, nebo zpracováním nedokonale pasterované suroviny (MCSWEETNEY, 2007).

3.6.3.1 Máslo

Máslo vyrobené z mléčného tuku je díky svému složení a skladování náchylné spíše ke žluknutí než k bakteriální zkáze. Na povrchu másla se ale mohou díky obsahu netukových složek rozvíjet během 7-10 dnů při chladírenských teplotách bakterie *Shewanella putrefaciens* (dříve označována jako *Alteromonas putrefaciens*), *Pseudomonas putrefaciens* případně *Flavobacterium* spp. Přítomné proteiny mohou být rozloženy za vzniku sýrového zápachu (ICMSF in FERNANDES, 2009a), žluknutí a ovocný zápach může být způsoben růstem *Pseudomonas fragi* a *Pseudomonas fluorescens* (KORNACKI J. a kol. in FERNANDES, 2009a). Máslo může být napadeno i plísněmi (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*), způsobujícími změnu barvy a zákaly či skvrny; lipolytické druhy kvasinek (*Rhodotorula*, *Candida lipolytica*, *Torulopsis*) mohou růst na másle i při nízkých teplotách nebo při vyšších koncentracích solí (FERNANDES, 2009a).

3.6.4 Vejce

Mikrobiální kontaminace

Vejce je přirozeně chráněno účinnými mechanismy, jako je skořápka, kutikula a baktericidní účinky bílkových složek (Tab.1). K mikrobiální kontaminaci vejce může dojít během jeho tvorby v těle nosnice – tzv. primární kontaminace, případně až po sněžení – tzv. sekundární kontaminace, a to během přepravy, skladování a zpracování.

Primární kontaminace: Mikroorganismy kontaminující vejce mohou pocházet z krve nosnice, nebo z vaječníku a vejcovodu, který je propojen s kloakou a zažívacími cestami – možným zdrojem kontaminace vejce během jeho tvorby.

Sekundární kontaminace: Vejce je chráněno před napadením mikroorganismů skořápkou a kutikulou, která překrývá póry ve skořápce dostatečně velké pro průnik patogenů. Nešetrným zacházením, ale i mytím, či nevhodnými skladovacími podmínkami,

lze snadno tyto zábrany porušit a umožnit patogenům v okolí přímý průnik do vejce (BENEŠOVÁ a kol., 2000).

Tab. 1 Antimikrobní proteiny ve vaječném bílku

Bílkovina	Funkce
Ovotransferin	Chelatace kationtů Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}
Ovomukoid	Inhibice trypsinu
Lysozym	Hydrolýza cukerných zbytků peptidoglykanů a usmrtit G^+ bakterie
Ovoinhibitor	Inhibice trypsinu, chymotrypsinu, subtilisinu, elastasy
Flavoprotein	Vazba s riboflavinem
Ovomakroglobulin	Inhibice trypsinu, papainu
Avidin	Vazba s biotinem
Cystatin	Inhibice papainu, ficinu, bromelaninu

Na povrchu vaječné skořápky se nejčastěji vyskytují zástupci rodu *Micrococcus*, méně často pak rody *Aerobacter*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Staphylococcus* aj. Většina bakterií nalezených na povrchu vejce je G^+ a odolná vůči vyschnutí. G^- bakterie nejsou dostatečně odolné a proto na vejcích vegetují jen obtížně. Pomnožování bakterií v bílku navíc brání uvedené antimikrobní proteiny.

Další zábranou pro průnik patogenů je podskořápková blána tvořená bílkovinami a polysacharidy s funkcí bakteriálního filtru (YAMAMOTO, 1997).

3.6.5 Obilniny

Obilniny a cereální produkty jsou významným a důležitým zdrojem lidské potravy, ale i vhodným krmivem pro hospodářská zvířata na celém světě. Hlavní cereálie v potravinářství zahrnují kukuřici, pšenici, žito, rýži a mnoho dalších, včetně sojových bobů, které obilninami nejsou, ale bývají s nimi často spojovány kvůli svému významu jako zdroj potravy. Příklady cereálních výrobků zahrnují obilnou mouku, semolinu, pečivo, cereálie, těstoviny, ale i nápoje jako je například pivo. Pro svůj význam pro potravinář-

ství a krmivářství je mikrobiologie a hygienická nezávadnost obilnin a obilných výrobků velmi důležitou a významnou oblastí.

Zdrojů mikrobiální kontaminace obilnin je mnoho, ale všechny pochází z prostředí, ve kterém obilnina roste, kde se s ní manipuluje a kde se zpracovává. Kontaminanty mohou být ze vzduchu, prachu, půdy, vody, díky škůdcům, ptactvu a zvířeně a z prostředí skladů a provozoven.

Mikroflóra cereálií je variabilní, obsahuje plísně, kvasinky, bakterie (psychrotrofní, mezofilní i termofilní), koliformy a enterokoky. Bakteriálními patogeny, jež kontaminují obilné zrno a produkty z něj a posléze je znehodnocují, jsou: *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Cl. perfringens*, *Escherichia coli*, *Salmonella* a *Staphylococcus aureus*. Výskyt Koliformů a Enterokoků indikuje nedostatečnou sanitaci zpracoven a možnou fekální kontaminaci (RICHTER a kol.; SAUER a kol., in HEREDIA a kol, 2009).

Bakterie často napadají povrch obilnin. Pro růst bakterie vyžadují vysokou hodnotu a_w v rovnováze s relativní vlhkostí vzduchu. Celkově bakterie nijak významně neovlivňují kažení suchých obilnin a ke zkáze přispívají až když je zrno poškozeno a vystaveno vysoké vlhkosti vzduchu. Avšak bakteriální patogeny a kazící bakterie, například ty se schopností sporulace, mohou přežít podmínky zpracování a ve výrobcích způsobovat vady jako například tzv. nitkovitost chleba. Bakterie mléčného kvašení mohou být přítomny v nezpracovaném zrně, mohou přejít do mouky a kazit těsto z ní vyrobené. Hlavními organismy kazící obilné výrobky jsou však plísně (HESSELTINE a kol. in HEREDIA a kol, 2009).

3.6.6 Ovoce a zelenina

Prvním znakem kažení plodin bývá hnědé zbarvení a měkká struktura pletiva na poraněném místě a změna nebo ztráta chuti a vůně v důsledku biochemické degradace stavebních polysacharidů v pletivech (NGUYEN-THE & CARLIN, in HEREDIA a kol., 2009). Náchylnost plodiny ke zkáze se druhově liší, jejich pletiva mohou být napadena kvasinkami, plísněmi a některými druhy bakterií. Nejčastěji se projevuje zaplísnění plodů a to buď ještě před sklizní, nebo až v průběhu skladování.

Napadení ovoce a zeleniny houbami má několik stupňů:

styk spor hub s povrchem rostliny,
přilnutí spory k povrchu,
vyklíčení spor,
vývoj orgánů k průniku do plodiny,
vniknutí do rostliny,
kolonizace rostlinných pletiv,
reprodukce rostliny vytvářením nových spor.

Od uvedeného schématu se liší některé houby a prakticky všechny bakterie, jež ne-
napadají nepoškozený povrch rostliny. Omezují se tedy na poraněná nebo jinak nechrá-
něná místa rostlinného pletiva (BARTZ & BRECHT, 2003).

3.7 Prevence

Potraviny podléhají přirozeným změnám. Ty lze rozdělit mezi fyzikální, chemické, enzymatické a mikrobiální. Úpravou potravin (zmrazení, sušení, solení) se oproti původnímu stavu změní působnost těchto faktorů a kažení podle typu úpravy změní svůj charakter. Úprava potravin může zničit její nativní mikroflóru a tím zamezit mikrobiální zkáze, případně může inaktivovat přítomné enzymy. Zároveň lze jejím zpracováním zvýšit riziko sekundární kontaminace (např. zvětšením povrchu rozemletím), nebo se odstraní přirozené obranné látky potravin (pH zrajícího masa) (MACRAE R., 1993).

Snížit riziko brzké zkázy potravin lze již při výběru suroviny – ty musejí být bez patrných sensorických změn (zápach), musí být při jejich skladování a manipulaci dodržena hygienická teplota, většinou chladírenská a udržovat ekvivalentní teplotní a hygienické podmínky rozpracovaného díla. Samozřejmě je dokonalé tepelné ošetření ve všech částech výrobku kvůli inaktivaci enzymů a přítomných patogenů (ŠEDIVÝ, 2006).

Tyto zásady platí především v masné výrobě, jsou ale klíčovými pravidly pro zdravotní nezávadnost v domácí i velkovýrobě ve všech potravinářských odvětvích. Pomohou zvýšit omezenou dobu skladovatelnosti potravin, nejvýznamnějším faktorem údržnosti je nízká teplota (Obr. 6):

Commodity	Storage temperature and shelf life ^a		
	Ambient	Chill ^b	Frozen ^c (–20°C)
Fish (lean)	< 1 d	5–7 d (0)	10–12 m
Fish (oily)	< 1 d	3–5 d (0)	6–8 m
Meat (red)	< 1 d	4 d (2)	6–12 m
Pork	< 1 d	2–4 d (2)	3–6 m
Milk (pasteurized)	0·5 d	4 d (5)	NS
Bread	2–4 d	NS	3 m
Peas	1–2 d	4–8 d (5)	12 m
Lettuce (iceberg)	< 1 d	10 d (5)	NS
Strawberries	1–2 d	3 d (5)	NS
Cakes (nondairy)	7 d	NS	3 m

NS, not suitable – see text.

^a d, days; m, months.

^b Temperature given in parentheses (°C).

^c Wrapped to prevent dehydration

Obr. 4 Stabilita skladování potravin za určitých teplot (MACRAE R., 1993)

3.7.1 Balení potravin

Vedle praktických důvodů (manipulace, evidence) mají obaly potravin významnou ochrannou funkci – zabraňují kontaminaci balených potravin látkami vnějšího prostředí, brání přístupu kyslíku a případně i prostupu světla k potravíně. V případě sterilovaných výrobků v kovových obalech je zachována teoretická požitelnost i přes 100 let. Neperdyšné obaly jsou vhodné ke konzervaci v inertní atmosféře, nejčastěji se jedná o dusík, oxid uhličitý, případně lze použít vakuum. Tato atmosféra znemožňuje vegetaci aerobních mikroorganismů a oxidaci oxylabilních složek balené potraviny (MACRAE, 1993).

3.7.1.1 Vakuové balení

Odstranění vzduchu z obalu potraviny zamezuje oxidaci složek potraviny, ale znemožní také anaerobům, jež se podílejí na znehodnocování potravin nejčastěji, v obalu přežít. Odstranění vzduchu se spojuje s podtlakem, který je též nepříznivým faktorem pro růst mikroorganismů, především nežádoucích plísní (KYZLINK, 1990).

Vakuové balení i přes své inhibiční účinky poskytuje vhodné prostředí pro rozvoj fakultativně anaerobních bakterií – bakterií mléčného kvašení, klostridií a psychrotrofních tyčinek. Např. vakuované maso je díky nim zkaženo při chladírenských teplotách do 8 týdnů (VLKOVÁ, 2009).

Některé obaly se využívají i k přepravě nezpracovaných „potravin“. Mořští živočichové jsou díky své nenáročnosti přepravováni do obchodních řetězců anebo zpracovatelských závodů zaživa v tancích s chlazenou mořskou vodou, případně v obalech za udržení chladu a vlhka. Po smrti se jejich těla rychle rozkládají a do podniků jsou přijímány jen živé kusy (FERNANDES, 2009b).

3.7.1.1 Balení v ochranné atmosféře

Většina variant metody balení do umělé atmosféry vychází z faktu, že kažení potravin způsobují především aerobní organismy. Jejich konečným metabolitem bývá často oxid uhličitý, a jejich růst je tedy umělým zvýšením obsahu tohoto plynu v obalu potraviny inhibován. Ovšem anaerobům toto prostředí vyhovuje – je tedy nezbytné kombinovat nepříznivé podmínky – např. kyselost, chladírenská teplota, případně modifikovat atmosféru (redukcí obsahu kyslíku) k co nejdelšímu trvání hemibiosy u ovoce.

Nejčastěji se v ochranné atmosféře potravin objevuje oxid uhličitý a dusík. Požadavky na ochranné plyny jsou inertnost vůči potravině, inhibice růstu mikroorganismů a neúčast na oxidačních změnách v potravině (KYZLING 1990; INGR, 2007).

3.7.2 Potravinová aditiva

Podle Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách se do potravin v průběhu jejich výroby úmyslně přidávají tzv. přídatné látky za účelem prodloužení údržnosti potravin:

Látky prodlužující trvanlivost potravin tím, že je chrání proti zkáze způsobené mikroorganismy, nebo které potraviny chrání před růstem patogenů, jsou konzervanty; látky prodlužující trvanlivost potravin tím, že je chrání proti zkáze způsobené oxidací, jsou antioxidanty (Tab. 2).

Tab. 2 Seznam povolených potravinářských přídatných látek – konzervanty, antioxidanty (SZPI, 2012)

Seznam povolených potravinářských přídatných látek					
E 200	Kyselina sorbová Konzervant	Konzervant	E 281	Propionan sodný	Konzervant
E 202	Sorban draselný	Konzervant	E 282	Propionan vápenatý	Konzervant
E 203	Sorban vápenatý	Konzervant	E 283	Propionan draselný	Konzervant
E 210	Kyselina benzoová	Konzervant	E 284	Kyselina boritá	Konzervant
E 211	Benzoan sodný	Konzervant	E 285	Tetraboritan sodný (borax)	Konzervant
E 212	Benzoan draselný	Konzervant	E 290	Oxid uhličitý	Konzervant
E 213	Benzoan vápenatý	Konzervant	E 300	Kyselina L-askorbová	Antioxidant
E 214	Ethyl-p -hydroxybenzoát	Konzervant	E 301	Askorban sodný	Antioxidant
E 215	Ethyl-p -hydroxybenzoát sodná sůl	Konzervant	E 302	Askorban vápenatý	Antioxidant
E 218	Methyl-p -hydroxybenzoát	Konzervant	E 304	Estery mastných kyselin s kyselinou askorbovou	Antioxidant
E 219	Methyl-p -hydroxybenzoát sodná sůl	Konzervant	E 306	Extrakt s vysokým obsahem tokoferolů	Antioxidant
E 220	Oxid siřičitý	Konzervant, antioxidant	E 307	Alfa-tokoferol (- tokoferol)	Antioxidant
E 221	Siřičitan sodný	Konzervant, antioxidant	E 308	Gama-tokoferol (- tokoferol)	Antioxidant
E 222	Hydrogensiřičitan sodný	Konzervant, antioxidant	E 309	Delta-tokoferol (- tokoferol)	Antioxidant
E 223	Disiřičitan sodný	Konzervant, antioxidant, bělicí činidlo	E 310	Propylgallát	Antioxidant
E 224	Disiřičitan draselný	Konzervant, anti-	E 311	Oktylgallát	Antioxidant

		oxidant			
E 226	Siřičitan vápenatý	Konzervant, anti-oxidant	E 312	Dodecylgallát	Antioxidant
E 227	Hydrogensiřičitan vápenatý	Konzervant, anti-oxidant	E 315	Kyselina erythorbová (kyselina isoaskorbová)	Antioxidant
E 228	Hydrogensiřičitan draselný	Konzervant, anti-oxidant	E 316	Erythorban sodný (isoaskorban sodný)	Antioxidant
E 234	Nisin	Konzervant	E 319	Terciální butylhydrochinon (TBHQ)	Antioxidant
E 235	Natamycin (Pimaricin)	Konzervant	E 320	Butylhydroxyanisol (BHA)	Antioxidant
E 239	Hexamethylentetramin	Konzervant	E 321	Butylhydroxytoluen (BHT)	Antioxidant
E 242	Dimethyldihličitan	Konzervant	E 322	Lecitiny	Antioxidant, emulgátor
E 249	Dusitan draselný	Konzervant, stabilizátor barviva	E 325	Mléčnan sodný	Antioxidant, plnidlo, zvlhčující látka
E 250	Dusitan sodný	Konzervant, stabilizátor barviva	E 326	Mléčnan draselný	Antioxidant, regulátor kyselosti
E 251	Dusičnan sodný	Konzervant, stabilizátor barviva	E 330	Kyselina citronová	Regulátor kyselosti, antioxidant, sekvestrant
E 252	Dusičnan draselný	Konzervant, stabilizátor barviva	E 334	Kyselina vinná (L (+)-)	Regulátor kyselosti, antioxidant, sekvestrant
E 260	Kyselina octová	Konzervant, regulátor kyselosti	E 338	Kyselina fosforečná	Regulátor kyselosti, antioxidant
E 261	Octan draselný	Konzervant, regulátor kyselosti	E 385	Dvojsodnovápenatá sůl kyseliny diamintetraoctové	Antioxidant, sekvestrant, konzervant
E 262	Octany sodné	Konzervant, regulátor kyselosti, sekvestrant	E 392	Výtažky z rozmarýnu	Antioxidant
E 263	Octan vápenatý	Konzervant, regulátor kyselosti, stabilizátor	E 512	Chlorid cínatý	Antioxidant, stabilizátor barviva
E 270	Kyselina mléčná	Regulátor kyselosti	E 586	4-hexylresorcinol	Antioxidant
E 280	Kyselina propionová	Konzervant	E 620	Kyselina glutamová	Stabilizátor barviva, antioxidant

3.7.3 Ozařování

Další metodou ošetření potravin je jejich ozařování elektromagnetickým zářením o určité vlnové délce. Touto metodou lze, podle typu záření, prodloužit trvanlivost potravin zpomalením biochemických procesů v nich probíhajících (zrání ovoce), případně zamezit rozvoji přítomných mikroorganismů narušením jejich DNA (INGR, 2007).

Z fyzikálního hlediska lze rozdělit záření na ionizující a neionizující, kdy fotony vln mají, resp. nemají dostatečnou energii k ionizaci – rozbitím atomových vazeb vytvořit ionty. Z hlediska konzervace potravin jsou nejdůležitější:

β -záření tvoří elektrony s energií přibližně 10 MeV [mega-elektron-voltů], která je dosažena pomocí urychlovačů. Toto záření má schopnost pronikat maximálně do vrstev v hloubce 5 cm.

UV záření jsou elektrony s energií 3,1 až 250 eV a jejich vlnová délka se pohybuje mezi 10 až 400 nm, kdy přibližně vlnová délka 260 nm je pro ozařování potravin nejúčinnější – nukleové kyseliny mikroorganismů dosahují při této hodnotě absorpčního maxima. Neproniká do potraviny, je vhodné pro ozáření jen jejího povrchu (VLKOVÁ, 2009), (KYZLING 1990).

γ záření je ionizující záření s energií fotonů 10 keV a díky své schopnosti průniku potravinou je používáno k devitalizaci patogenů v mase a balených potravinách.

Dle vyhlášky 133/2004 o podmínkách ozařování potravin a surovin, o nejvyšší přípustné dávce záření a o způsobu označení ozáření na obalu lze k ošetření potravin a surovin ionizujícím zářením použít pouze tyto druhy ionizujícího záření:

gama záření radionuklidů ^{60}Co nebo ^{137}Cs ,

rentgenové záření o energii nepřevyšující 5 MeV, nebo

urychlené elektrony o energii nepřevyšující 10 MeV

a to v maximální dávce uvedené na Obr. 5:

Skupina potravin	NPD v kGy*
1. Sušené byliny, koření, kořenící přípravky	10,0
2. Zmrazené byliny	10,0
3. Brambory	0,2
4. Sladké brambory	0,2
5. Cibule, šalotka	0,2
6. Česnek	0,2
7. Luštěniny, sušená zelenina, čerstvá zelenina s výjimkou cibule, šalotky, česneku, rebarbory	1,0
8. Čerstvé ovoce, čerstvé houby, rebarbora	2,0
9. Sušené ovoce	1,0
10. Mlýnské obilné výrobky s výjimkou rýžové mouky, vloček a klíčků určených pro mléčné výrobky	1,0
11. Vločky a klíčky pro mléčné výrobky	10,0
12. Rýžová mouka	4,0
13. Arabská guma	3,0
14. Kuřecí maso, drůbeží maso (kur domácí, husy, kachny, perličky, holuby, křepelky, krocani)	7,0
15. Drůbeží droby, drůbeží separát	5,0
16. Mražená žabí stehýnka	5,0
17. Sušená živočišná krev, plasma, koaguláty	10,0
18. Ryby a ostatní mořští živočichové s výjimkou mražených krájených nebo dekapitovaných krevet a mražených žabích stehýnek	3,0
19. Mražené krájené nebo dekapitované krevety	5,0
20. Vaječný bílek	3,0
21. Kasein, kaseináty	6,0

Obr. 5 Nejvyšší přípustné celkové průměrné absorbované dávky záření (NPD) u ozařovaných potravin (Ministerstvo zemědělství, 2004)

4 ZÁVĚR

Každodenní styk spotřebitelů i provozovatelů potravinářských podniků s následky procesů kažení potravin nutí kazící organismy přizpůsobovat se ochranným opatřením, jež jsou proti nim vyvíjeny. Souběžně je nezbytné volit kompromis mezi spolehlivými devitalizačními ošetřeními surovin a potravin a jejich výslednou nutriční a senzorickou hodnotou. Spotřebitel by se měl zaměřit na výběr spolehlivého dodavatele zdravotně nezávadných výrobků a na znalosti uchovávání a kulinářského zpracování těchto výrobků, aby jejich jakost byla zachována.

V průběhu zpracovávání tématu „Kažení potravin“ jsem získala četné znalosti z oblasti potravinářské chemie, biochemie a mikrobiologie a tyto poznatky považuji ve svém oboru za velice cenné. V průběhu vzniku práce jsem objevila určité souvislosti mezi základními rysy jedné problematiky s podstatou problematiky druhé, nelze tedy přehlédnout logiku a návaznost biochemických procesů probíhajících *in vivo* v organismu (zvířeti, plodiny) s charakterem z nich následně získané potraviny a způsobu jejich znehodnocení.

Kažení potravin zahrnuje senzoricky neakceptovatelné změny, projevující se v závislosti na rozrůstajícím se organismu potravinu napadající. Ze znalostí skladby a charakteru substrátu vyplývají i konzervační techniky, jimiž lze potravinu ošetřit a uchovat.

Všeobecně negativně vnímaný rozklad surovin a potravin je nutné také vnímat jako nezbytný článek životního koloběhu, kdy jsou právě rozkladné činnosti mikroorganismů poslední fází před započítím dalšího cyklu.

5 ZDROJE

5.1 Literární zdroje

AKOH C. C., MIN D. B., 2002: *Food lipids: chemistry, nutrition and biochemistry*. 2nd edition, M. Dekker, s. 1005, ISBN 9780203908815.

BENEŠOVÁ a kol., 2000: *Potravinářství VI.*, Praha: ÚZPI, s. 150, ISBN 80-7271-003-6.

BARTZ, edited by J. K. BRECHT, 2003: *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. 2nd ed. / Editor Jerry A. New York: M. Dekker, s. 733, ISBN 0-8247-0687-0.

DEAK T., 2008: *Handbook of food spoilage yeasts*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, s. 325, ISBN 978-1-4200-4493-5.

FERNANDES R., 2009a: *Microbiology handbook: dairy products*, Leatherhead Pub, s. 173, ISBN 1905224621.

FERNANDES R., 2009b: *Microbiology handbook: fish and seafood*, Leatherhead Pub, s. 173, ISBN 1905224761.

FERNANDES R., 2009c: *Microbiology handbook: meat products*, Leatherhead Pub, s. 297, ISBN 978-1-905224-66-1.

FORSYTHE S.J., HAYES P.R., 1998: *Food hygiene, Microbiology and HACCP*, An Aspen Publishers, s. 449, ISBN 0751404500.

GÖRNER F., VALÍK L., 2004: *Aplikovaná mikrobiologie poživatin*, Malé centrum, s. 528, ISBN 80-967064-9-7.

HEREDIA N., WESLEY I., GARCÍA S, 2009: *Microbiologically safe food*. N.J.: John Wiley & Sons, s. 667, ISBN 0470053331.

INGR I., 2007: *Základy konzervace potravin*. Vyd. 3., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 116, ISBN 978-80-7375-110-4.

STRAKA I., MALOTA L., 2006: *Chemické vyšetření masa*, Vyd.1 Tábor, s. 94, ISBN 80-86659-09-7.

ŠILHÁNKOVÁ L., 1995: *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. 2. vyd., ve VP 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, s. 361, ISBN 80-85605-71-6.

KALHOTKA L., TESAŘOVÁ M., 2014: *Potravinářská MB pro zahraničnou fakultu*, Mendelova univerzita v Brně, s. 116, ISBN 978-80-7509-017-1.

KOOLMAN J., RÖHM K-H., 2013: *Color atlas of biochemistry*, Stuttgart: Thieme, s. 495, ISBN 978-3-13-100373-7.

KYZLINK V, 1990: *Principles of food preservation*. Amsterdam: Elsevier, s. 598, ISBN 0-444-98844-0.

MACRAE R., 1993: *Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition*, Vol. 1-8, London: Academic Press, ISBN 0-12-226850-4.

MACHÁČKOVÁ L., 2013: *Hygienu masa zvířete při uvádění do oběhu*, Bakalářská práce, Mendelova univerzita, Brno.

MACHÁLKOVÁ L., 2013: *Psychrotrofní mikroorganismy a jejich význam v mlékařství*. Diplomová práce (nepubl.), MLZU v Brně, Brno, s. 82.

MAREČEK A., HONZA J, 2000: *Chemie pro čtyřletá gymnázia*, Nakladatelství Olomouc, s. 250, ISBN 80-7182-057-1.

MCSWEETNEY P., 2007: *Cheese problems solved*, Boca Raton: CRC Press, s. 402 ISBN 1-4200-4394-3.

ŠEDIVÝ V. (editor), 2006: *České masné výrobky* Vyd. 4., dopl.. Tábor: OSSIS, s. 108, ISBN 80-86659-10-0.

ŠILHÁNKOVÁ L., 1995: *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*, Victoria publishing, s. 361, ISBN 80-85605-71-6.

TOLDRÁ F., 2010: *Handbook of meat processing*.. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, s. 566, ISBN 978-0-8138-2182-5.

VACÍK J., 1999: *Přehled středoškolské chemie*. 1 vyd., 2 vyd. Praha: SPN, s. 368, ISBN 80-04-22463-6.

VELÍŠEK J., 2002: *Chemie potravin* Vyd.2, Tábor: OSSIS, s. 331, ISBN 80-86659-00-3.

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., 2009: *Chemie potravin II.*, Tábor: OSSIS, s. 644, ISBN 978-80-86659-16-9.

VLKOVÁ E., RADA V. KILLER J., 2009: *Potravinářská mikrobiologie*. 2. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, s. 168, ISBN 978-80-213-1988-2.

WILSON W. G., 2005: *Wilson's practical meat inspection*, Blackwell Pub, s. 306, ISBN 1-4051-2493-8.

YAMAMOTO T., 1997: *Hen eggs*, Boca Raton: CRC Press, s. 204, ISBN 0-8493-4005-5.

ZEHNÁLEK J., 2009: *Biochemie 2*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, s. 200, ISBN 978-80-7375-327-6.

5.2 Internetové zdroje

Diwan J. J., 1998-2008: *Lipoproteins: Lipid Digestion & Transport*, online [cit. 18.3.2016]. Dostupné na <https://www.rpi.edu/dept/bcbp/molbiochem/MBWeb/mb2/part1/lipoprot.htm>.

Moss, 1995: *Enzyme Nomenclature*, Online databáze [cit. 25.2.2016]. Dostupné na <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/>

Ministerstvo zemědělství, 2004: *Úplné znění*, online [cit. 31.3.2016]. Dostupné na http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-2004-133.html

SZPI, 2012: *Přídavné látky (aditiva)*, online [cit. 31.3.2016]. Dostupné na <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/bezpecnost-potravin/pridatne-latky-aditiva.html>