

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

NOVÉ TRENDY V KONZERVACI POTRAVIN
Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
Ing. Miroslav Horák, Ph.D.

Vypracovala:
Šárka Hrabaňová

Lednice 2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Šárka Hrabaňová**
Studijní program: Zahradnictví
Obor: Jakost rostlinných potravinových zdrojů
Název tématu: **Nové trendy v konzervaci potravin**
Rozsah práce: 30 – 40 stran textu, 5 – 8 tabulek, případně grafů

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte literaturu pojednávající o zadané problematice.
2. Popište způsoby konzervace potravin vyžívané v moderním zpracovatelském průmyslu.
3. Zaměřte se na způsob konzervace potravin s využitím studené plazmy.
4. Popište podrobně, jaký mají jednotlivé způsoby konzervace vliv na konzervované potraviny.

Seznam odborné literatury:

1. INGR, I. *Základy konzervace potravin*. 3. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 119 s. ISBN 978-80-7375-110-4.
2. KONTOMINAS, M G. *Food analysis and preservation : current research topics*. Oakville: Apple Academic Press, 2013. 199 s. ISBN 978-1-926895-07-9.
3. ROP, O. – VALÁŠEK, P. – HOZA, I. *Teoretické principy konzervace potravin I.. : Hlavní konzervařské suroviny /*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2005. 130 s. ISBN 80-7318-339-0.
4. aktuální a tématicky zaměřené seriálové a monografické publikace

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2016

L. S.

Šárka Hraňáková
Autorka práce



Ing. Miroslav Horák
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Balík, Ph.D.
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.
Děkan ZF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: *Nové trendy v konzervaci potravin* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny 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 o tom, 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 Lednici dne:

.....

podpis

Děkuji Ing. Miroslavu Horákovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za velmi cenné rady a připomínky k textu, které mi poskytoval.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá konzervací potravin se zaměřením na nové metody. Úvodní pasáž práce je věnována významu a vývoji konzervace potravin. Následující kapitoly přibližují vznik a průběh nežádoucích změn, které mohou být nastartovány různými mechanismy. Nejzávažnější z nich jsou způsobeny mikrobiální činností. A právě mikroorganismy a jejich životní podmínky jsou hlavním zájmem všech konzervačních opatření, jejichž cílem je přímá nebo nepřímá inaktivace přítomné kazící mikroflóry. Převážná část literárního přehledu je věnována principu aplikace jednotlivých konzervačních metod v potravinářském průmyslu, zahrnující jak konvenční, tak nové trendy. Součástí je popis inaktivačních mechanismů, silných a slabých stránek jednotlivých metod, úrovní dopadu ošetření na složky konzervačních surovin. Součástí charakteristiky konzervačních metod je samostatná kapitola, pojednávající o generaci a využití studené plazmy v potravinářském průmyslu jako moderní metody konzervace.

Klíčová slova: konzervace potravin, mikroorganismy, inaktivace mikroorganismů, uchovatelnost potravin, studená plazma

Abstract

This thesis is dealing with food conservation with focus on new methods. The beginning of this thesis focuses on meaning and development of food conservation. Following chapters approaches beginning and undesirable change process, which might be started by various mechanisms. The most important are caused by microbial activity. And microorganisms and its life conditions are the main concern of all conservation measures- Its goal is the direct and indirect inactivation of present contaminating microflora. Bigger part of literary summary is dedicated to application principle of each conservation method in food industry, involving conventional and new trends. Another part of this thesis is description of inactivation mechanisms, strengths and weaknesses of each method, level of treatment impact on canning material components. A part of preservation method characteristics is a single chapter, chapter dealing with generation and use of cold plasma in food industry as a modern conservation method.

Keywords: food conservation, microorganisms, inactivation of microorganisms, food preservation, cold plasma

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	12
3.1	Historie konzervace potravin.....	12
3.2	Základní složky konzervářských surovin.....	13
3.3	Nežádoucí změny.....	17
3.4	Činitelé způsobující znehodnocení potravin.....	21
3.5	Kultivační prostředí a faktory ovlivňující růst mikroorganismů.....	23
3.6	Konzervace potravin.....	26
3.6.1	Vylučování mikroorganismů z prostředí.....	27
3.6.2	Přímá inaktivace mikroorganismů.....	28
3.6.2.1	Konzervace vysokou teplotou.....	29
3.6.2.2	Konzervace odporovým ohřevem.....	34
3.6.2.3	Konzervace vysokofrekvenčním ohřevem.....	35
3.6.2.4	Konzervace ultrazvukem.....	38
3.6.2.5	Konzervace vysokým tlakem.....	40
3.6.2.6	Konzervace zářením.....	42
3.6.3	Chemosterilace.....	44
3.6.4	Nepřímá inaktivace mikroorganismů.....	45
3.6.4.1	Konzervace sušením.....	46
3.6.4.2	Konzervace zahušťováním.....	47
3.6.4.3	Konzervace přísadkou osmoticky aktivních látek.....	48
3.6.4.4	Konzervace nízkými teplotami.....	49
3.6.5	Konzervace chemickou úpravou potravin.....	53
3.6.6	Konzervace biologickými zásahy.....	55
3.7	Konzervace studenou plazmou.....	56
3.7.1	Generování studené plazmy.....	56
3.7.2	Sterilace potravin.....	58
3.7.3	Vliv plazmy na mikroorganismy.....	58
3.7.4	Vliv plazmy na potraviny.....	59
4	VLASTNÍ KOMENTÁŘ K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE.....	61

5	ZÁVĚR.....	63
6	SOUHRN A RESUMÉ, KLÍČOVÁ SLOVA	65
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66

1 ÚVOD

Potraviny hrají velmi důležitou roli v životě člověka, převážně rostlinné produkty mají významnou nutriční a biologickou hodnotu a jejich organoleptické vlastnosti ovlivňují celý lidský metabolismus. Proto již od dávných dob měl člověk snahu zabránit zkáze potravin. Ačkoliv podněty byly jiné, základní principy zůstávají stejné.

Konzervace má v celém potravinářském průmyslu velký význam a představuje zákrok, opatření nebo úpravu potraviny, kterým se prodlouží její přirozená trvanlivost (Beránek, 1977). Zemědělská produkce, potravinářské technologie, distribuce potravin a další s těmito procesy spojené zákroky, představují složitý komplex přeměn hmoty a energie. Jedná se o vzájemně navazující a doplňující reakce různých látek. Rozklad potravin na jednodušší složky je ovlivněn jejich vlastním látkovým složením a prostředím, ve kterém se nachází. Důsledkem toho je, že neúdržné potraviny (např. ovoce, zelenina, maso, ryby, vejce, mléko apod.) podléhají za běžných podmínek nežádoucím změnám (Kyzlink, 1988), které se mohou projevit na vzhledu, barvě, vůni a chuti nebo poškození či ztrátě vitamínů a dalších nutričně cenných látek (Beránek, 1977).

Nejčastějšími tvůrci zkázy neošetřených potravin jsou mikroorganismy (bakterie, plísně, kvasinky), které se v prostředí s dostatečným obsahem živin rychle množí (Lehari, 2011). Jejich činností mohou v potravinách vznikat škodlivé toxiny, lidskému zdraví nebezpečné. Proto technologie a technika konzervace hledá stále nové metody a zdokonalení, jak zabránit znehodnocení potravy ještě dříve, než se dostane do lidské trávicí soustavy.

Právě inhibice mikroorganismů a úprava jejich optimálních životních podmínky jsou hlavním cílem všech konzervačních technik, které využívají různých prostředků k omezení nebo úplnému zastavení jejich množení (Ingr, 2007). Konvenční metody vychází z těch nejstarších technik, jako jsou sušení, solení, chlazení, vaření, které člověk již v dávných dobách využíval, aniž by znal hlavní mechanismy účinku (Kaščák, 1990). Postupem času s vývojem vědy a techniky se zdokonalovalo konzervářské zpracování až do podoby, jak ho známe dnes. Avšak doba a požadavky spotřebitelů na potraviny bez konzervantů, barviv, nicméně se zachovanými sensorickými i nutričními vlastnosti a nejdelší dobou uchovatelnosti si žádá nové alternativní metody, které by splňovaly přání zákazníků. Proto probíhá řada experimentů, které zkoumají účinnost a vliv nových technologií na konzervované suroviny. K přímé inaktivaci mikroorganismů lze využít

vysokofrekvenční ohřev, ultrazvuk, záření, vysoký tlak nebo také nejnovější ze všech zmiňovaných metod a to vystavení konzervované potraviny působení studené plazmy. Jejím princip spočívá v generaci plazmatu mezi elektrodami, kam je vstříknuta směs plynů, které vlivem energie působící z elektrod ionizují na vysoce reaktivní složky, které rozkládají buněčné membrány mikroorganismů a tím je zabíjí (Votava a kol., 2010). Informace z výzkumů zabývajících se generací plazmy a hodnocení jejího vlivu na konzervované potraviny jsou k nalezení z převážné většiny pouze ve vědeckých člancích a knihách.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo popsat jednotlivé možnosti konzervace potravin se zaměřením na nové trendy a jejich dopad na jakostní parametry zpracovávaných potravin. Bylo vytvořeno přehledné rozdělení do kategorií dle účinku na mikroorganismy. Každá metoda byla popsána a zhodnocena z hlediska zpracovatelského a spotřebitelského.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Historie konzervace potravin

Potravinářské suroviny a produkty jsou ve většině případů dlouhodobě neúdržné materiály, které v nevhodných podmínkách podléhají nežádoucím změnám (Kadlec a kol., 2009). Problémem kažení potravin se člověk zabýval od počátku civilizace (Hostašová a kol., 1987). Hlavní příčinou zájmu o prodloužení trvanlivosti rychle se kazících potravin byl hlad. Již ve starověku byl využíván led a sníh k ochlazení potravin (Lifková, 1990). Mezi nejstarší metody konzervace se řadí sušení, solení, uzení a zahušťování (Kačšák, 1990). „Vývoj k dnešnímu stavu poznání a praxe konzervování potravin byly dlouhé a můžeme si je rozložit do zhruba čtyř etap.“ (Kyzlink, 1988)

První etapa, která trvala až do konce 18. století n. l., je označovaná za empirické, nespolehlivé, neracionální prodlužování trvanlivosti potravin. Pravděpodobně začala od dob využívání ohně člověkem, kdy nejprimitivnější lidé již měli jisté zkušenosti se spontánními konzervačními činiteli (Kyzlink, 1988). Vypozorovali, že pokud špatně udržnou potravu uloží do chladu, nebo dokonce ji nechají zmrznout, prodlouží tak dobu její požitelnosti. Další způsoby využívaly vlastností ohně k vysoušení, opečení či okouření potravy (Ingr, 2007). Tyto základní způsoby úchovy se postupem času dále rozvíjely a předávaly z generace na generaci. Praktikovalo se uložení potravin v suchu, zasolení, prosycení potravin tuky. Dále se využívalo kvasných procesů. Přímé prokvašení ovoce a zeleniny, nakládání potravin do octa a různé způsoby fermentace (Kyzlink, 1988).

Na toto období navazuje druhá etapa, která souvisí se společenskými změnami, rozvojem manufaktury a průmyslové výroby. Rostoucí počet obyvatel a jejich koncentrace do velkých měst si žádal nové a spolehlivé metody konzervace (Ingr, 2007). Problém zásobování se netýkal jen obyvatel, ale i armádních vojsk. Francouzská vláda se snažila vyřešit těžkosti spojené se zásobováním Napoleonových armád, a proto vypsala odměnu 12 000 franků za spolehlivý způsob úchovy potravy ve válce (Kačšák, 1990). Výzvu přijal pařížský kuchař Nicolas Appert, který zkonstruoval hermeticky uzavřenou nádobu, která byla naplněna potravinou. Nádoba se pak zahřívala horkou vodní parou nebo ukládala v horké vodě (Hostašová a kol., 1987). Nově navržený způsob se rychle rozšířil a dal základ termosterilaci potravin (Ingr, 2007). S objevem mikroorganismu jako původce rozkladu potravin, přišel v druhé polovině 19. století významný vědec Louis

Pasteur. Zabýval se převážně kvasnými a patogenními mikroorganismy a zároveň studiem způsobu usmrcování jejich zárodků. Princip částečné sterilace potravin zvýšenou teplotou byl po něm pojmenován „pasterace“ (Hostašová a kol., 1987). V tomto období se s rozvojem vědeckého bádání začaly objevovat další možné způsoby prodloužení doby přirozené skladovatelnosti. Roku 1876 zkonstruoval Karl von Linde první kompresor na výrobu chladu (Lifková, 1990). Metoda konzervace zmrazováním se později stala druhou nejvýznamnější. Dále se rozvíjela chemická konzervace a sušení potravin (Kyzlink, 1988).

Třetí etapa nastala počátkem 20. století a zabývala se hlavně praktickým zlepšováním nutriční a senzorické jakosti konzervovaných potravin (Ingr, 2007). Primárním cílem již nebyl pouze objem výroby a nasycení obyvatelstva, ale produkce zemědělských potravin s maximálním využitím nutričních složek (Kadlec a kol., 2009). O etapu poznání se zasloužily především objevy z oblasti vitamínů, poznatky účelu smyslových vlastností potravin a rozvoj potravinářské analytiky. Z technologického hlediska se zkvalitnily metody termosterilace, zmrazování, zakoncentrování a způsoby potlačení změn potravin (Kyzlink, 1988).

Tato popsaná etapa trvá dodnes, avšak postupně přechází ve čtvrtou. Nazvanou jako etapa ekonomizační (Ingr, 2007). Doba si žádá možnosti uchování potravin na nejdélejší přípustnou dobu, v co nejméně pozměněném stavu a šetrnosti k nutričním látkám (Hostašová a kol., 1987). Uplatňují se prvky a výsledky získané pomocí výpočetní techniky a informační technologie. Probíhá vývoj a výzkum nových způsobů konzervace, např. sterilace ultrazvukem, dielektrický ohřev, sterilace pomocí studené plazmy. A zjišťuje se jejich využitelnost v praxi a ekonomická úspěšnost (Ingr, 2007).

3.2 Základní složky konzervárenských surovin

Voda

V látkovém složení neúdržných potravin rostlinného původu převládá s obsahem od 70–95 % voda (Kyzlink, 1988). Množství kolísá v závislosti na druhu, odrůdě, stáří, vegetačních podmínkách apod. (Rop a kol., 2005). V živých organismech je nezbytná pro biochemické reakce v buňkách a tkáních (Balaščík, 2001). Rychlost průběhu změn potravin je ovlivňována obsahem vody a formou, ve které se vyskytuje (Kadlec a kol.,

2012). Buď je voda volná, nebo vázaná různými způsoby na složky potravin (Ingr, 2007). Volnou vodu lze z potravin různými způsoby odstranit a tak zpomalit nebo zastavit nežádoucí změny. Volná voda jakožto vhodné prostředí pro vegetaci mikroorganismů úzce souvisí s několika konzervačními metodami, které se zabývají vysoušením, zahříváním nebo tuhnutím vody v neúdržných potravinách (Rop a kol., 2005).

Bílkoviny

Společně se sacharidy a tuky patří k důležitým složkám potravin, jak rostlinného tak živočišného původu (Jílek, 2001). Jedná se o vysokomolekulární látky složené z aminokyselin (Kyzlink, 1988). Jsou nutné pro tvorbu tkání a životní funkce živých organismů (Hostašová a kol., 1987). Největší množství se nachází v živočišných produktech (např. libové maso kolem 20 %), méně pak v zelenině do 5 % (výjimku představují luštěniny) a nejméně obsahuje ovoce 0,5–2 %. Pokud potravinu s obsahem bílkovin zahřejeme na více jak 60 °C, dojde k narušení bílkovinné struktury tzv. denaturaci (Ingr, 2007). Ta se projeví např. u svaloviny změnou konzistence, u zeleniny zpevněním pletiva nebo u ovocných šťáv se vytvoří zákal (Kyzlink, 1988). K denaturaci nemusí dojít pouze zahřevem, ale i sušením, zářením nebo za použití ultrazvuku. Důsledkem je pak snížená sensorická a nutriční hodnota potravin (Ingr, 2007).

Sacharidy

Patří k nejhodnotnějším energetickým zdrojům konzervařenských surovin. V rostlinných materiálech se obsah pohybuje mezi 0,5–25 % (Hostašová a kol., 1987). V živých rostlinných pletivech vznikají jako produkty asimilace. V období dozrávání plodu dochází k přibývání cukrů, naopak po sklizni během skladování koncentrace klesá důsledkem prodýchávání (Ingr, 2007). Cukry se nachází téměř ve všech buňkách rostlin, kde slouží jako zdroj energie (Jílek, 2001). Z konzervařenského hlediska jsou důležité rozpustné monomery (glukóza, fruktóza), disacharid sacharóza a polysacharidy (škrob, celulóza) (Hrabě a kol., 2005). Významnou úlohu hrají v technologii zpracování potravin, jako látky prodlužující trvanlivost konzervařenských produktů (Rop a kol., 2005). Nevýhodou cukrů je, že pokud jsou vystaveny vyšším teplotám, tak karamelizují. Vytvoří se nevábně tmavě zbarvené produkty s trpce nahořklou chutí ochuzené o nutriční složky (Hostašová a kol., 1987). Další komplex procesů představuje tzv. neenzymové hnědnutí pojmenované Maillardova reakce podle svého objevitele, kdy dochází k složitým reakcím cukrů s aminokyselinami a výsledkem jsou žádoucí i nežádoucí změny potravin (Ingr,

2007). Polysacharidy jako jsou celulóza, pektin, chitin, škrob a další jsou součástí buněčných stěn a mají vliv na pevnost plodů (Jílek, 2001).

Lipidy

Tuky jsou významné výživové složky, které tvoří zásobárnu energie (Jílek, 2001). Avšak v rostlinných potravinách se vyskytují jen ve velmi malém množství, dužnina plodů obsahuje asi 0,5–1,5 %, vyšší obsah se nachází v semenech plodů (Hostašová a kol., 1987). Lipidy jsou náchylné k nežádoucím změnám, které mohou znehodnotit samotné tuky a oleje nebo způsobit celkovou ztrátu senzorické a nutriční jakosti potravin (Kyzlink, 1988). Mezi hlavní nežádoucí procesy patří hydrolýza, oxidace nebo žluknutí tuků. Termickými zákroky, které inaktivují lipolytické enzymy, mikroorganismy a odstraní vodu lze docílit určité stability tuků (Ingr, 2007).

Vitamíny

Jsou velmi složité organické látky, které neslouží jako zdroj energie ani jako stavební jednotka. Jejich úloha spočívá v řízení biochemických pochodů uvnitř buňky (Jílek, 2001). Musí být přijímány v potravě, nedostatek se projeví odpovídajícím onemocněním. Dělí se dle rozpustnosti na lipofilní (A, D, E, K) a hydrofilní (B₁, B₂, vitamín PP, Folacin, vitamín C) (Rop a kol., 2005). Vitamíny mají vliv na uchovatelnost potravin, avšak při konzervačních zákrocích může docházet k jejich ztrátě z potravin (Kyzlink, 1988).

Vitamín B₁ (Thiamin)

Hlavními zdroji jsou kvasnice, obilniny, ze zeleniny pak na B₁ bohatá růžičková kapusta a hrášek (Hostašová a kol., 1987). Účastní se neenzymového hnědnutí a působí ochraně na kyselinu L-askorbovou (Kyzlink, 1988). V méně kyselých potravinách při zahřevu nad 100 °C podléhá destrukci (Ingr, 2007). Při nedostatku se u člověka projeví nervové poruchy (Balaščík, 2001).

Vitamín B₂ (Riboflavin)

Vyskytuje se ve stejných potravinách jako Thiamin, ale nejdůležitějším zdrojem jsou mléčné výrobky (Balaščík, 2001). Nedostatek tohoto vitamínu může způsobit poškození sliznic (Bulková, 2011). Podílí se na některých oxidačních procesech živých tkání. Na zvýšenou teplotu je méně citlivý než vitamín B₁, ale ozáření ho zcela degraduje (Rop a kol., 2005).

Vitamín PP (Niacin, Nikotinamid)

Nachází se v zelených částech rostlin a potravinách živočišného původu. V rostlinách v podobě kyseliny nikotinové a živočišných tkáních jako její amid. Je součástí redoxních enzymů souvisejících s ochranou oxylabilních látek (Kyzlink, 1988). Nedostatečný příjem se projeví kožními a nervovými poruchami (Jílek, 2001). Kromě vyluhování je tento vitamín vůči konzervářským operacím stabilní (Ingr, 2007).

Folacin (Kyselina listová)

Nejbohatší na folacin je listová zelenina, dalšími zdroji jsou luštěniny, obiloviny, čerstvé zeleninové natě (Bulková, 2011). Kromě listové zeleniny obsahují Folacin také játra živočichů, chřest, pomeranče, ořechy aj. (Kyzlink, 1988). U člověka má vliv na regeneraci červených krvinek (Jílek, 2001). Jedná se o vitamín velice citlivý. Světlo, záření, záhřev způsobují jeho destrukci. Kyselina askorbová má na něj ochranný vliv (Ingr, 2007).

Vitamín C (Kyselina L-askorbová)

Snadno podléhá oxidaci na kyselinu L-dehydroaskorbovou, která má stále ještě antiskorbutický účinek. V ovoci a zelenině je vitamín C hojně zastoupen (Rop a kol., 2005). Účastní se látkových přeměn v živých organismech (Hostašová a kol., 1987). Při hypovitaminose natékají klouby, dásně a zhoršuje se imunitní systém (Jílek, 2001). Při působení vysokých teplot (nad 100 °C) za aerobních podmínek dochází k výraznému úbytku vitamínu (Ingr, 2007). V průběhu skladování se také snižuje obsah v potravinách v závislosti na skladovacích podmínkách, druhu, odrůdě, zralosti apod. (Rop a kol., 2005). Vitamínu C má v lidské výživě důležitou nutriční, antiskorbutickou a antioxidační funkci. Také slouží jako indikátor šetrnosti zpracovatelských operací (Kyzlink, 1988).

Vitamíny E (Tokoferoly)

Jsou důležitým antioxidantem, chrání polynenasycené mastné kyseliny před oxidací. Nachází se v zelenině, vysoký obsah má špenát dále skořápkové ovoce a rostlinné oleje (Bulková, 2011). Jsou odolné vyšším teplotám, ale škodí jim UV záření, ozon, peroxidy a jiné (Ingr, 2007). Používají se jako antioxidanty při skladování tuků (Rop a kol., 2005).

Kyseliny

Mají v potravinách několik úloh, dodávají surovinám typickou chuť, aktivují trávicí enzymy, ovlivňují nemikrobiální změny a působí bakteriostaticky (Ingr, 2007). V ovoci

jsou zastoupeny především organické kyseliny jako citronová, jablečná, vinná, v množství 0,35–3,3 %. Nejvyšší koncentrace je před dozráváním, během skladování obsah postupně klesá (Hrabě a kol., 2005). Zelenina je na kyseliny, s výjimkou rajčat a reвенě, výrazně chudší (Hostašová a kol., 1987). Vyskytují se ve volné a vázané formě. Volné kyseliny se stanoví titračně na převládající kyselinu a aktivní kyselost potravin je vyjádřena hodnotou pH (Ingr, 2007). Hodnota pH má významný vliv na inaktivaci mikroorganismů termosterilací. Čím nižší pH, tím vyšší účinnost záhřevu. Proto se některé potraviny záměrně okyselují a tím zároveň konzervují (Rop a kol., 2005). Hodnota pH u ovoce se pohybuje mezi 3,0–4,0 (Hrabě a kol., 2005).

Aromatické látky

Jsou chemicky různorodé těkavé látky, které jsou přítomny v potravině ve velmi malém množství, avšak způsobují její charakteristickou vůni a chuť (Kyzlink, 1988). Chemicky se jedná o alkoholy, estery, ketony, aldehydy, uhlovodíky, terpeny apod. (Hrabě a kol., 2005). Nejvyšší nárůst aromatických látek u ovoce je zaznamenán v období zrání plodů. Místem koncentrace bývá u většiny plodů slupka (Rop a kol., 2005). Nejznámější nositelé pachových látek jsou cibule, česnek, pór, křen, ředkev, hořčice a některé kapustovité rostliny (Kyzlink, 1988). Aromatické látky patří k termolabilním a oxylabilním látkám, které trpí při některých konzervačních zákrocích, jako je sušení a zahušťování. Těkavé látky odchází s vodní parou a potravina je ochuzena o své charakteristické aroma (Rop a kol., 2005). Některé aromata zeleniny jako allicin, sinalbin, sinigrin, mají bakteriocidní účinky a používají se ke konzervaci jako tzv. fytoncidy (Jílek, 2001).

3.3 Nežádoucí změny

Vznik nežádoucích změn může nastat v jakékoliv výrobní i mimovýrobní fázi, u prvotních surovin, polotovarů nebo hotových výrobků (Rop a kol., 2005). Složitost biochemických reakcí probíhajících v ovoci, zelenině a dalších druzích potravin dává předpoklad rozvoji řadě změn (Hostašová a kol., 1987). Převážně se jedná o změny zhoršující senzoryckou a nutriční hodnotu potravin (Rop, 2005). Nejvýraznější jsou změny způsobené mikroorganismy, které znamenají zdravotní riziko pro lidský organismus (Kadlec a kol., 2009). Existují dvě formy nemikrobních biochemických změn. První forma je pro spotřebitele nepozorovatelná. Zda došlo k nežádoucí změně, je

možné zjistit pouze laboratorními rozbory (Beránek, 1977). Mezi tzv. skryté změny patří např. ztráta vitamínů, cukrů, přeměna dusíkatých látek (Ingr, 2007). Druhá forma je sensoricky postřehnutelná. Jedná se o změny barvy, odchylky od typické vůně, chuti a konzistence (Beránek, 1977). Údržnost potravin ovlivňuje souhrn činitelů, které lze rozdělit na: mechanické, fyziologické, enzymatické a mikrobiologické (Kaščák, 1990).

Mechanické změny

Vznikají narušením povrchu ovoce a zeleniny např. pádem ze stromu, nešetrným zacházením při úkonech spojených se sklizní, výrobou, dopravou atd., nebo také poškozením od hmyzu či hlodavců. U živočišných produktů je hlavním spouštěčem poranění jatečného zvířete (Ingr, 2007). Vlivem mechanických změn nedochází pouze ke snížení sensorické a tržní hodnoty suroviny, ale kvůli narušenému povrchu je snadná cesta k mikrobiálnímu napadení, které vyústí ve zkázu suroviny (Kyzlink, 1988). Těmto změnám nelze prvotně předejít konzervačním zákrokem (Kaščák, 1990). Největší povinnost vůči vzniku změn mají producenti a zpracovatelé potravinových surovin (Ingr, 2007).

Fyziologické změny

Ve všech živých tkáních a pletivech probíhají biochemické pochody. Mají velmi významnou roli, protože se podílí na konečné konzumní a konzervační kvalitě potraviny (Kyzlink, 1988). U rostlin zapřičiňují životní cyklus, který se skládá z vývinu, zrání a přezrávání plodů. U živočichů je dynamická rovnováha zajištěna příjmem kyslíku, konstantní teplotou organismu, stálou hodnotou pH tělních tekutin a souvislým vylučováním metabolitů (Ingr, 2007). Pokud však dojde k narušení rovnováhy probíhajících procesů v organismu např. usmrcením zvířete nebo oddělením plodu od mateřské rostliny, nastávají nežádoucí fyziologické změny. Mají různou rychlost průběhu a jejich výsledkem jsou výživové ztráty, vznik zplodin s nepříjemnou chutí a vůní, změny konzistence (Hostašová a kol., 1987). Dalšími činiteli změn jsou teplo, světlo, voda, kyslík, záření a cizorodé látky (Beránek, 1977).

Enzymatické změny

Probíhají v narušených rostlinných pletivech, ve vrstvě poškozených buněk. Nejčastěji způsobené technologickými operacemi, při kterých dochází k mechanickému poškození pletiva (Kadlec a kol., 2009). Katalyzátory těchto biochemických reakcí jsou enzymy, které se nachází ve všech živých organismech (Červenka, Samek, 2003).

V porovnání s mikroorganismy způsobují sice méně viditelné změny, avšak mají podobně nepříznivé důsledky. Patří zde enzymové hnědnutí plodů, ztráta vitaminů, rozklad škrobu, oxidace tuků atd. (Rop a kol., 2005). Ačkoliv se enzymy samy reakcí neúčastní, dokáží rozložit velký objem látky (Beránek, 1977). Mezi technologicky významné skupiny enzymů patří lipoxygenasy, lipasy a proteasy, které svojí činností mění chuť a vůni potravin. Pektolytické a celulytické enzymy způsobují měknutí. Za změnu barvy jsou zodpovědné polyfenoloxidas, chlorofylasy a částečně peroxidasy (Kadlec a kol., 2002). Důsledkem činnosti askorbatoxidasy je oxidace vitamínu C, částečného omezení enzymatické degradace se docílí zahřátím, nebo okyselením potravin (Bulková, 2011). Vhodně zvolenými principy lze enzymatickou činnost inaktivovat působením zvýšené teploty při sterilaci nebo blanšírování potravin, zmrazením na teploty pod -30 °C nebo použitím vysokých dávek radiačního záření (Rop a kol., 2005).

Mikrobiální změny

Nejčastějším původcem kažení potravin jsou mikroorganismy (Kaščák, 1990). Ochrana před nákazou je obtížná, jelikož se mikroorganismy vyskytují všude kolem nás a disponují značnou schopností přizpůsobovat se. Ve vhodném prostředí s dostatkem živin se velmi rychle množí (Hostašová a kol., 1987). Z hlediska důsledků na zdraví konzumenta, sensorickou a nutriční hodnotu a rozkladu potravin patří tyto změny k nejzávažnějším. Na průběhu nežádoucích změn potravin se podílí mnoho mikroorganismů (Bulková, 2011). Dle systematiky se dělí na *prokaryota* (bakterie) a *eukaryota* (kvasinky, plísně). Každý druh způsobuje jiné nežádoucí změny, které lze podle vnějšího projevu rozlišit. Jedná se o plesnivění, houbové hniloby, kvašení, hnití a tlení (Kyzlink, 1988). Ne však všechny procesy spojené s mikrobiální činností mají destruktivní povahu. Užitečnými organismy jsou určité druhy kvasinek používané v technologii výroby piva, vína, pekárenských výrobků (Lehari, 2011).

Většina potravinářských surovin, polotovarů a potravin je určitou mírou kontaminovaná (Kadlec a kol., 2009). Mikroorganismy napadají plody již před samotnou sklizní, v průběhu sklizně dotykem lidských rukou, náradí nebo během skladování. Především rychlý průběh nákazy probíhá u poraněných a nevhodně skladovaných produktů (Rop a kol., 2005). Za kažení se považuje jakákoliv změna, která způsobí, že produkt se stává nepříjemný pro lidskou konzumaci. Původní nízká koncentrace

kontaminujících mikrobů se v průběhu skladování zvyšuje a s ní také roste množství vylučovaných metabolitů, které způsobují změny chuti, vůně, slizovatění atd. Mikrobiální kažení potravin má na svědomí znehodnocení jedné čtvrtiny celkové světové produkce potravin (Komprda, 2007). Proto je snaha již od pradávna vhodným ošetřením a skladováním potravin a výrobků zabránit nejen rozkladu, ale již i předběžným změnám (Beránek, 1977). Bezpečnou ochranou jsou proto konzervační metody, které negativně působí na základní životní funkce mikroorganismů (Kyzlink, 1988).

Mykotoxiny, sekundární metabolity některých hnilobných mikroorganismů, patří mezi nejzávažnější toxické látky (Kadlec a kol., 2009). Konzumace napadených surovin představuje pro člověka vážná zdravotní rizika. Mohou způsobit akutní nebo chronické otravy. Dále mohou u lidí způsobovat mykózy např. kůže, sliznic, orgánů atd. (Tůma, 2015). Hlavními producenty jsou plísně rodu *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* (Komprda, 2007). Ke kontaminaci rostlinných produktů dochází v průběhu vegetačního období, důsledkem špatného zpracování nebo skladování. U hospodářských zvířat dochází k zavlečení mykotoxinů do těl podáním plesnivého krmiva. Nejrizikovější skupinou jsou aflatoxiny, u nichž byl prokázán karcinogenní potenciál. Nejčastěji napadenými surovinami jsou ořechy, podzemnice olejná, kukuřice, sušené ovoce (fíky, rozinky, datle, meruňky, atd.) (Kadlec a kol., 2009). Ochratoxin A je zase typický pro kávové boby a obilniny (Komprda, 2007). Do fusariových toxinů patří deoxynivalenol, zearalenon a fumonisiny vyskytující se v cereáliích (Kadlec a kol., 2009). Nejtypičtějším mykotoxinem ovoce a zeleniny je patulin. Příčinou vzniku je použití plodů s narušenou povrchovou vrstvou nebo plesnivě ovoce k výrobě ovocných a zeleninových šťáv (Komprda, 2007). K výraznému snížení obsahu patulinu dochází při etanolovém kvašení nebo působením vysokých teplot (Kadlec a kol., 2009). Postupy jak zabránit kontaminacím plynou z jejich příčin vzniku. Hlavní zásada, sklízet pouze zralé nenakažené suroviny, skladovat v suchých a větraných prostorech, používat pouze pečlivě roztříděné nepoškozené ovoce, chránit před zvlhnutím, nekrmit dobytek napadeným krmivem. Ze zde zmíněného textu lze vyvodit, jakou důležitou roli hrají preventivní opatření ve snaze o snižování obsahu mykotoxinů v potravinách (Komprda, 2007).

Nejčastější formy mikrobiálního rozkladu

Plesnivění

Je proces, při kterém je potravina prorůstána koloniemi různých druhů plísní. Nejčastěji se jedná o příslušníky rodů *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor* aj. Ve většině případů tvoří na povrchu porosty, které v průběhu růstu mění své zbarvení (Kyzlink, 1988). Vhodné podmínky pro růst plísní je v nevětraných prostorech s vysokou relativní vzdušnou vlhkostí (Ingr, 2007). Změny vzhledu jsou doprovázeny nepříjemnými pachy a chutí potraviny (Kaščák, 1990). Obzvláště nebezpečné jsou plísněmi vylučované mykotoxiny (Kyzlink, 1988).

Houbové (plísňové) hniloby

Znehodnocují nekonzervované skladované ovoce a zeleninu. Dochází k nim již před sklizní, vznikají na mechanicky poraněných částech pokožky plodu (Kyzlink, 1988). Projevují se jako černá, zelená nebo šedá hniloba. Původcem jsou rody *Botrytis*, *Fusarium*, *Rhizopus* a další (Ingr, 2007).

Hnití

Je v potravinářství pojem, kterým se nazývá mikrobiální proces, při kterém nastává rozklad dusíkatých látek (Kaščák, 1990). Vnějšími projevy jsou hnědnutí a jiné barevné změny, odporný zápach a změna konzistence. Kyselé potraviny s pH nižším než 4 jsou před hnitím chráněny, ostatní musí být přirozeně nebo uměle okyseleny. Nebezpečná je tvorba specifických toxinů některými mikroby, které mají na svědomí např. hromadná střevní onemocnění. Producenty těchto toxinů jsou *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, organismy rodu *Salmonella*, *Pseudomonas* a další (Kyzlink, 1988). Potravina, která podlehla rozkladu, již obsahuje jedovaté látky, které nelze žádným konzervačním zákrokem odstranit (Kaščák, 1990). K hnití masa dochází hned po fázi zrání. Maso mění barvu, zapáchá, je oslzlé a v další fázi dochází k hluboké hnilobě. Hnití zeleniny je často pokračováním plísňových hnilob. Mezi nejvíce napadané druhy patří zástupci vodnaté, kořenové a košťálové zeleniny (Ingr, 2007).

3.4 Činitelé způsobující znehodnocení potravin

Bakterie

Jsou jednobuněčné mikroorganismy, jejichž tvar je nejčastěji tyčinkovitý, kulovitý nebo vláknitý (Šilhánková, 2008). Tvoří nejrozsáhlejší skupinu mikrobusů s rozličnými

vlastnostmi a vztahy k potravinám (Balaščík, 2001). Jedná se hlavně o rody *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Vibrio*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* a další. Významnou schopností klostridií a bacilů je tvorba spor (Ingr, 2007). Buněčná stěna bakterií má dvojí strukturu. U grampozitivních bakterií se skládá ze silné peptidoglykanové vrstvy, která obsahuje teichoovou kyselinu. Gramnegativní bakterie mají pouze slabou vrstvu peptidoglykanů a vnější membránu, která je tvořena fosfolipidy, strukturními a enzymovými proteiny, lipolipidy a liposacharidy. Spory jsou velmi odolné stádia, které umožní bakteriím přežít nepříznivé životní podmínky. V potravinovém průmyslu je to obzvlášť negativní vlastnost. Důvodem mimořádné termorezistence je nejspíš malý obsah vody ve spore a vysoký obsah lipidových obalů (Šilhánková, 2008). Bakterie špatně snášejí kyselé prostředí a vysoký osmotický tlak, zabraňuje jim totiž v klíčení a rozmnožování (Kyzlink, 1988). Některé vybrané druhy jsou v potravinářství žádané, patří zde bakterie mléčného kvašení (např. *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus delbrueckii*) a octového kvašení (rod *Acetobacter*), avšak převážná většina způsobuje nežádoucí změny potravin a závažná onemocnění (Tůma, 2015; Lehari, 2011).

Fungi (Plísně)

Jedná se o vláknité eukaryotní mikroorganismy spadající mezi houby (*Fungi*) (Šilhánková, 2008). Druhy spojené s potravinářstvím se dělí do tříd, *Zygomycota*, *Ascomycota* a *Deuteromycota*. Typické pro plísně je tvorba mycelií složených z vláken tzv. hyf. Ty se vyskytují nejčastěji na povrchu, ale i uvnitř napadené potraviny (Tůma, 2015). Na životní podmínky jsou velmi skromné, vystačí si s velmi malým množstvím živin (Ingr, 2007). Dobře snášejí i relativně vysoký osmotický tlak a až na některé výjimky jsou vysloveně aerobní (Hostašová a kol., 1987). Typickými zástupci plísní jsou rody *Rhizopus*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Botrytis*, *Candida*, *Fusarium* a další (Kyzlink, 1988). Některé rody patří do skupiny produkující zdraví nebezpečné mykotoxiny (Komprda, 2007).

Kvasinky

Jsou heterotrofní eukaryotní mikroorganismy, patří mezi houby (Šilhánková, 2008). Dokáží zkvašovat cukry na etanol a oxid uhličitý za vzniku tepla a energie (Balaščík, 2001). Množí se pomocí dělení a pučení nebo pohlavním rozmnožováním. Buněčná stěna je silná a pevná, chrání buňku před mechanickými vlivy (Šilhánková, 2008). Ideální pro jejich růst a rozmnožování je kyselé prostředí s teplotou okolo 20 °C a

alespoň minimálním množstvím kyslíku (Balaščík, 2001). V kvasném průmyslu je hojně využíváno vlastností zástupců rodu *Saccharomyces* k výrobě etanolu, vína a lihovin. Technologicky významným škůdcem je především rod *Candida*, způsobující zkázu potravin (Kyzlink, 1988).

3.5 Kultivační prostředí a faktory ovlivňující růst mikroorganismů

Mikroorganismy, které se vyskytly v surovině s dostatečným množstvím živin a vhodnými kultivačními podmínkami, zahajují první adaptační tzv. lag fázi, kdy ještě nedochází k množení, ale pouze přizpůsobování na nové podmínky (Šilhánková, 2008). Technologickou úpravou nebo podmínkami skladování suroviny lze záměrně prodloužit adaptaci mikroorganismů (Kadlec a kol., 2009). V další fázi již probíhá dělení buněk a jedná se o fázi logaritmického růstu. Průběh a rychlost dělení závisí na několika faktorech, jsou to druh mikroba, složení a teplota média (Votava a kol., 2010). Třetí stádium vývoje označované jako exponenciální fáze je období prakticky neomezeného růstu mikroorganismů (Komprda, 2007). Z průmyslového hlediska je tato fáze důležitá kvůli tvorbě primárních metabolitů, např. etanol, kyselina mléčná. Následuje fáze zpomalení růstu, související s postupným snižováním koncentrace živin a zvyšováním množství metabolitů, které působí inhibičně (Kadlec a kol., 2012). Ve stacionární fázi se počty mikroorganismů nezvyšují a růst je zastaven. Zbývá už jen poslední fáze a to odumírání (Komprda, 2007).

Ve všech živých organismech probíhá látková přeměna, poskytující dostatek energie a stavebních látek pro život. Intenzita metabolismu je závislá na vnějších podmínkách prostředí. Při dostatečném množství živin, optimální teplotě a vhodném pH probíhá nekontrolovatelný růst a množení mikroorganismů (Šilhánková, 2008).

Příjem živin probíhá celým povrchem těla mikroorganismů přes cytoplazmatickou membránu. Ta slouží jako mezník mezi vnitřním a vnějším prostředím buňky a je zodpovědná za vyrovnávání vnitrobuněčných osmotických tlaků. Látky difundují cytoplazmatickou membránou přes jemné póry. Nízkomolekulární hydrofilní sloučeniny pronikají membránou rychleji než větší molekuly jako např. hexosy (Tůma, 2015). Vnější prostředí s vysokým osmotickým tlakem způsobí difuzi vnitrobuněčné vody vně, což má za následek zpomalení metabolismu mikroba. Pokud na cytoplazmatickou membránu,

kteřá je tvořena fosfolipidy, působí sloučeniny rozpouštějící lipidy, dojde k poškození membrány a uvolnění vnitrobuněčných látek do prostředí a následuje smrt buňky (Šilhánková, 2008).

Obsah vody v potravině

Označovaný jako tzv. aktivita vody (a_w) určuje její využitelnost pro růst mikroorganismů (Komprda, 2007). Jedná se o poměr tlaku vodní páry nad potravinou a tlakem par čisté vody při stejné teplotě (Šilhánková, 2008). Hodnota a_w se nachází v rozmezí 0–1 (Kadlec a kol., 2002). Pro dosažení inaktivace enzymů je nutné z potraviny odstranit vodu natolik, aby aktivita vody měla hodnotu nižší než 0,6. Voda v potravinách se nachází ve dvou formách, volné a vázané (Ingr, 2007). Volná voda je ideální prostředí pro chemické a mikrobiální pochody (Kyzlink, 1988). Odstraněním vody z potraviny se její obsahové látky koncentrují a zvyšuje se tak osmotický tlak. Mikrobiální buňka obsahuje 75–90 % vody, ve které se nachází řada solí a meziproductů metabolismu, které vytváří vnitrobuněčný osmotický tlak. Vyrovňování tlaku mezi prostředím buňky probíhá difuzí cytoplazmatické membrány. Jestliže odejde příliš velké množství vody, metabolismus buňky se zastaví. V opačném případě, pokud je nějakým způsobem narušená buněčná stěna, proniká do vnitřního prostředí voda, která způsobí nabobtnání a lzy buňky (Šilhánková, 2008). Odnímání vody je hlavním principem některých konzervačních metod, jako např. sušení, odpařování, zahušťování, přídavek osmoticky aktivních látek (Votava a kol., 2010).

Kyselost prostředí (pH)

Životní funkce mikroorganismů jsou silně ovlivňovány množstvím vodíkových iontů v prostředí. Vodíkový kation a hydroxylový anion se dostávají do vnitřního prostředí buňky pomocí aktivního transportu. Tyto ionty ovlivňují extracelulární enzymy a transport látek přes cytoplazmatickou membránu (Šilhánková, 2008). Hodnota pH potraviny ovlivňuje schopnost mikroorganismů růst. U bakterií přestávají klíčit spory při pH 4,0. Což je hraniční hodnota pro rozdělování potraviny na kyselé, které mají pH nižší než 4,0 a málo kyselé s pH v rozmezí 4,0–6,5 (Kadlec a kol., 2002). Rozdělení potravin úzce souvisí s požadavky tepelného opracování. U kyselých potravin postačí pasterační záhřev, načež málo kyselé potraviny se sterilují kvůli větší odolnosti mikroorganismů obtížněji a použité teploty tedy musí přesahovat 100 °C (Červenka, Samek, 2003).

Redoxní potenciál

Je schopnost potravinu oxidovat (Komprda, 2007). Přístup kyslíku k potravíně má vliv na její mikrobiální znehodnocení (Kadlec a kol., 2002). Dle požadavků na vzdušný kyslík se mikroorganismy dělí na ty, které potřebují na své životní pochody přístup kyslíku a nazýváme je aerobní mikroorganismy. Rozkládají organické látky kyslíkem až na oxid uhličitý a vodu (Tůma, 2015). Opačným případem jsou anaerobní mikroorganismy, které kyslík nepotřebují, dokonce jim i škodí (Hostašová a kol., 1987). Účastní se kvasných procesů bez přístupu vzduchu, za vzniku organických látek, které dále zpracovávají aerobní mikroorganismy. Zvláštní jsou fakultativně aerobní druhy, které nejsou na koncentraci kyslíku životně závislé (Tůma, 2015). Množení mikroorganismů je závislé na redoxním potenciálu dané potravinu a obecné rozsahy redoxního potenciálu mikrobů jsou dané jejich nároky na molekulární kyslík (Kadlec a kol., 2009). Mezi oxidační činidla patří kyslík, dusičnany, železité ionty, peroxidy. Redukčními činidly jsou vodík, železnaté ionty a sloučeniny se sulfhydrolovou skupinou. Podle vztahu mikroorganismů ke kyslíku se dá celkem dobře kontrolovat mikrobiální aktivita např. při žádoucím kvasném procesu (Šilhánková, 2008).

Složení potravinu

Na růst mikroorganismů krom výše zmíněných má vliv také složení potravinu a dostupnost živin (Kadlec a kol., 2002). Čím má surovina dostupnější živiny, tím optimálnější vytváří podmínky pro vegetaci nežádoucích mikrobů a rychleji podléhá kažení (Kadlec a kol., 2009). Některé látky jako cukry, tuky, bílkoviny a rozpuštěné složky mají dokonce ochrannou funkci a chrání tak mikroorganismy před účinkem vysokých teplot při záhřevu potravinu (Tůma, 2015). Pokud dojde k vyčerpání živin, mikroorganismus zareaguje zpomalením metabolismu a čerpáním energie z rezervních látek, což postupem času vede ke smrti (Šilhánková, 2008).

Teplota

Zahřejeme-li surovinu nad maximum mikroflóry vyskytující se v ní, zpomalují se chemické reakce, rapidně klesá růst, jelikož vysokými teplotami došlo k denaturaci enzymů, na kterých je závislý růst buňky (Šilhánková, 2008). Doba a výše použité teploty není jednotná, záleží zejména na povaze prostředí potravinu a druhu nebo kmene mikroorganismů (Kyzlink, 1988). Rovněž nízké teploty mohou inaktivovat mikroorganismy i jejich enzymy. I když některé enzymy např. lipasy mohou značně znehodnotit potravinu i při $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Úplná inaktivace nastane až při zmrazení pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$

(Červenka, Samek, 2003). Mechanismus usmrcení mikroorganismu pomocí nízkých teplot spočívá ve vytvoření krystalů ledu z vnitrobuněčné i mimobuněčné vody, což poškodí buňku natolik, že dojde k usmrcení (Šilhánková, 2008). Dle požadavků na optimální teploty růstu lze rozdělit mikroorganismy na termofilní s teplotním rozsahem 45–70 °C, mezofilní, jejichž životní projevy jsou při teplotách 10–45 °C a psychrofilní, které rostou v teplotách 5–20 °C. Poslední skupinou jsou organismy schopné růst při chladírenských teplotách (0–5 °C) a nazývají se psychrotrofní mikroorganismy (Kadlec a kol., 2002). Vliv teploty a odolnost mikrobů je hlavním úkolem konzervační metody termosterilace (Ingr, 2007).

3.6 Konzervace potravin

Produkty rostlinného původu jsou většinou neúdržné, kvůli vysokému obsahu vody a velkému množství probíhajících reakcí, které přirozeně ohrožují kvalitu produktu (Bulková, 2011). Nežádoucí změny jsou urychlovány probíhajícími biochemickými procesy v plodině, činností kontaminujících mikroorganismů a působením jejich enzymů, které mohou vést až k naprostému rozkladu potraviny. Proto se lidé už od pradávna snaží různými způsoby zachovat potravině její typické sensorické a nutriční vlastnosti a prodloužit její přirozenou uchovatelnost (Jílek, 2001). Dostatečná informovanost a pochopení všech mechanismů podílejících se na degradačních procesech, může sloužit k vytvoření takových podmínek, aby se co nejvíce předcházelo nežádoucím změnám (Kadlec a kol., 2009).

Eubióza představuje fázi, kdy je plod stále ve spojení s mateřskou rostlinou, z které přijímá živiny (Goliáš, 1996). Před rozkladem je chráněn vlastními přirozenými fyziologickými procesy, které za normálních podmínek chrání plod (Červenka, Samek, 2003). Zdravé plodiny s neporušeným rostlinným pletivem značně odolávají množení rostlinných saprofytů. Účinek této schopnosti se snižuje s dozráváním, poraněním nebo onemocněním pletiva (Kyzlink, 1988).

Hemibióza je stav, kdy byl ukončen biologický život. U rostlinných produktů důsledkem sklizně, u živočichů usmrcením zvířete. Jedná se o druhý přirozený princip ochrany. V dožívající tkáni pokračují biochemické pochody, které chrání surovinu před degradací (Ingr, 2007). Post biotické změny jako je prodýchávání cukrů, stabilizace škrobnatých komplexů, snížení pH a okyselení masa kyselinou mléčnou ve fázi post

mortem prodlužují jakost a údržbu potravin po dobu několika dní (Hrabě a kol., 2005). Rychlost rozvoje posklizňové mikroflóry je úměrná poškození plodu, specifické odolnosti odrůdy a hlavně skladovacím teplotám (Kyzlink, 1988).

Abióza je metoda založená na vylučování mikroorganismů z prostředí, jedná se o takové ošetření potravin, které vede k usmrcení přítomných mikrobů (Ingr, 2007). Patří sem preventivní opatření omezující kontaminaci produktu jako např. praní surovin, čistota náradí, pracovníků, odstředování, filtrace atd. (Kadlec a kol., 2009). Přímé inaktivace mikroorganismů a jejich enzymů je dosaženo termosterilací teplotou nad 100 °C (Hrabě a kol., 2005).

Anabióza zahrnuje principy úpravy potravin, které zvyšují odolnost prostředí vůči mikroorganismům (Červenka, Samek, 2003). Hlavním účelem těchto metod je vytvoření nevhodného prostředí pro vývoj, množení a další životní funkce nežádoucích mikroorganismů (Ingr, 2007). Mezi typické nepřímé inaktivační metody patří xeroanabióza, osmoanabióza, psychroanabióza a kryoanabióza (Hrabě a kol., 2005).

Konzervační metody jsou založené na třech principech působení, které více či méně pozastavují mikrobiální činnost. Rychlost degradace potravin je závislá na četnosti a účinnosti mikrobů a nepřímo závislá na odolnosti prostředí. První metoda, vylučování mikrobů z prostředí se zaměřuje na snižování počtu kontaminující mikroflóry (Hrabě a kol., 2005). Následující konzervační metody jsou založené na principu abiózy, přímém usmrcení mikrobů vlivem působících mechanismů. Poslední princip anabiózy spočívá ve zvyšování odolnosti potravin, čímž se prodlužuje lag fáze růstu a dochází k nepřímé inhibici mikroorganismů (Kadlec a kol., 2009).

3.6.1 Vylučování mikroorganismů z prostředí

Patří mezi abiotickou metodu, která se dělí na několik skupin dle účelu a použití v potravinářském průmyslu. Jako první je preventivní zabránění kontaminace potravin mikroby (Čepička a kol., 1995). Základem je sanitace celého komplexu výroby, jednotlivých náradí, zařízení a výrobních linek. Dále čistota vzduchu, vody, přísad, surovin a v neposlední řadě důležitá čistota pracovníků přicházejících do kontaktu s potravinami (Ingr, 2007).

Úroveň čistoty jednotlivých místností a částí výrobních hal, zahrnujících péči o stěny, stropy a podlahy, má rozhodující vliv na jakost a zdravotní nezávadnost konečného výrobku (Červenka, Samek, 2003). Omývání náradí a zařízení probíhá hygienicky nezávadnou vodou s možností přísady činidel. Vzduch z provozovny je vháněn do čistících filtrů, které zachycují nežádoucí nečistoty, které by mohly vniknout do konzervovaných hmot (Kyzlink, 1988). Voda přicházející do styku s potravinami musí vždy splňovat podmínky pro pitnou vodu (Ingr, 2007). Velmi důležité je věnovat pozornost vedlejším surovinám, které jsou často původcem kažení finální potraviny. Jedná se výhradně o koření, cukr a sůl, které je nutné před použitím vhodně ošetřit (Hostašová a kol., 1987). Pracovníci potravinářského provozu jsou součástí výroby a přichází do přímého styku se surovinami, tudíž musí dodržovat hygienické a bezpečnostní předpisy dané výrobny (Červenka, Samek, 2003).

Další ochuzování potravin o nežádoucí mikroorganismy nastává během zpracovatelského procesu různými mechanickými způsoby. Mezi využívané zákroky patří čištění, praní ovoce a zeleniny, nebo také čiření kapalných výrobků (Kyzlink, 1988). Cílem je úplné a trvalé odstranění mechanických a mikrobiálních nečistot nebo alespoň jejich redukce. Doposud zmíněná opatření nemohou být považována za konzervační zákroky, avšak pokud jsou doplněny vhodnými prostředky, dá se jimi prodloužit uchovatelnost (Hrabě a kol., 2005).

Za konzervační zákroky lze považovat až metody, které způsobí úplné vyloučení mikroorganismů z potraviny a toho je dosaženo mikrobiální filtrací a baktofugací (Kadlec a kol., 2002). Pokud je zpracovávaná kapalina vedena přes polopropustnou membránu, na které zůstanou zachyceny mikroby, jedná se o mikrobiální filtraci. K dosažení požadované sterility kapaliny je nutné, aby filtr měl velmi úzké póry, což může způsobovat problémy u tekutin obsahující hrubě nebo koloidně disperzní látky. Takové tekutiny je před filtrací nutné odkalit (Kyzlink, 1988). Pod pojmem baktofugace se skrývá odstředivá separace mikroorganismů pomocí speciální centrifugy, kdy bakterie jsou odstředěny do kalového prostoru a následně mimo odstředivku (Hrabě a kol., 2005).

3.6.2 Přímá inaktivace mikroorganismů

Zahrnuje metody založené na usmrcování mikrobů pomocí fyzikálních a chemických zákroků. Nejedná se však o absolutní sterilitu produktu, jelikož by došlo k přílišnému poškození. Proto potravinářský průmysl operuje pouze s tzv. praktickou

sterilaci (Červenka, Samek, 2003). Docílit inaktivace mikroorganismů se dá několika způsoby, některé se řadí mezi konvenční a jiné mezi novější a teprve rozšiřující se metody. Některé se mohou vzájemně kombinovat a lze tak těžit ze synergického účinku daných ošetření (Jílek, 2001).

3.6.2.1 Konzervace vysokou teplotou

Termosterilace patří mezi hlavní konzervační metody, jelikož se jedná o dobře probádanou a osvědčenou metodu, která při dodržení správných technologických postupů, poskytuje spolehlivé a zdravotně nezávadné výrobky (Kyzlink, 1988). Má mnoho způsobů provedení, takže se hodí pro aplikaci na nejrůznější druhy kyselých i nekyselých potravin (Ingr, 2007). Jedná se o abiotickou metodu, jejíž principem je tepelná denaturace nežádoucích mikrobiálních a enzymových bílkovin, které mohou negativně ovlivnit vlastnosti produktu (Červenka, Samek, 2003). Zvýšená teplota má také inaktivační účinek na některé zdraví škodlivé mikrobiální toxiny, které se působením varu rozkládají (Kadlec a kol., 2012). Způsobíme-li zahřátí potraviny na teplotu vyšší než je optimum mikroflóry, která se zde může vyskytovat, stává se tak prostředí pro mikroby nepříznivé. Dochází k narušení jejich vitálních funkcí, ztrácejí schopnost reprodukce a při prodloužení doby záhřevu postupně hynou (Bulková, 2011). Pro dané skupiny potravin byly experimentálně zjištěny hodnoty tepla a nutná délka výdrže této teploty, aby bylo dosaženo požadovaného inhibičního účinku (Beránek, 1977). Volba zákroku se liší podle povahy suroviny, která se má sterilovat a tepelné rezistenci mikroorganismů, které se v ní nachází. Potravina je napadána rozličnými druhy a kmeny mikroorganismů s odlišnou citlivostí na záhřev (Kadlec a kol., 2012). Mezi faktory ovlivňující tepelnou destrukci mikrobů patří látkové složení potraviny jako celek, dále nejdůležitější parametr určující nutnou výši působící teploty je hodnota pH potraviny. Poté obsah a aktivita vody. Je obecně známo, že voda vede teplo lépe a tak ve vlhkém prostředí hynou mikroby rychleji než v suchém (Beránek, 1977). Velice pozitivní vliv na snižování koncentrace přežívajících mikroorganismů má zvyšující se osmotický tlak a kyselé prostředí. Doba potřebná k inaktivaci souvisí s počáteční kontaminací potraviny a množstvím přežívajících mikroorganismů klesá logaritmičtě s dobou vystavení dané teplotě (Votava a kol., 2010). Negativní stránkou konzervace teplem je změna termolabilních složek potraviny (Jílek, 2001). Mohou se měnit organoleptické vlastnosti, výživové vlastnosti nebo také konzistence (Čurda a kol., 1992).

Za sterilovanou potravinu můžeme považovat pouze tu, která je prostá všech životaschopných forem mikroorganismů (Melicherčíková, 2015). Nekyselé a málo kyselé potraviny s hodnotou pH vyšší než 4,0 musí být vždy sterilované teplotou přesahující 100 °C (Jílek, 2001). Aby byla sterilace úspěšně provedena, musí působit požadovaná teplota příslušnou dobu ve všech částech výrobku (Hostašová a kol., 1987). Za sterilaci se obecně považuje použití teploty 121,1 °C působící nejméně 10 minut, avšak v praxi se musí přizpůsobit zákrok konzervované potravině (Kadlec a kol., 2002). Skladovatelnost takto ošetřených konzerv je teoreticky neomezená, znehodnocení může nastat pouze sekundárně, kontaminací mikroby, které se dostaly do výrobku důsledkem poškozeného nebo netěsnícího obalu. Zda proběhla sterilace úspěšně, se zjišťuje termostatovým testem. Ten spočívá v uložení plechovek na 7 dní do teploty 37 °C a sleduje se, zda nedojde k bombáži (Ingr, 2007).

Pasterací se označuje záhřev s nižší inaktivační schopností (Kadlec a kol., 2002). Jelikož jsou používány teploty od 65 do 80 °C, tak není dosaženo sterility produktu (Jílek, 2001). Takto tepelně upravené potraviny mají nižší trvanlivost a musí být doplněny vhodnými konzervačními zákroky nebo opatřeními. Jedná se např. o balení do ochranné atmosféry, vakuové balení, umělé okyselení potraviny atd. (Ingr, 2007). U kyselých potravin s pH do 4,0 stačí zahřátí do 100 °C, aby bylo dosaženo konzervačního účinku (Čurda a kol., 1992). Pasterace probíhá v otevřených pasterizačních vanách nebo autoklávech (Červenka, Samek, 2003).

Fracionovou sterilací se ošetřují převážně málo kyselé potraviny, u kterých by mohla nastat změna konzistence, pokud by byly vystaveny vyšším sterilizačním teplotám (Červenka, Samek, 2003). Metoda je sice šetrná k choulostivým potravinám, avšak je náročnější po časové a finanční stránce (Ingr, 2007). Princip spočívá v pasteraci teplotou mezi 65 a 70 °C po dobu 10 minut. Tímto se zlikvidují vegetativní formy přítomných mikrobů a spory přinutí k vyklíčení (Čurda a kol., 1992). Tím stejným způsobem se pasterace opakuje po 24 hodinách nebo několika dnech. Zákrok se může až třikrát opakovat a efekt by měl být takový, že dojde k inaktivaci prakticky všech mikroorganismů (Půhoný, 1988).

Dalším způsobem tepelného opracování je blanšírování. Jedná se o pomocnou operaci, před vlastním konzervačním zákrokem. Blanšírování je vystavena většina druhů ovoce a zeleniny před pasterací, sterilací, většinou také před mrazírenským skladováním

nebo sušením (Kadlec a kol., 2012). Princip spočívá v krátkodobém zahřátí suroviny, aby došlo k snížení přítomného počtu mikroorganismů, nastala inaktivace destruktivních enzymů a byly vypuzeny některé tkáňové plyny, způsobující nepříjemnou chuť a vůni (především košťálová zelenina) (Hrabě a kol., 2005). Cílem tohoto přehřívání je snaha zachovat co možná nejvíce typickou barvu, chuť a vůni pro danou surovinu a omezit ztráty termolabilních složek při dalším zpracování a následném skladování (Čepička, 1995).

Jsou možné dva způsoby provedení, lišící se použitým teplotním médiem. Pro krájenou a oloupanou zeleninu je vhodnější zvolit blanšírování sytou vodní párou, vzhledem k nižším ztrátám obsahových látek důsledkem vyloučení do páry. Nevýhodou páry je horší vedení tepla surovinou a tudíž nastává nerovnoměrné prohřátí všech částí, které mohou obsahovat živé mikroby a enzymy způsobující změny suroviny projevující se při následném skladování. Zařízení pro blanšírování horkou vodou se liší svým konstrukčním provedením, vhodné pro jednotlivé skupiny zpracovávaných surovin (Kadlec a kol., 2012). Blanšírování ve vodní lázni způsobuje větší ztráty výživových a sensorických látek než u ošetření nasycenou párou. Částečně lze negativní dopad omezit úpravou blanšírovací vody, přidávkou cukru, soli, nebo kyseliny citronové. Teplota a délka výdrže se liší podle dané suroviny a způsobu provedení. Blanšírovaná voda se ve většině případů zahřívá na teploty v rozmezí 90–95 °C v kombinaci se zkrácenou dobou působení této teploty, od 2 do 8 minut. Kvůli již zmíněným problémům se volí vyšší teploty s delší dobou výdrže u parního blanšírování (Hrubý, 1986). Tak jako u všech tepelných operací musí nastat jako poslední krok operace okamžité zchlazení, prováděné pomocí chlazeného vzduchu nebo chladné vody (Kadlec a kol., 2012).

Pokud dosáhneme ve výrobku inaktivace všech jedinců a všech forem, jedná se o výrobek absolutně sterilní (Kadlec a kol., 2012). Avšak z důvodů působení vysokých teplot a možného poškození výrobku se v praxi vystačí s tzv. praktickou sterilací. Jedná se o zákrok, který zapříčiní trvalou inaktivaci pouze těch mikrobiálních forem, které mohou způsobovat vážná onemocnění a znehodnocení potravin (Ingr, 2001).

Konzervuje se teplem, přiváděným ve formě teplotního média. Všechny zařízení a obaly, se sterilují pomocí UV záření, ionizujícího záření, chemickými prostředky nebo kombinací více zákroků (Čurda a kol., 1992). Termosterilace probíhá dvěma možnými způsoby. Prvním způsobem je tzv. apertace, nazvaná podle zakladatele konzervace

Nicolase Apperta. Ačkoliv modernější technologie umožnily tento zákrok zdokonalovat, princip zůstává pořád stejný. Potravina se nachází v hermeticky uzavřeném obalu, který je zahříván na požadovanou teplotu, potřebnou k inaktivaci. Dochází tedy k nepřímému ohřevu, jelikož médium je odděleno od suroviny teplosměnnou plochou. Zařízení pro popsany druh sterilace tvoří jednodušší konstrukce i nároky na médium nejsou tak vysoké, jak u dalšího způsobu (Čurda a kol., 1992). Druhým způsobem je konzervace suroviny mimo obal a jeho následné plnění do předem vysterilovaných obalů (Ingr, 2007). Nejdříve musí dojít k předehřátí na výměnících a poté se produkt provádí v tenké vrstvě parním prostředím. Po naplnění do obalu musí přijít na řadu zchlazení, které má být co možná nejrychlejší, aby se snížil dopad vysokých teplot způsobujících změny sterilované potraviny (Čurda a kol., 1992). Pro sterilaci tekutých potravin se často využívá výhod metody UHT (Ultra High Temperature), kdy je do potraviny vstříknuta horká pára, která způsobí bleskové ohřátí potraviny (Hrabě a kol., 2005). Doba výdrže se pohybuje v rozmezí několika sekund. Nejčastěji se tímto způsobem ošetřuje mléko (Čurda a kol., 1992).

Na určení potřebného množství přidaného tepla a jeho dobu působení má vliv tepelná vodivost daného prostředí, obalové materiály a také konzistence výrobku (Hostašová a kol., 1987). K úspěšně provedenému zákroku je nutné, aby byla prohřáta všechna místa produktu. Problém nastává v případě nestejnorodé hmoty, která se skládá např. z kusového ovoce a nálevu. U tekutin dochází k daleko rychlejšímu prohřátí než u kusového materiálu, který může mít jemnou konzistenci, která si vyžaduje pomalé vedení tepla, čímž se prodlužuje celková doba zákroku. Na základě konzistence výrobku se volí způsob ohřevu, jeden je založený na proudění (konvekci) tepla a druhý na vedení (kondukcii) tepla (Kyzlink, 1988). Konvektivního ohřevu se využívá u konzerv obsahující pouze kapalnou část. Teplo může v takovém prostředí dostatečně proudit a rovnoměrně ohřívát. Naproti tomu konduktivní ohřev probíhá u nehomogenních výrobků, které umožňují šíření tepla pouze vedením. Ohřev takových potravin je vzhledem k jejich fyzikálním vlastnostem daleko pomalejší (Kadlec a kol., 2012).

Sterilační teplota, doba jejího dosažení, výdrže a poklesu se označuje jako sterilační režim (Ingr, 2007). Pokud není dobře sestaven sterilační režim, mohou nastat u potravin obsahující termolabilní látky nežádoucí změny. Zvýšené riziko změny přirozené barvy, chuti, vůně nebo konzistence se vyskytuje u přírodních ovocných šťáv, které jsou díky

vysokému obsahu cukru náchylné k neoxidačnímu hnědnutí (Kyzlink, 1988). Parametry sterilačního režimu se odvíjí od letálních čar mikroorganismů, ty představují spojnicí množiny bodů, které udávají nutnou teplotu a dobu ošetření zaručující inaktivaci sporulujících jedinců (Votava a kol., 2010). Hodnoty jsou sestavovány podle nejodolnějších organismů, které by se mohly v surovině množit (Čurda a kol., 1992). Při vyhodnocení účinku sterilačního záhřevu se bere v potaz rod *Clostridium botulinum*, u pasterace jsou to pak rody *Salmonella* a *Listeria monocytogenes*. S rostoucí teplotou záhřevu se zkracuje doba likvidace kontaminujících mikrobů (Kadlec a kol., 2012). Doba potřebná k redukci aktivních mikroorganismů o jeden řád za konstantní teploty v konkrétní potravíně se nazývá Decimální smrtící doba, označovaná písmenem D (Votava a kol., 2010). Původní koncentrace mikroorganismů má vliv na hodnotu D, jelikož se snižujícím se počtem mikrobů, klesá rychlost jejich likvidace. Koncentrace se snižuje do té doby, dokud není dosaženo přibližně nuly, avšak absolutní nuly není nikdy dosaženo. Virulence je dostatečně oslabena a potravina se stává prakticky sterilní (Ingr, 2007).

Na úspěšné zakonzervování teplem má vliv hned několik faktorů, které rozhodují o výši, délce působící teploty a způsobu provedení zákroku. Například při hodnotě pH potraviny 2,6–4,0 umírají vegetativní formy mikroorganismů při teplotě 90 °C okamžitě nebo při vystavení 65 °C za 10 až 15 minut. U plísni dochází k inaktivaci při záhřevu 30 minut v prostředí o teplotě 75 °C a kvasinky po 5 minutách při teplotě 66 °C. Pokud však má potravina pH nad 4,0 je nutné potravinu vystavit teplotě vyšší než 115 °C (Beránek, 1977).

Zařízení, ve kterých probíhá tepelná konzervace, se od sebe liší konstrukčním řešením, které je přizpůsobeno kyselosti, hustotě, složení potraviny atd. (Hrabě a kol., 2005) Tepelné ošetření kyselých balených potravin probíhá v diskontinuálních sterilátorech, které mají rozličné způsoby provádění zákroků s různými teplonosnými médii (Ingr, 2007). Nejčastěji jsou využívány tzv. sterilační vany, otevřené autoklávy nebo skříňové a sprchové sterilátory. Do těchto zařízení musí být nejprve obaly dopraveny, až poté putují do vodní lázně, kde jsou zahřívány. Kontinuálně řešené sterilátory jsou oproti diskontinuálním vybaveny dopravníky, zabezpečující plynulý přísun výrobků (Kyzlink, 1988). Potraviny tekuté nebo kašovitě konzistence prochází průtokovými systémy a následně jsou asepticky plněny do tanků (Čepička a kol., 1995).

V průtokových sterilátorech dochází ke sterilaci mimo obal, takže je možno využívat výhod UHT (Ultra High Temperature) procesů s bleskovým záhřevem nad 132 °C a následného okamžitého zchlazení (Kadlec a kol., 2012). Autokláv je zařízení, které pracuje pod tlakem. Využívá závislosti teploty nasycené vodní páry na tlaku. Konstrukčně se dělí na jednoduché, rotační, kontinuální, šachtové, protitlakové ad. (Červenka, Samek, 2003). Novější modely se konstruují jako horizontální válcovité tlakové nádoby s víkem, kterým je dopravován materiál do vnitřku zařízení. Autokláv s již naplněným obsahem se napustí vodou (Kadlec a kol., 2012). Poté dojde k uzavření víka a přívodem páry se začne zvyšovat tlak a teplota v nádobě. Pokud je dosaženo potřebné teploty k inaktivaci nežádoucí mikroflóry, sníží se přetlak v autoklávu a opět se okamžitě začíná chladit. Delšími prodlevami by mohlo dojít k přílišnému převaření obsahu a změnám konzistence (Kyzlink, 1988). Je nutné dbát zvýšené pozornosti řízení tlaku při chlazení, aby vlivem vnitřního přetlaku nedošlo k deformacím konzerv (Čurda a kol., 1992). Sterilace ve stacionárním autoklávu je relativně pomalý způsob konzervace, tak konstruktéři přišli s možností kontinuálního přívodu konzerv. Hydrostatický kontinuální autokláv má kolem 10 metrů na výšku, skládá se z ramen, kterými prochází dopravník převádějící sterilovaný produkt. Každé rameno obsahuje jiné medium. Vnější jsou naplněna vodou a vnitřní obsahují páru. Nejdříve konzervy prochází steriláčním prostorem, kde jsou zahřívány topnou párou. Dále přechází do pravého ramene, které slouží k chlazení produktu zde obsaženou chladicí vodou (Kadlec a kol., 2012).

Na závěr lze konstatovat, že konzervace teplem je nejrozšířenější a nejvíce aplikovanou metodou, poskytující spolehlivé výrobky. Uplatnění nachází v tepelném ošetření různých druhů potravin a to v jednotlivých stádiích výroby, ať se jedná o původní surovinu, polotovary či hotový sterilovaný výrobek (Ingr, 2007). Výhodou této metody jsou nízké nároky na uchování takto zpracovaných potravin. Avšak za cenu ztráty některých termolabilních látek a snížení sensorické kvality v porovnání s čerstvými potravinami, které však lze vhodným výběrem steriláčního režimu omezit na přípustnou mez (Kadlec a kol., 2009).

3.6.2.2 Konzervace odporovým ohřevem

Tento způsob je založený na zahřátí potravin pomocí elektrického proudu, který prochází elektrodami nacházejícími se v prostředí potravin (Ingr, 2007). Metoda má podobný účinek jako tepelná sterilace, jelikož vlivem odporu potravin se elektrická

energie přemění na teplo (Kadlec a kol., 2012). Obvykle se tímto způsobem konzervují ovocné šťávy, které jsou uloženy v nevodivé nádobě, do které se ponoří zařízení tvořené dvěma elektrodami. Šťáva působící jako vodič se značným odporem se vlivem procházejícího proudu elektrodami zahřívá na teplotu 75 °C. Tato metoda má několik negativních stránek, které byly důvodem, proč se příliš neuchytila v praxi. Nevýhody jsou pomalé zahřívání, obtížná sterilace větších objemů, možný vznik nežádoucích změn neinaktivovanými enzymy. Naproti tomu, kontinuální provedení odporového ohřevu pracuje při atmosférickém tlaku s teplotami do 95 °C a za přetlaku až do 140 °C. Materiál protéká trubicí, která obsahuje elektrody, vytvářející napětí 3,3 kV a působící proud má frekvenci 50 Hz (Čepička a kol., 1995). Novější metody se zabývají sterilací potravin obsahující až 2,5 cm velké částice, které lze běžnými způsoby jen těžce konzervovat. Rychlost ohřevu potravin je závislá na jejím elektrickém odporu, z něhož vyplývá elektrická vodivost dané potravin. Produkt obsahující jak kapalnou, tak pevnou část, je nestejněmálně zahříván, a proto jsou zařízení konstruována tak, aby se kapalná část zvlášť zahřívala v trubkovém výměníku a ještě před opuštěním výdržníku byla opět připojena k proudu ohříváných částic produktu. Vše je automaticky řízeno a analyzováno, podle naměřených hodnot i samo regulováno (Kadlec a kol., 2012).

3.6.2.3 Konzervace vysokofrekvenčním ohřevem

Mikrovlnný ohřev

Patří mezi elektromagnetické energie, způsobující vibrace molekul v potravině (Kadlec a kol., 2012). Mikrovlnný ohřev našel své uplatnění v potravinářském způsobu zpracování, kde je potřeba ohřát zmrazené potraviny, předvářet, pasterovat balené potraviny, sušit atd. Poskytuje určité výhody před konvenčními způsoby provedení a to snížení potřebného času na samotný úkon, vysoká energetická účinnost, prostorové úspory a zlepšení kvality ošetřené potravin (Yang, Tang, 2002). Voda obsažená v potravině se skládá z negativně nabitých iontů kyslíku a pozitivně nabitých iontů vodíků. Jakmile dojde k působení elektromagnetického vlnění na potraviny obsahující převážně molekuly vody, způsobí rotaci dipolárních molekul v důsledku střídání polarity pole (Kadlec a kol., 2012). Výsledkem pohybujících se molekul je vzniklé teplo (Ozkoc a kol., 2014). Kvůli dipólu molekul vody mají vlhké potraviny lepší dielektrické vlastnosti. Ty se obecně velmi rychle snižují s úbytkem obsahu vody v potravině. Dielektrické vlastnosti potravin hrají důležitou roli při stanovení interakcí mezi potravinou a elektrickým polem. Mění se v závislosti na teplotě, frekvenci, poměru volné

vody k vázané, iontové vodivosti a složení dané potraviny (Yang, Tang, 2002). Rozdílné materiály a látková složení jinak reagují na působení mikrovln. Vodnaté materiály záření absorbují, kovy naopak odrazí a materiálem jako sklo, keramika, plast apod., jimi vlny prochází bez výrazných teplotních změn (Ingr, 2007). Mikrovlny pronikají do ohřivaného materiálu, hloubka průniku je závislá na frekvenci mikrovln, dielektrické konstantě a teplotě (Červenka, Samek, 2003). Nevýhoda spočívá v nestejném prohřátí všech míst, vlivem rozdílného obsahu vody, iontové síly, hustoty a měrného tepla daného místa v potravine. Nejednotnost nepříznivě ovlivňuje jak kvalitu, tak bezpečnost potravin (Ozkoc a kol., 2014).

Nejdůležitější součástí mikrovlnného zařízení je magnetron, který generuje mikrovlny a přivádí je vlnovodem do komory, kde jsou rovnoměrně rozptýleny (Ingr, 2007). Pro bezpečné užívání zařízení je nutný soulad výstupního výkonu s velikostí komory a množstvím přítomného materiálu, aby nedošlo k přehřátí nebo vzplanutí (Kadlec a kol., 2012). Mikrovlnný záhřev nemá přímý vliv na mikroorganismy, ten vzniká až působením tepla vyvolaného absorpcí energie vlnění potravinou (Kadlec a kol., 2012). Tímto způsobem ošetřená surovina neslouží k dlouhodobému skladování (Ingr, 2007).

Mikrovlny se mohou například využít k dosoušení potravin, ve kterém konvenční sušení zabírá hodně času a stává se tak méně efektivní. Mikrovlnný ohřev má pozitivní vliv na migraci vlhkosti z jádra potraviny směrem k povrchu. Tento proces spoří energii, zachovává barvu, texturu a má lepší výsledky úbytku mikroorganismů v konečném výrobku. Další oblastí využití je zpracovatelský proces zvaný tempering. Jedná se o způsob rozmrazování velkých bloků, do kterých jsou zamrazeny např. ryby, maso. Bloky je nutné rozmrazit a rozdělit na menší části, než budou putovat k dalšímu zpracování (vaření, sušení). V mnoha zpracovatelských podnicích se využívá horké vody nebo vzduchu, což může trvat až několik hodin. Mikrovlnné temperování se provádí v kontinuálních jednotkách a trvá kolem 5 minut (Yang, Tang, 2002). Bylo zjištěno, že mikrovlny jsou účinné v ničení mikroorganismů prostřednictvím tepelného účinku a jelikož plastové obalové materiály jsou netečné vůči mikrovlnám, tak může být tento ohřev použit při pasteraci v obalech. Výhodou je velmi rychlé zahřátí na požadovanou teplotu. Senzorické analýzy mléka ošetřeného UHT a mikrovlnami, prokázaly

jednoznačně výhody mikrovlnného zpracování oproti UHT metodě, po které mělo mléko tmavší barvu a trpčí chuť (Ozkoc a kol., 2014).

Do budoucna je aplikace této metody slibná, skýtá určité výhody, které by mohly být využity. Avšak uplatnění v potravinářském průmyslu ještě vyžaduje důkladné informování o interakcích mezi mikrovlnami a potravinami, schopnost předvídání, ověřování metody a přijatelné pořizovací ceny zařízení (Yang, Tang, 2002).

Dielektrický ohřev

Tato technologie vytváří tepelnou energii v produktu, důsledkem třecích interakcí polárních molekul, reagujících rotací na aplikovaný střídavý proud (Zhao a kol., 2000). Dielektrická energie má podobný účinek jako ta mikrovlnná, liší se však ve způsobu rozkmitání molekul a aplikací nižších frekvencí (Kadlec a kol., 2012).

Počátky využívání dielektrického ohřevu se datují do roku 1940. První pokusy se zaměřily na ohřev chleba, vaření masa, dehydrataci a blanšírování zeleniny. Avšak kvůli vysokým cenám radiové frekvence vyústily jen ve velmi malé komerční využití. Další pokusy proběhly koncem 80. let minulého století a zabývaly se sušením. Nicméně nedostatek znalostí dielektrických vlastností potravin přibrzdil rozvoj této metody (Zhao a kol., 2000).

Způsob aplikace metody probíhá následovně, materiál se uloží mezi elektrody, tak aby se jich nedotýkal. Následně je spuštěn proud do elektrod a vytvoří se střídavé elektrické pole, které způsobí polarizaci molekul. Rotační pohyb molekul způsobí rovnoměrné rozptýlení energie ve formě tepla uvnitř hmoty. Množství tepla vygenerovaného v produktu je závislé na použité frekvenci, napětí, rozměrech potravin a dielektrickém ztrátovém činiteli materiálu, který je v podstatě měřítkem, jak snadno může být materiál ohříván. Z tohoto důvodu je znalost dielektrických vlastností velmi důležitá při posuzování proveditelnosti ošetření na daném materiálu. (Orsat, Raghavan, 2014).

Voda je hlavním absorpčním elektromagnetických vln v potravinách, důsledkem toho potraviny s vyšším obsahem vlhkosti vedou teplo lépe. Dielektrické vlastnosti polotovarů jsou primárně určeny jejich chemickým složením z hlediska obsahu vlhkosti, solí, pevných částic a v mnohem menší míře jejich fyzikální strukturou. Potraviny, které

obsahují složky s diametrálně odlišnými dielektrickými vlastnosti, jsou nerovnoměrně zahřívány. (Orsat, Raghavan, 2014).

První pokusy o radiofrekvenční pasteraci šunky byly provedeny již v roce 1950. Následující desetiletí přicházely pokroky v technice, jako např. součástí zařízení se stal dopravník pro kontinuální přísun surovin mezi elektrody nebo novější modely generátorů. Výrobky ošetřené tímto způsobem měly dobrý vzhled, hladký povrch, nedocházelo k uvolňování tuků a doba potřebná k pasteraci byla snížena o třetinu (Zhao a kol., 2000).

Kromě pasterace je ohřev aplikován na rozmrazování vzorků surovin, jako jsou vejce, ovoce, zelenina a ryby. Doba zahřívání se pohybovala mezi 2–15 minutami, v závislosti na hmotnosti a typu suroviny. Výsledky ukázaly, že tímto způsobem rozmrazování se dá dobře vyhnout ztrátě barvy, chuti a vůně produktu (Zhao a kol., 2000).

V minulosti byl radiofrekvenční ohřev využit pro zlepšení klíčivosti semen, tzv. skarifikaci. Mnoho studií se také zabývalo regulací škůdců zemědělských produktů za použití různých frekvencí a teplot. Z výsledků bylo patrné, že vyšší aplikované frekvence (2450 MHz) a teploty (80 °C) měly za následek vyšší úmrtnost škůdců, ale ovlivňovaly organoleptické vlastnosti potravin. Mnoho dalších aplikací využívá vysokofrekvenční ohřev jako doplněk. Úspěch zaznamenala metoda v potravinářském průmyslu pro sušení těstovin a sušenek, při dosoušení nedochází k přílišné dehydrataci ani přehřátí povrchu produktu (Orsat, Raghavan, 2014).

Dielektrický ohřev se řadí mezi nadějně metody pro potravinářský průmysl, nicméně existuje řada potenciálních problémů, které brání tomu, aby byla aplikace úspěšná ve větším měřítku (Zhao a kol., 2000). Nevýhody spočívají ve vysokých kapitálových nákladech, kolísajících cenách energií, nutnosti kvalifikované pracovní síly a řádného seřízení všech součástí zařízení, aby splňovaly požadavky konkrétního produktu. Nicméně potenciál dielektrického zpracování je díky větší hloubce penetrace pro průmysl zajímavější než využití mikrovln. Tyto schopnosti jsou efektivně uplatněny v hybridních systémech ve spojení s konvenčními způsoby, přičemž se dosahuje vysoce kvalitních výsledků (Orsat, Raghavan, 2014).

3.6.2.4 Konzervace ultrazvukem

Představuje akustické vlny s frekvencí vyšší než je práh lidského sluchu (16 kHz). Pokud je potravina obsahující vodu vystavena ultrazvukovému vlnění dojde k interakci

vln, kapaliny a rozpuštěného plynu, která vede k jevu známému jako kavitace (Chandrapala a kol., 2012). Dochází k vysokým výkyvům tlaku. V bodě nízkého tlaku se vytvoří prostor, kam proniknou plyny vyskytující se v kapalině. Vlivem stlačení těchto kavitačních bublin, vznikne obrovský tlak, který naruší buněčnou membránu natolik, že buňka odumře (Šilhánková, 2008). Nízké frekvence ultrazvuku (výkon 16–100 kHz) generují velké kavitační bubliny, se zvyšující se frekvencí tato schopnost klesá, až nakonec v rozsahu MHz již není pozorovaná vůbec (Patis, Bates, 2008). Množství energie uvolněné kavitací závisí na kinetice růstu bublin a jejich rozpadu. Hydratované potraviny jsou velmi účinné prostředí pro kavitaci (Knorr a kol., 2004).

Při vhodně zvoleném kmitočtu a době ošetření má ultrazvuk destrukční účinky na mikroby, přerušuje jejich životní pochody a usmrtí je (Červenka, Samek, 2003). I přes zmíněné schopnosti ultrazvuku je pravděpodobné, že tento způsob nebude využíván jako samostatná konzervační metoda. Jelikož k dosažení bezpečného inaktivačního účinku by byly potřeba vyšší dávky frekvencí, které by však měly za následek nežádoucí změny potravin (Kadlec a kol., 2012).

Působení ultrazvuku se může úspěšně kombinovat s termosterilací. Kavitace výrazně zlepšuje přenos tepla a zároveň ultrazvukové vlny narušují buněčné membrány mikroorganismů, které jsou tím pádem náchylnější a dojde tak snadněji k jejich inaktivaci. Výhodou této spolupráce je významné snížení tepelného zatížení potravin a s tím spojené zachování nutričních a senzoryckých vlastností produktu (Kadlec a kol., 2012).

Široká škála ultrazvukových systémů a jejich vlastností nabízí pestrou nabídku možností uplatnění. Extrakce organických látek z rostlin nebo semen může být významně ovlivněna, pokud se použije ultrazvuk. Rozpad kavitačních bublin zapříčiňuje větší prostupnost rozpouštědla do buněčného materiálu a zlepšuje tak přenos látek. Hodnoty finálních výtěžků se touto aplikací výrazně zvýšily, oproti jiným způsobům (Patis, Bates, 2008).

Kromě již zmíněných způsobů využití je nutné zmínit ještě další, neméně důležité. Využití rozpadu kavitačních bublin pro homogenizaci dvou nemísitelných kapalin a tvorbě jemné a stabilní emulze. Urychlení fermentace za použití nízké intenzity ultrazvukových vln. Dále trvalá či dočasná změna viskozity kapalin, rozmrazování, sušení, filtrace, řízená krystalizace a další (Patis, Bates, 2008).

Zájem o vysoce výkonný ultrazvuk je způsoben jeho účinky při zpracování a uchování produktů. Jako pokročilá technologie nemusí sloužit pouze pro zlepšení kvality a bezpečnosti zpracovaných potravin, ale nabízí možnost vývoje nových výrobků s jedinečným využitím. Výhodou ultrazvukové technologie je absence pohyblivých částí, jediná součástka, která požaduje výměnu, je sonda, která přichází do kontaktu s potravinou. Což souvisí se snižováním nákladů na tuto technologii a dobré návratnosti investovaného kapitálu (Patis, Bates, 2008).

3.6.2.5 Konzervace vysokým tlakem

První experimenty byly prováděny již koncem 19. století na čerstvém mléce, které bylo ošetřeno 600 MPa po dobu 30 až 60 minut. Uchovatelnost se tím prodloužila o 4 dny (Deliza a kol., 2004). Experimenty pokračovaly během 20. století, ale až s rozvojem potřebných technických zařízení a materiálů se dočkala metoda začlenění do potravinářského průmyslu (Kadlec a kol., 2012). V období posledního dvacetiletí se vysokotlaká pasterace aplikuje na celou řadu potravinářských výrobků, ovocné šťávy, omáčky, mořské plody, džemy atd. (Matser a kol., 2003).

Základem účinku vysokého tlaku jsou dva hlavní principy. Le Chatelierův princip říká, že jakýkoliv jev (chemická reakce, přeměna molekul, fázový přechod) doprovázený změnou objemu, je ovlivněn tlakem. Působením zvyšujícího se tlaku dochází k zmenšování objemu. K tomu se zvyšuje rychlost reakce s rostoucí teplotou v souladu s Arrheinovým zákonem. A dochází k rovnoměrnému přenášení tlaku nezávisle na velikosti a tvaru potraviny. V tomto případě se jedná o izostatický tlak (Smelt, 1998).

Bylo zjištěno, že vysoký tlak negativně ovlivňuje syntézu buněčné stěny mikroorganismů, zastavuje replikaci DNA a prodlužuje lag fázi růstu (Šilhánková, 2008). Citlivost jednotlivých mikroorganismů je ovlivněna druhem mikroba, fází růstu, prostředím ve kterém se nachází aj. Obecně lze konstatovat, že vegetativní formy mikroorganismů ve fázi růstu lze inaktivovat tlaky 400–600 MPa. Plísně a kvasinky jsou obzvláště citlivé, tudíž jejich inaktivace začíná od 300 MPa působících několik minut. Bakteriální spory snesou velmi vysoké tlaky, vyšší než 1000 MPa, proto je nutná kombinace se záhřevem (Kadlec a kol., 2012).

Pro spotřebitele jsou důležitá následující kritéria - kvalita, chuť, textura, konzistence, barva a obsah živin. Nelze všeobecně konstatovat vliv tlaku na sensorické a nutriční hodnoty, jelikož se významně liší v závislosti na zvoleném produktu. Jak

aromatické složky, tak esenciální oleje obsažené v surovinách zůstaly po ošetření z větší části zachovány. Přírodní barviva (karotenoidy, chlorofyl, anthokyany a další) zůstala ve většině případu po ošetření nezměněna. Běžná termosterilace má za následek ztrátu termolabilních složek, jako je např. vitamin C. Výhodou sterilace vysokým tlakem je krátká doba ošetření za použití nižších teplot, což přispívá k retenci vitamínu (Matser a kol., 2003). Jedna studie zkoumala vliv tlaku na obsah sacharidů v džemech. Úroveň sacharózy klesla rychleji než u obvykle vařených džemů. Z těchto výsledků můžeme vyvodit, že produkty, které byly vystaveny vysokému tlaku (400–500 MPa po dobu 10–30 min.), vykazovaly často změny ovlivňující sacharidy. Nicméně se dá předpokládat, že tyto změny nebyly vyvolané primárně pouze tlakem, ale enzymatickou činností, která nebyla dostatečně inaktivována. Demonstruje to fakt, že ošetření vysokým hydrostatickým tlakem nezpůsobuje ztrátu důležitých výživových látek (Butz a kol., 2003). Nevýhodou použití zejména u ovoce a některé zeleniny stlačením pletiv, obsahujících plyny, dojde k nevratnému poškození struktury a úniku šťávy. Tento negativní dopad lze částečně redukovat rozkrájením plodu případně ošetřením ve vodném nálevu (Kadlec a kol., 2012).

Hydraulické lisy jsou zařízení, ve kterých probíhá vysokotlaké zpracování. Mohou pracovat vsádkově, nebo pokud se skládají z více tlakových komor, tak i polokontinuálně. Zařízení ještě musí obsahovat multiplikátor tlaku. Médium přenášející výkon je ve většině případů pitná voda. Novější a používanější zařízení v posledních letech se staly horizontální vsádkové lisy s dlouhou tlakovou komorou, ve které probíhá ošetření již zabalených potravin. Pokud se zařízení skládá ze dvou tlakových komor, které jsou napojené na 6–8 multiplikátorů, doba výdrže při pasteraci produktu se snižuje až na 3 minuty (Kadlec a kol., 2012).

Vysokotlaké ošetření patří k rozšiřujícím možnostem vyspělých konzervačních technologií, které mají za cíl dosažení zdravotně bezpečných výrobků, u nichž byly vhodně zachovány sensorické a nutriční vlastnosti (Matser a kol., 2003). I když se zatím nejedná o masivní použití, tak je tato metoda úspěšně aplikována pro pasteraci celé řady potravinářských výrobků. Další možnost uplatnění vysokého tlaku je k cílené úpravě konzistence v technologii masa, ryb, mléčných výrobků, ovlivnění obsahu hořkých a těkavých látek v příslušných ovocných a zeleninových produktech, dále změna

skupenství vody a řízená tvorba krystalů ledu při kombinaci vysokotlaké technologie s chlazením a zejména mrazením atd. (Kadlec a kol., 2012).

3.6.2.6 Konzervace zářením

Je fyzikální proces, který slouží k dekontaminace povrchu potravin, ošetření pitné vody, dezinfekci, inhibici mikroorganismů a prodloužení skladovatelnosti. Do skupiny elektromagnetických záření patří ultrafialové záření (UV), Rentgenovo záření, gama záření a infračervené záření. Beta záření se řadí mezi korpuskulární emise (Kadlec a kol., 2012).

Ultrafialové záření nemá ionizační schopnost, je málo pronikavé a slouží převážně k povrchovým dezinfekcím. Nejúčinněji působí v oblasti 254 nm (Lacroix, 2014). Další uplatnění nachází jako součást mikrobiálních filtrů, k dezinfekci vzduchu. Nicméně nejrozšířenější využití co do objemu zpracovaného materiálu je při ošetření pitné vody. Zdrojem záření jsou vakuové rtuťové výbojky (Kadlec a kol., 2012). Účinek je závislý na množství absorbovaného záření, které je úměrné síle zdroje, době působení a vzdálenosti od ozařovaného materiálu. Mechanismus inaktivace spočívá ve vytvoření kovalentní vazby mezi sousedními pyrimidiny nukleových kyselin (Šilhánková, 2008). Kvůli relativně nízké schopnosti inaktivace mikroorganismů a naopak iniciaci nežádoucích oxidačních procesů je ultrafialové záření nevhodné pro konzervaci potravin, spíše pouze k dezinfekcím a dekontaminacím povrchů (Ingr, 2007).

Rentgenovo a gama záření mají ionizující účinky a podstatně kratší vlnovou délku než UV záření (Lacroix, 2014). Energie ionizačního záření má schopnost odloučit elektron z elektronového obalu za vzniku iontu nebo volného radikálu, který naruší chemickou vazbu nukleových kyselin a způsobí smrt mikroba (Kvasničková, 2006). Gama záření vzniká rozpadem izotopů a dobře proniká do sterilovaných hmot, avšak poměrně špatně se absorbuje a část odchází do okolí (Čepička a kol., 1995). Z pohledu bezpečnosti je proto nutné zabránit možnému úniku neabsorbovaného podílu záření do okolí (Kadlec a kol., 2012). Výhodou gama záření je možné zpracování produktů v obalech, kterými záření proniká. Nevýhodou jsou však chemické změny, které vedou k sensorickému a nutričnímu znehodnocení (Šilhánková, 2008). Praktické využití v potravinářském průmyslu má gama záření v aplikaci tzv. radiopasterace, která využívá poměrně nízkých radiačních dávek k potlačení klíčení skladovaných plodin a prodloužení

skladovatelnosti u některých druhů ovoce, bez následků na vlastnosti potravin a zdravotního rizika pro konzumenta (Šilhánková, 2008). Beta záření se produkuje v urychlovači elektronů, který se skládá z katody (zdroj elektronů) a evakuované trubice, kde probíhá urychlování elektronů vysokým napětím (Kadlec a kol., 2012). Ozařovanému materiálu snadno předává energii, ale neproniká příliš hluboko, a proto je vhodné k ozařování potravin s nepříliš vysokými vrstvami (Kyzlink, 1988).

Infračervené záření patří mezi elektromagnetická záření, jeho vlnová délka je větší než vlnová délka viditelného světla. Mezinárodní komise pro osvětlování doporučila rozdělení infračerveného záření do tří oblastí: blízké infračerveného záření (NIR) s vlnovou délkou od 0,7 do 1,4 μm , střední infračervené záření (MIR) v rozmezí od 1,4 do 3 μm a vzdálené infračervené záření (FIR) v rozmezí od 3 do 1000 μm (Pan a kol., 2014). V ozářeném materiálu probíhá transformace elektromagnetického záření na teplo. Rychlost přenosu energie ze zářiče na přijímač souvisí s teplotou obou povrchů, povrchových vlastnostech materiálů a tvarech. Schopnost absorpce závisí na teplotě a vlnové délce vyzařovaného záření. Složení potravin do jisté míry ovlivňuje absorpci, jelikož jednotlivé složky pohlcují záření do různé hloubky při různých vlnových délkách. Záření se tak z části odrazí od potravin a z větší části absorbuje. Zařízení, která emitují záření, se označují jako zářiče. Mohou mít tvar plochý nebo tubulární (Kadlec a kol., 2012). V průmyslu se používají dva typy zářičů, které se rozlišují podle zdroje energie na elektrické a plynové. Zářivá energie v elektrických zářičích je generována průchodem elektrického proudu přes vysoce odporové kovové vlákno. Pro plynové zářiče se využívá zemní plyn nebo propan k vytápění kovových nebo keramických topných těles, které emitují záření. Výhodou plynových zářičů je, že jsou nezávislé na elektrické energii, jsou levnější z hlediska provozních nákladů, což umožní úsporu energie a jsou také spolehlivější a trvanlivější (Pan a kol., 2014). Hlavní uplatnění nachází infračervené záření při blanšírování, sušení, pečení, restování (Kadlec a kol., 2012). Výhodou infračerveného sušení je, že nevyžaduje žádné topné médium pro přenos tepelné energie ze zdroje k potravina. Nejlepších výsledků je dosahováno v případě tenkých plochých materiálů, což však může znamenat pro potravinářské materiály problém. K překonání těchto omezení, se kombinuje infračervený ohřev s jinými metodami sušení. Například kombinací infračerveného ohřevu se sušením horkým vzduchem, lyofilizačním sušením a vakuovým sušením, což představuje typické aplikace infračerveného záření (Pan a kol., 2014).

Citlivost mikroorganismů k záření je rozdílná, záleží na dávce, kterou potravina absorbuje. Množství ionizující energie pohlcené jednotkou hmotnosti ozářeného materiálu se označuje jako absorbovaná dávka ionizujícího záření a jednotkou je 1 gray (Gy) Množství absorbovaného záření je závislé na schopnosti jednotlivých druhů záření pronikat materiálem (Kvasničková, 2006). Kvasinky jsou ze všech druhů nejcitlivější a k jejich potlačení stačí dávka v oblasti 0,3–2 kGy. O něco méně citlivé jsou plísně a k jejich usmrcení je potřeba dávky 2–5 kGy záření. Nejcitlivější z bakterií jsou gramnegativní enterobakterie rodu *Escherichia*, *Enterobacter* a *Salmonella*, u nich postačí dávka záření < 5 kGy. Sporující bakterie jsou na tom s odolností lépe a v závislosti na hodnotách pH prostředí se dávky pohybují mezi 25–50 kGy. Avšak patogenní viry se nepodařilo zatím úspěšně inaktivovat ani dávkou 66 kGy Rentgenova záření (Ingr, 2007).

Ozařování potravin potřebnými dávkami pro zlepšení trvanlivosti a zajištění bezpečnosti by však mohly mít vliv na senzorycké vlastnosti, v závislosti na ošetřované potravine. Využitím kombinovaného ošetření se mohou nezbytné dávky záření pro eliminaci patogenů snížit (Lacroix, 2014). Ozařování se kombinuje převážně s uložením v chladu, antioxidačním ošetřením, přidavkem antibiotik nebo s mírným tepelným zpracováním (Kvasničková, 2006).

Konzervace zářením je bezpečná a účinná technologie, která může zlepšit trvanlivost potravin, inhibovat klíčení, zpomalit dozrávání plodů, ničit parazity a také může být použita jako dezinfekční metoda. Nicméně výzkumné práce zabývající se mechanismy inhibice hlavních nežádoucích mikroorganismů a potenciálními účinky záření a jeho dopad na složky potravin stále probíhají (Lacroix, 2014).

3.6.3 Chemosterilace

Za chemosterilaci se označuje proces inaktivace mikroorganismů pomocí chemických látek, jejichž mikrobicidní účinek následuje bezprostředně po aplikaci (Ingr, 2007). Nejběžněji používanými jsou kyslík, peroxid vodíku, ionizované stříbro, diethylester a dimethylester kyseliny diuhličité, fumiganty (Hrabě a kol., 2005).

Atomární kyslík se uvolňuje z ozonu nebo peroxidu vodíku. Působí silně oxidačně na aerobní i anaerobní mikroorganismy, avšak nemůže být použit ke konzervaci, protože by měl za následek poškození oxilabilních látek (Ingr, 2007). Ozon působí protimikrobně pouze povrchově, čehož se využívá při povrchové dekontaminaci a dezodoraci ovoce

během skladování. Skladované ovoce se ošetřuje množstvím 2–3 mg ozonu na 1 kg vzduchu, při relativní vlhkosti 90–95 %. Jablka jsou citlivá a vyžadují koncentraci nižší než 2 mg.kg⁻¹ vzduchu, vyšší koncentrace by mohly mít dopad na kvalitu plodu (Bulková, 2011). Peroxid vodíku má vysoký biocidní účinek, který spočívá v tvorbě volných hydroxylových radikálů, které mohou narušit lipidovou část buněčné membrány, DNA nebo jiné buněčné složky. Zvýšeného účinku peroxidu vodíku je dosaženo jeho kombinací s ultrafialovým zářením nebo ozonem. Uplatnění nachází při dezinfekci obalů potravin (Švrček a kol., 2010).

Konzervace ionizovaným stříbrem neprobíhá přímým stykem s konzervovanou potravinou. Tento způsob využívá oligodynamických vlastností některých kovů, v tomto případě stříbra, které mají smrtící vliv na mikroorganismy. Způsob provedení sterilace spočívá v nanesení elementárního stříbra na vrstvu hmoty, kterou protéká daná kapalina nebo uvolňováním stříbra do kapaliny z elektrod za pomoci elektrického proudu (Kyzlink, 1988).

Diethylester kyseliny diuhličité je čirá, těkavá kapalina, která se ve vodném prostředí rozkládá na etanol a oxid uhličitý (Kyzlink, 1988). Původně byl navržený k ošetření ovocných šťáv, ale jelikož v prostředí s bílkovinnými složkami se jeho účinnost zmenšuje a při reakci s aminokyselinami tvoří karcinogenní látky, tak se v praxi tato metoda ošetření příliš neuplatňuje (Čepička a kol., 1995).

Mezi fumiganty patří etylenoxid a propylenoxid, což jsou plynná činidla využívající se k dekontaminaci suchým materiálům jako např. ovoce, koření. Princip účinku spočívá v nahrazení odštěpeného vodíku z klíčových sloučenin mikrobiálních těl elektronem, načež následuje usmrcení (Kyzlink, 1988).

3.6.4 Nepřímá inaktivace mikroorganismů

Je založena na metodách, které upravují prostředí potravin natolik, že v něm nemohou mikroorganismy vegetovat. Buď se jedná o úpravu fyzikálními zákroky (snížení obsahu vody, vlhkosti, nízké teploty, přídavek osmoticky aktivních látek) nebo se aplikuje chemická látka a poslední možností jsou biologické procesy (kvašení) (Hrabě a kol., 2005).

Všechny živé organismy jsou závislé na vodě, výjimkou nejsou ani mikroorganismy, které se přestanou množit a prosperovat, pokud se jim zhorší podmínky

životního prostředí. To je hlavní podstatou osmoanabiózy, která odnímáním vody, zvyšováním osmotického tlaku v potravině nebo chemickou úpravou prostředí nepřímo inaktivuje vyskytující se mikroflóru (Kyzlink, 1988).

Konzervářské suroviny jako ovoce a zelenina ve svém původním stavu obsahují 75–95 % vody, což je ideální prostředí pro vegetaci škodlivých mikrobů (Jílek, 2001). Principem osmoanabiózy je odnímání vody z potraviny, to může probíhat přímo pomocí sušení, odpařování, vymrazování nebo nepřímo přidáním osmoticky vysoce aktivních látek (Červenka, Samek, 2003). Rozličné druhy mikroorganismů různě reagují na množství odstraněné vody, její dostupnost vyjadřuje míra mobility vody tzv. aktivita vody (a_w). Běžné bakterie jsou inhibovány při vodní aktivitě $< 0,91–0,95$. Kvasinky jsou o něco odolnější a vyžadují snížení mobility vody až na hodnoty $< 0,88$. Plísně jsou ze jmenovaných nejméně citlivé, a proto musí klesnout aktivita vody pod $0,72–0,80$. Velmi důležité je balení a skladování takto konzervovaných potravin, aby nedocházelo k dalšímu vysoušení popřípadě navlhnutí již vysušené potraviny (Ingr, 2007).

3.6.4.1 Konzervace sušením

Sušení patří k těm jednodušším a nejstarším metodám konzervace využívané již po tisíciletí (Lehari, 2011). Sušení je založeno na odnímání vody z materiálu přívodem tepla, které odvádí vlhkost (Burešová, Lorencová, 2013). Potravina nesmí být vysušena příliš, musí si zachovat schopnost příjmu vody (Hrabě a kol., 2005). Aby nedocházelo k enzymatickým změnám v průběhu zpracování, nebo během skladování, musí být enzymy předem inaktivovány blanšírováním (Ingr, 2007). Pro sušení je vhodná převážná většina ovoce, zelenina, šťávy a protlaky z nich, bylinky, houby, ale také mléko, maso a ryby (Lehari, 2011).

Odstranění vody probíhá v různých typech sušáren, nejefektivněji sušení probíhá krátce při vyšších teplotách, které ale nesmí poškodit senzory a nutriční jakost produktu (Červenka, Samek, 2003). Hlavní typy nejpoužívanějších sušářských zařízení jsou komorové, pásové, bubnové a tunelové sušárny. Liší se způsobem přivádění suroviny do sušicího prostoru, kde je vhnán ohřátý vzduch (Kyzlink, 1988). Kontinuální sušárny pásové a tunelové zpracují největší podíl z potravinářské produkce (Kadlec a kol., 2012). Potraviny tekuté a polotekuté konzistence jsou sušeny v bubnových sušárnách. Materiál je nanášen na vnitřní stranu otáčejícího se válce, který je vyhříván (Burešová, Lorencová, 2013). Fluidní sušárny vynikají velkou intenzitou prostupu tepla do sušeného materiálu,

který je proudem vzduchu udržován ve vznosu. Výhoda fluidního sušení spočívá v dokonalém styku sušícího vzduchu s celým povrchem ohřívaného materiálu. Nevýhodou principu však je, že je vhodný pouze na zrnité materiály. Sublimační sušení představuje nejšetrnější způsob konzervace. Potravině zůstane zachována její typická barva, vůně, chuť a také textura (Vitázek, 2000). Surovina je nakrájena na menší kousky, které jsou rychle zmrazeny a vloženy do sušárny, kde je tlak 610,5 Pa. Poté je přiváděno teplo, které způsobí vypaření vody přímo z pevné fáze (ledu) do plynné, která zkondenzuje na výparníku. Konečný obsah vlhkosti sublimačně sušené potraviny činí 2 %, tato hodnota se nesmí překročit (Burešová, Lorencová, 2013). Potravina pro expanzní sušení se nejprve přehřeje na 50–60 °C, následně se uzavře do rotačního autoklávu, kde je vytvořen přetlak 0,17 MPa a působí teplota kolem 130 °C. Poté se autokláv otevře a přetlakem uvolněná voda expanduje ve formě páry do prostředí. Takto ošetřené potraviny mohou být ještě dosušeny běžným způsobem a díky působení vysokých teplot jsou mikrobiálně stabilní (Bulková, 2011). Poslední zmíněnou metodou bude rozprašovací sušení. Princip spočívá v rozprášení tekutého produktu do sušícího prostoru, kterým proudí teplý vzduch. Vzduch, který přišel do styku s tekutinou, se stává nasyceným a je odváděn pryč ze zařízení. Z rozprášených kapek se po odejmutí vody stává suchý prášek, který putuje trychtýřovitou nádobou k dalšímu zpracování (Vitázek, 2000). Využití nachází tato sušící metoda např. u mléka, ovocných a zeleninových šťáv (Kyzlink, 1988).

O sušení je možné říci, že se jedná o šetrnou metodu prodloužení trvanlivosti téměř všech druhů ovoce a zeleniny a také některých produktů živočišné výroby (Samwald, 2008). Produkty se stávají nejen trvanlivější, ale snižuje se jejich objem, aniž by došlo ke ztrátám významných nutričních látek (výjimkou je vitamin C). (Lehari 2011). Jistou nevýhodou může být změna textury, avšak pokud jsou dodrženy správné postupy sušení, potravina se po opětovném přísunu dostatečného množství vody může opět přiblížit svému původnímu vzhledu (Kyzlink, 1988).

3.6.4.2 Konzervace zahušťováním

Uplatňuje se u tekutých a kašovitých potravin, které se koncentrují do polotekuté a rosolovité konzistence. Obsahuje-li takto konzervovaný výrobek dostatečné množství cukru a ovocných kyselin, je určitou mírou chráněn před enzymatickými změnami a oxidací (Ingr, 2007). Konzervace zahušťováním má podobné zásady jako sušení, snížit obsah vlhkosti a zvýšit osmotický tlak (Hrabě a kol., 2005). Zahušťování může probíhat

dvěma způsoby, za atmosférického tlaku v otevřených kotlích, kdy dosahovaná teplota přesahuje 100 °C nebo ve vakuových odparkách za sníženého tlaku a teplotou mezi 40–70 °C. Metoda se uplatňuje v praxi při výrobě ovocných povidel, ovocných koncentrátů a zeleninových protlaků. (Čepička a kol., 1995). Aby bylo dosaženo požadovaného účinku, musí být výrobky zahuštěny na požadovaný obsah sušiny. U povidel to činí 55–60 %, ovocné koncentráty jsou zahuštěny na 60 % a kyselé citrusové koncentráty díky vyššímu obsahu ovocných kyselin na 50 % sušiny (Ingr, 2007). Správně zpracované výrobky, které jsou uchovávány v odpovídajících skladovacích podmínkách, vykazují stabilitu a jsou dobře údržné (Kyzlink, 1988).

3.6.4.3 Konzervace přidavkem osmoticky aktivních látek

Je založená na úpravě konzervované potraviny přidavkem cukru nebo soli a vytvoření nepříznivého prostředí s vysokým osmotickým tlakem pro množení mikroorganismů. Cukrem se konzervují kvůli přílišné sladké chuti pouze výrobky z ovoce, jedná se o marmelády, džemy, ovocné sirupy a tzv. kandované ovoce (Jílek, 2001). Jako konzervační činidlo se ve většině případů používá sacharóza. Konzervační postup u marmelád a džemů je podobný. Ovoce s podílem přidaného cukru se vaří v kotlích, kde dojde k zahuštění díky odparu vody. Povoleno je přidání pektinu, organických kyselin a barviv v dávkách povolených předpisy (Bulková, 2011). V případě výroby marmelád a džemů se tedy kombinuje proslazování s termosterilací (Ingr, 2007). Ovocné sirupy se vyrábí ze surových ovocných šťáv, do kterých je přidán cukr. Proslazování může probíhat za horka nebo za studena. Konečný výrobek má odpovídat barvou, chutí a vůní uvedenému ovoci. Kandované ovoce se proslazuje cukernými roztoky do nejméně 70 % cukerné sušiny (Bulková, 2011).

Konzervace solí využívá protimikrobiálního účinku chloridu sodného na mikroorganismy (Červenka, Samek, 2003). Zástupci rodu *Escherichia* mají problém se reprodukovat při obsahu 8–9 % chloridu sodného v prostředí. *Clostridium botulinu* neprospívá prostředí s 5–10 % NaCl. U běžných bakterií a kvasinek většinou stačí koncentrace zhruba 20 %. Výjimku tvoří skupina halofilních mikroorganismů, které jsou tolerantní na chloridy nebo je dokonce vyžadují. Takové organismy se množí i při obsahu 25 % chloridu sodného v potravine (Bulková, 2011).

Protože konzervační účinek soli nastává až při koncentraci 20–30 %, což je z chuťového a nutričního hlediska nepřijatelné, mohou se tímto způsobem vyrábět pouze

polotovary (Čepička a kol., 1995). Solnými roztoky se dá konzervovat skoro veškerá zelenina, roztoky způsobí uvnitř produktu vysoký osmotický tlak, který zabraňuje reprodukci mikroorganismů (Jílek, 2001). Značné využití nachází zasolování v technologii masa a ryb. Důvodů je hned několik, zlepšuje se vaznost masa, stabilizuje se barva a zvyšuje se údržnost (Ingr, 2007). Sůl je vhodným konzervantem pro mnoho potravin, avšak ve většině případů se používá jen jako spolukonzervující činitel, jelikož pro úplnou konzervaci by muselo být použito příliš vysoké koncentrace (Červenka, Samek, 2003).

3.6.4.4 Konzervace nízkými teplotami

Konzervace sníženou teplotou se řadí mezi nejstarší metody úchovy potravin. A přesto se jí daří do určité míry nahrazovat jiné klasické metody, zejména termosterilizaci. Na trhu se zvyšuje objem pasterovaných výrobků, které musí být uchovávány za chladírenských podmínek (Kadlec a kol., 2012).

U nás se začaly zmrazovat potraviny až v roce 1940. Požadavkem konzervace sníženou teplotou je úchova nejvyšší jakosti potraviny po účelově nejdelší dobu. K dosažení cíle se využívá dvou technologií, chladiřenství a mraziřenství. Chladiřenství využívá teplot v rozmezí 0–5 °C, kdy potraviny ještě nemrzou. Mraziřenství pracuje s teplotami od bodu mrazu po teplotu -33 °C. Většina buněčné tekutiny je v těchto hodnotách již zmrzlá, činnost mikroorganismů zastavena a enzymatická činnost snížena na minimum (Beránek a kol., 1977). Životní projevy mikroorganismů jsou při optimální teplotě maximální, pokud dojde ke snížení teploty z optima, rychlost biochemických procesů se začne zpomalovat, voda mění skupenství a stává se tak pro mikroorganismy bezcennou (Červenka, Samek, 2003). Při teplotě nad bodem mrazu se nemnoží pouze termofilní druhy s optimem nad 37 °C. Mezofilní druhy, do kterých se řadí např. *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* neprosperují již při teplotě 2°C. Psychofilní mikroorganismy jako jsou bakterie rodu *Pseudomonas*, *Micrococcus* a některé rody plísní a kvasinek jsou schopné vegetovat i při 0 °C (Kyzlink, 1988). Zastavení množení a životních projevů většiny mikroorganismů se dá docílit zmrazením potraviny na -5 až -10 °C (u plísní až -12 °C). Enzymy jsou odolnější a vydrží teploty až do -30 °C (Ingr, 2007).

Chlazení a mrazení jsou anabiotické metody, které nezpůsobují přímou inaktivaci mikroorganismů, ale významně jim zhoršují podmínky pro jejich existenci, avšak konzervační účinek trvá pouze po dobu trvání nízkých teplot (Kadlec a kol., 2012).

Chladírenství

Proces chlazení zahrnuje dvě etapy zpracování potravin. Nejprve dochází k rychlému zchlazení potravin, poté následuje pozvolnější dochlazení a chladírenské uskladnění (Kadlec a kol., 2012). Chladírenství pracuje s teplotami nad bodem mrazu, tudíž prodloužení trvanlivosti produktu je pouze na krátkou dobu, v délce několika dnů až týdnů (Červenka, Samek, 2003). V potravinářském průmyslu se chlazení využívá především pro udržení kvality původního stavu suroviny před jejím zpracováním nebo úchova konečných produktů před jejich expedicí. Chladírenské sklady jsou povětšinou temné bezokenní místnosti, dobře izolované a větratelné (Ingr, 2007). Provedení chladírenských zařízení se liší podle způsobu odebírání tepla, na mechanická a kryogenní. Mechanická zařízení se skládají z kompresoru, kondenzátoru, expanzního ventilu a výparníku. Chladivo se na výparníku za sníženého tlaku odpaří, páry jsou nasávány kompresorem do kondenzátoru, kde jsou ochlazeny a změny skupenství na kapalné (Burešová, Lorencová, 2013). Využívanými chladivy jsou nejčastěji amoniak a oxid uhličitý (Kadlec a kol., 2012). Druhotným chladivem je v chladírenské komoře vzduch, který přenáší teplo z plodin do výparníku a po ochlazení na kondenzátoru se vrací zpět. Na rychlosti proudícího vzduchu závisí doba snižování teploty plodiny (Goliáš, 2014). Kryogenní chlazení využívá vlastností tuhého oxidu uhličitého tzv. suchého ledu a kapalného dusíku odebírat výparné teplo (Burešová, Lorencová, 2013). Tyto chladiva se využívají pro přímé chlazení potravin nebo pro udržení chladírenských teplot např. během přepravy (Kadlec a kol., 2012).

Chladírenské teploty pouze prodlužují dobu skladovatelnosti, zpomalí dýchání plodů a rozkladné procesy mikroorganismů (Jílek, 2001). Avšak druhy citlivé k nižším teplotám skladování mohou být při překročení tzv. kritické teploty nevratně poškozeny. Přílišný chlad naruší rovnováhu mezi procesy, které probíhají v rostlinném pletivu. Projevy poškození chladem jsou hnědé skvrny na povrchu plodu, barevné změny dužniny, prohlubně na povrchu, měknutí, vodnatění, hniloba atd. Svou roli hraje zchlazování i v živočišné výrobě, kdy je nezbytně nutné vychladit maso po porážce na teplotu pod 10 °C, aby se dosáhlo očekávaných vlastností masa (Kadlec a kol., 2012).

Výhodou chladírenských teplot je, že nezpůsobují zřetelné fyzikální ani chemické změny a po ukončení chladírenského skladování nepodléhají potraviny zkáze tak rychle, jako při zmrazování (Kyzlink, 1988). Nutriční složky také nejsou výrazným způsobem ovlivněny (Kadlec a kol., 2012). Kombinací chladírenství s dalšími konzervačními metodami (pasterace) nebo podpůrnými opatřeními jako je vakuové balení, okyselování potravin, balení v ochranné atmosféře vhodně prodlužují uchovatelnost daných potravin (Ingr, 2007).

Mrazírenství

V mrazírenství se pracuje s teplotami pod optimum růstu mikroorganismů. Neusmrcené organismy však zůstávají v potravině v latentním stavu a po rozmrazení, mohou zapříčinit kažení potraviny (Lifková, 1990). Enzymatická činnost není používanými teplotami zastavena, avšak je zpomalen její nežádoucí účinek. Proto se většina ovoce a zeleniny před vlastním zmrazením tepelně ošetřuje, což inaktivuje enzymy a určitou část kontaminující mikroflóry (Kadlec a kol., 2012).

Buňky, z kterých jsou složeny, jak rostlinné tak živočišné tkáně obsahují organické a anorganické látky, které zapříčiňují tvorbu krystalů ledu až při $-0,5$ až $-2,5$ °C (Lifková, 1990). Rychlost zmrazování je hlavním činitelem tvorby krystalů. Čím je rychlost vyšší, tím vznikají menší krystaly a tím méně je narušena tkáň oproti původnímu stavu (Burešová, Lorencová, 2013). Oblast maximální tvorby krystalů je od bodu mrznutí po -6 až -8 °C, další tvorba ledu je pozvolná a zastavuje se v pásmu -25 až -35 °C (Ingr, 2007). Zařízení sloužící ke zmrazování pracují na stejném principu jako chladicí, avšak jsou výkonnější, aby bylo dosaženo požadovaných teplot. Existuje několik technik zmrazování. Tou nejstarší je zmrazování chlazeným vzduchem, které lze aplikovat v komorových, tunelových, pásových, spirálových a fluidních zařízeních (Kadlec a kol., 2012). Vzduch vychlazený na -30 až -40 °C samovolně nebo nuceně cirkuluje mezi produktem a výparníkem (Kyzlink, 1988). Dalším způsobem je zmrazování v deskových zmrazovačích, kdy je potravina stlačena mezi deskami, kterými prochází chladivo. Nevýhodou této metody je, že se dá aplikovat pouze na určitou skupinu zboží, zcela nevhodná je pro sypké materiály (Červenka, Samek, 2003). Imerzní zmrazování využívá jako chladicí médium kapalinu, ve které se pohybuje zabalená potravina. V tomto případě se používají jako médium chlazené solné roztoky, glycerol nebo roztok chloridu vápenatého, u nichž nedochází ke změně skupenství (Burešová, Lorencová, 2013).

Nejúčinnější ale zároveň nejdražší je kryogenní zmrazování přímým stykem potravin s médiem, kterými jsou tekutý dusík a pevný oxid uhličitý (Ingr, 2007).

Skladování zmrazených potravin je další krokem ve výrobním procesu. V mrazárně by měly panovat stejné teplotní podmínky, jako při zmrazování potravin (Ingr, 2007). Jak bylo zmíněno, nízkými teplotami se nežádoucí změny nezastavují, nýbrž jen zpomalují a to jen pokud je zajištěno konstantní požadované teploty bez teplotních výkyvu, které by vedly ke znehodnocení. Tyto teploty musí být dodrženy po celou dobu řetězce od transportu, distribuce až ke konečnému spotřebiteli. Pro každý druh potravin byly stanoveny podmínky skladování a možná doba úchovy, než se začnou projevovat enzymové a jiné nežádoucí změny (Kyzlink, 1988). Nedílnou součástí technologie zmrazování je proces rozmrazování, který hraje také důležitou roli při konečné kvalitě ošetřené potravin. Obecně by mělo probíhat co nejpomaleji, aby nedošlo k velkým ztrátám tekutin a voda se mohla úspěšně vrátit na své původní místo (Kadlec a kol., 2012). Rozmrazování může probíhat za pomoci vzduchu, což je nejpomalejší nebo ve vodě, jejíž teplota by neměla přesáhnout 18 °C. Další metody už jsou složitější a rozmrazování je prováděno odporovým, dielektrickým nebo mikrovlnným ohřevem (Hrubý, 1986). Volba způsobu rozmrazování záleží na druhu potravin a účelu využití (Ingr, 2007).

Zmrazování může mít na ošetřené potravin vliv trojího charakteru, mechanické, koloidně chemické a biochemické poškození. Mechanické změny nastávají při pomalém zmrazování, které vytváří příliš velké krystaly ledu, které poškozují buněčné tkáně. Následkem po rozmrazení z potravin vytéká šťáva, ztrácí svůj původní vzhled a má měkkou konzistenci (Kyzlink, 1988). Koloidně chemické změny se objevují u potravin s vyšším obsahem bílkovin, což představují ve většině případů živočišné produkty. Koagulací až denaturací tkáňových koloidů ztrácí micely schopnost vázat vodu a projevuje se to špatnou vařivostí masa. Biochemické změny jsou aktivovány mechanickým porušením vnitrobuněčných struktur a uvolněním tkáňových enzymů (Ingr, 2007). Následky těchto změn jsou degradace barviv, oxidace tuků, enzymové hnědnutí, ztráta vitamínů a vznik nežádoucího zápachu (Kadlec a kol., 2012). Potravin s vyšším obsahem tuků, které jsou skladované delší dobu při vyšších teplotách, vlivem kyslíku a působení enzymů postupně žluknou. Ke ztrátám vitamínů dochází v průběhu skladování a hlavně při nešetrném rozmrazování. Pokles vitamínů značně kolísá mezi

jednotlivými druhy potravin, avšak ztráty jsou v porovnání s termosterilací až dvakrát menší (Hrubý, 1986).

Konzervace a uchovávání potravin při nízkých teplotách představuje důležitou část potravinářského průmyslu. Zmrazené produkty nevyžadují umělé dobarvování, chemické konzervování ani přídavek jiných látek (Kyzlink, 1988). Stále patří k moderním konzervačním technologiím, a pokud jsou dodrženy výrobní postupy a skladovací podmínky, tak potraviny podléhají nejmenším změnám jakosti (Jílek, 2001).

3.6.5 Konzervace chemickou úpravou potravin

Chemická úprava potravin spočívá v přidavku chemicky působícího činidla do potraviny, čímž se potravina jako životní prostředí pro mikroorganismy stane nehostinná (Červenka, Samek, 2003). Mikroorganismy se nemohou v takovém prostředí množit, avšak nejsou usmrceny, proto nachází chemoanabioza uplatnění většinou v kombinaci s dalšími anabiotickými i abiotickými metodami (Ingr, 2007). Účinnost látky závisí na citlivosti přítomné mikroflóry, podmínkách působení, prostředí a použité koncentraci (Hostašová a kol., 1987). Způsob inhibice mikrobů spočívá v navázání chemického konzervovadla na buněčnou stěnu mikroorganismu a proniknutí dovnitř buňky (Červenka, Samek, 2003). Další skupina chemických látek působí destruktivně na mikrobiální endospory a poslední skupina má nepřímý vliv na mikroorganismy, zhoršují jim životní podmínky (Kyzlink, 1988). Používané inhibiční látky se dělí do tří skupin podle původu vzniku. První jsou uměle vyrobené chemické látky, které se přirozeně v potravinách nevyskytují. Dalšími činidly jsou přirozené složky potravin a třetí jsou produkty kvašení (Ingr, 2007).

Konzervace chemickými látkami

Podmínky pro použití chemických konzervovadel jsou zdravotní nezávadnost, účinnost již při malých dávkách a nesmí způsobovat výrazné sensorické změny potravin (Hrabě a kol., 2005). Přídavné látky tzv. konzervanty prodlužují uchovatelnost potravin a chrání je před činností mikroorganismů. Existuje mnoho přírodních složek, které mají antimikrobiální vlastnosti, avšak řada látek je uměle vyráběna a záměrně přidávána do výrobků. Oxid siřičitý je významným konzervantem, který má jak konzervační tak antioxidační účinek. Způsobuje inhibici enzymového i neenzymového hnědnutí a neúčinněji působí v kyselém prostředí (Babička, 2012). Kyselina mravenčí je silná organická kyselina, která se používá pro kyselá prostředí. Někdy se kombinuje s oxidem

siřičitým nebo benzoanem sodným a působí inhibičně na endoenzymy. Benzoan sodný v kyselém prostředí uvolňuje kyselinu benzoovou, která narušuje látkovou přeměnu mikroorganismů a funkci cytoplazmatické membrány (Ingr, 2007). Má poměrně slabý konzervační účinek, a proto se někdy aplikuje společně s jinými činidly (Hostašová a kol., 1987). Kyselina sorbová je zdravotně nezávadná, nepůsobí na organoleptické vlastnosti potravin a má dobrý antibakteriální účinek. Přídavkem soli nebo cukru se její účinnost zvyšuje (Červenka, Samek, 2003).

Nevýhoda aplikace čistých chemických látek plyne z nedostatečného účinku činidel v málo kyselých potravinách, kvůli vysoké míře disociace (Čepička a kol., 1995). Nejčastěji se přídavkem chemických činidel konzervují ovocné polotovary (Hrabě a kol., 2005).

Konzervace umělou alkoholizací a okyselením

Naložením ovoce do alkoholu se dá zamezit jeho kažení. Nakládat se mohou všechny druhy ovoce, avšak plod nesmí být přezrálý ani poškozený (Lehari, 2011). Etanol působí toxicky na mikroorganismy, neúčinnější je koncentrace 76 % obj., silnější koncentrace by mikroorganismy vysušovala a staly by se méně citlivé (Bulková, 2011). Účinky alkoholu jsou závislé na odolnosti mikrobu, některé může pouze ochromit a jiné zabít. Patogenní mikroorganismy hynou při koncentraci 3–8 % obj., kvasinky při 14 % obj. Nepříznivé etanolové prostředí lze ještě znepríjemnit přítomností nebo absencí vzduchu (Kyzlink, 1988). Konečný výrobek má obsahovat asi 10 % etanolu (Ingr, 2007).

Prostředí upravené přídavkem organických kyselin má nižší pH, což je hlavním principem okyselení. Využívanými kyselinami jsou kyselina octová, mléčná, citronová, jablečná a vinná. Nejpoužívanějšími jsou první dvě zmiňované (Červenka, Samek, 2003). Většinu bakterií nevyhovuje pH nižší než 4,3 nicméně kvasinky, plísně a acidofilní bakterie dobře snášejí i velmi kyselá prostředí, avšak kyselost potravin nelze donekonečna zvyšovat kvůli chuťovému dojmu. Proto se ve většině případů musí okyselené potraviny ošetřit ještě tepelným zákrokem (Bulková, 2011).

Konzervace antibiotiky a fytoncidy

Antibiotika jsou látky přirozeně produkované mikroorganismy. Jejich schopnost spočívá v inhibici růstu jiných mikroorganismů (Melicherčíková, 2015). Pro využití v potravinářském průmyslu jsou povolena pouze antibiotika, která nejsou zdraví škodlivá, v trávicím traktu se rozloží na základní složky potravy, nesmí narušovat

mikrobiální kulturu trávicího traktu a nesmí ovlivňovat účinek lékařských antibiotik. Tyto kritéria splňuje pouze nisin (Čepička a kol., 1995). Přídavek antibiotik nezajišťuje mikrobiální sterilitu, ale v kombinaci s termosterilací mohou být ke konzervaci použity šetrnější teploty (Jílek, 2001).

Fytoncidy jsou přírodní látky, jejichž nositeli jsou rostliny. Mají podobný účinek jako antibiotika, avšak jsou méně škodlivé. Uplatnění nachází jako doplňující konzervační činitelé (Bulková, 2011). Konzervačně významné jsou převážně tyto látky: allicin (česnek), allylisothiokyanatan (z glykosidu v hořčici a křenu), skořicový aldehyd, anethol (fenykl, anýz), linalool (koriandr) a citrusové oleje (Ingr, 2007). Některé fytoncidy jsou aktivovány až záhřevem, do té doby mají pouze omezenou schopnost (Bulková, 2011).

3.6.6 Konzervace biologickými zásahy

Biologické zásahy představují kontrolované mikrobiální procesy, jejichž produkty jsou látky, které potlačují rozvoj kazící mikroflóry (Čepička a kol., 1995). Vzniklými konzervačními činidly jsou etanol a kyselina mléčná, z čehož lze vyvodit, že mikrobiálními procesy jsou alkoholové a mléčné kvašení (Ingr, 2007).

Mléčné kvašení je velmi starou, ale účinnou metodou, která vytváří cenné látky zvyšující nutriční hodnotu konzervované potraviny (Lehari, 2011). Principem je přeměna sacharidů mléčnými bakteriemi na kyselinu mléčnou a v menším množství také kyselinu octovou, etanol a oxid uhličitý. U nás se tímto způsobem nejčastěji konzervuje zelí a okurky. Obsah kyseliny mléčné v konečném produktu by měl být zhruba 1,5 %. Skladovatelnost zakonzervovaného produktu je závislá na anaerobních podmínkách a uložení v chladu (Kadlec a kol., 2002).

Alkoholové kvašení probíhá díky činnosti kvasinek, které zkvašují cukry na etanol a oxid uhličitý (Ingr, 2007). Nejpoužívanější kvasinky jsou rodu *Saccharomyces*, které pro svou činnost vyžadují dostatek dusíkatých a minerálních látek (Bulková, 2011). Alkohol působí na mikroorganismy inhibičně, takže s narůstající koncentrací etanolu ubývají počty mikrobů. Aby bylo dosaženo dlouhodobé uchovatelnosti produktu, musí být neprodyšně uzavřen (Čepička a kol., 1995).

3.7 Konzervace studenou plazmou

Ačkoliv se jedná o novou rozvíjející se metodu, její začátky sahají do roku 1968, kdy byla poprvé patentována (Stoica a kol., 2014). O 4 roky později byl zjištěn zvýšený účinek plazmy, přidáním halogenů do pracovního média. V roce 1982 byl objeven další způsob generace plazmy a to pomocí mikrovlnné frekvence 2450 MHz. V 90. letech bylo potvrzeno, že sterilaci plazmou lze provést ve většině laboratorních plynů, jako jsou H₂, O₂, N₂, vzduch, N₂O, CO₂, H₂O, H₂O₂, SO₂ a další (Chalupová, 2009). Nicméně výzkumy stále probíhají, protože některé mechanismy a vlivy plazmy nejsou dosud objasněny (Stoica a kol., 2014).

Plazma je často považována za čtvrté skupenství hmoty. Jedná se o kvazineutrální částečně ionizovaný plyn, přičemž kvazineutrální znamená, že obsahuje stejné množství částic kladně a záporně nabitých. Abychom vytvořili ze vstupního plynu plazmu, musíme do něj přivést elektrický proud (Chalupová, 2009). Přidáním energie se mezimolekulární a meziatomové struktury rozloží, uvolní volné elektrony a ionty. Plazma se tak stane elektricky vodivá a tuto schopnost si zachová, pokud zůstanou částice odděleny. Když se spojí, energie se uvolní jako viditelné světlo a UV záření (Niemira, 2014). Protože plazma obsahuje velké množství reaktivních částic, jako jsou elektrony, kladné i záporné ionty, volné radikály, atomy plynů a fotonů, dá se předpokládat určitý antimikrobní účinek (Lu a kol., 2014).

Existuje několik typů plazmatu, které se od sebe liší v závislosti na způsobu generování. Jeden způsob je založen na dielektrickém bariérovém výboji další na klouzavém obloukovém výboji, odporovém bariérovém výboji nebo pomocí studeného atmosférického plazmového proudu. Dielektrický plazmový výboj je nejvýkonnější systém pro povrchovou dekontaminaci, protože spojuje generování UV záření a přímý dopad plazmy na povrch. Generování studené plasmy může probíhat za nízkého nebo atmosférického tlaku a jako zdroj energie může sloužit, střídavý, stejnosměrný proud nebo mikrovlny či radiové frekvence (Fernandez, Thompson, 2012).

3.7.1 Generování studené plazmy

Studená plazma obsahuje malý podíl ionizovaných částic. Ionty mají teplotu blízkou okolní teplotě, ale pohyb elektronů vytváří teploty až několik tisíc stupňů, což se ale neprojevuje na venkovní teplotě plazmatu (Bruchanov, 2005)

Obecně generace plazmy probíhá v prostoru mezi dvěma elektrodami, kam se vpusť směs plynu a do elektrod je přivedena energie. Plynná směs se ionizuje v elektrickém poli vysokého napětí na studenou plazmu. Výhodou této metody je, že se při ní plyn nezahřívá na příliš vysoké teploty (Niemira, 2014).

Při generaci studené plazmy, která probíhá za atmosférického tlaku (1 bar, 100 kPa) je složitější ionizovat plyny, tyto systémy vyžadují podstatně vyšší napětí. Také platí, čím vyšší je ionizující napětí, tím je udržení jednotného pole plazmy těžší. Pole bez bodových výbojů je zvláště důležité při přímém ošetření, kdy je aktivní plazma vypouštěna na potravinu (Niemira, 2014). Cold atmospheric plasma je název, který byl zvolen podle okolních podmínek generace, což je atmosférický tlak a pokojová teplota (Fernandez, Thompson, 2012). Teplota studené plazmy se pohybuje od 30 do 60 °C, proto se této metodě dává přednost v potravinářském průmyslu z důvodu nižších nákladů na energii požadované pro generování (Bermúdez-Aguirre a kol., 2013).

Tvorba plazmy může probíhat pomocí celé řady zařízení. Některé systémy využívají například mikrovln k ionizaci plynu. Systém mikrovlnné plazmy založený na vstupním plynu složeného z argonu, byl použit k inaktivaci *E.coli* inokulované na sklíčko. Vytvořené napětí bylo 1 kW a frekvence byla 2.45 GHz, rychlost proudění plazmy byla 100 l/min (Lee a kol., 2005). Tento systém měl intenzitu UV 254 nm. A výsledkem byla redukce o víc než 7 log po jednosekundovém ošetření. Buněčný rozklad se zvýšil s ošetřením trvajícím 5 sekund (Deng a kol., 2007).

Pro systémy studené plazmy poháněné radiovými frekvencemi je mnoho dostupných konfigurací. Jedno použití je pro způsob, kdy je potravina umístěna mezi elektrody. V jiném případě mohou být elektrody poháněné radiovými frekvencemi drženy nad potravinou, s tím, že studená plazma je vpouštěna na potravinu (Niemira, 2014). Ošetření studenou plazmou po dobu 20–30 s výrazně zredukovalo sledované patogeny (*Salmonella* a *E.coli*). Použitým vstupním plynem v těchto systémech bylo helium, které vyžaduje nižší napětí k ionizaci. Pro zvýšení sterilačního účinku se ještě přidává malý podíl kyslíku nebo dusíku. Po vyhodnocení výsledků se dospělo k závěru, že inaktivační proces byl převážně způsoben radikály kyslíku, spíše než teplem nebo fotony UV (Gweon a kol., 2009).

Lu a kolektiv (2014) zkoumali, jak nabitě částice přispívají k antimikrobiálnímu účinku při ošetření studenou plazmou využívající střídavý proud. Tato studie pracovala

se vstupním plynem skládajícím se z helia, doplněným o 3 % dusíku, nebo 3 % kyslíku. Nabité částice hrály pouze malou roli v heliu ve spojení s dusíkem, ale hrály významnou roli v druhé variantě s kyslíkem. Záporně nabitě kyslíkové ionty, jednoatomový kyslík a produkty reakcí, jako je například ozon a metastabilní kyslíkový radikál, byly shledány jako klíčové faktory destrukce (Lu a kol., 2014). Stejně jako systémy založené na mikrovlnách a další radiofrekvenční systémy, i metoda využívající střídavý proud může být použita ve spojení s různými plyny a směsmi plynů. Změna složení plynů může snížit ionizační napětí a tím pádem zvýšit hustotu plazmy (Noriega a kol., 2011).

3.7.2 Sterilizace potravin

Sterilizace potravin studenou plazmou může být prováděna dvěma způsoby. Buď je biologický materiál přímo vystaven působení plazmy, nebo je plazma generována v určité vzdálenosti a potravina je následně ošetřována proudem přiváděné plazmy (Larroussi, 2008). Při přímém vystavení se potravina nachází fyzicky uvnitř generačního pole plazmy, tudíž je vystavena největší možné intenzitě volných elektronů, radikálů, iontů a radiaci UV záření. Pro tento systém musí být elektrody pečlivě kontrolovány, aby výboj nepoškodil nějakým způsobem potravinu. U tzv. vzdálené expozice je vzorek umístěn v určité vzdálenosti od objemu plazmy. Při této konfiguraci se množství přenášené energie sníží, protože volné elektrony částečně rekombinují s reaktivními produkty plazmy, tím pádem na produkt působí pouze zredukovaná forma plazmy (Niemira, 2014).

3.7.3 Vliv plazmy na mikroorganismy

Již dlouhou dobu je známo, že mikrobiální odolnost vůči fyzikálně-chemickým látkám je ovlivněna mnoha faktory, jako je vnitřní odolnost mikroorganismů, fyziologický stav buněk a podmínky ošetření. Plazma se skládá z vysoce energetických částic v trvalé interakci, zahrnující fotony, elektrony, kladné a záporné ionty, volné radikály a excitované nebo neexcitované molekuly a atomy, které jsou v kombinaci schopny inaktivovat mikroorganismy (Fernandez, Thompson, 2012). Na mikroorganismy působí řada mechanismů, které více či méně přispívají k jejich inaktivaci. Při generaci plazmy za pomoci vzduchu vznikají reaktivní volné radikály, které mohou katalyzovat oxidaci a peroxidační procesy v buňce a ve vnějším prostředí. Nejúčinnějšími oxidačními činidly jsou radikály kyslíku a dusíku. Ty působí na bílkoviny, nukleové kyseliny, sacharidy a fosfolipidy buněčných membrán, následkem je poškození buněčného materiálu a narušení permeability buněčné membrány (Stoica a kol., 2014). Dále může dojít k nahromadění nabitých částic na povrchu buněčné membrány, která nevydrží

elektrostatické pnutí a praskne. Tento popsaný scénář, je pravděpodobnější u gram-negativních bakterií, jejichž membrána má nepravidelný povrch a je tak méně odolná vůči působící síle (Larroussi, 2008). Nicméně antimikrobiální účinek plazmatu ještě není zcela objasněný. Na základě několik studií bylo konstatováno, že jeden z mechanismů inaktivace je UV záření v rozsahu 200-300 nm vlnových délek, který způsobuje poškození DNA tím, že indukuje tvorbu dimerů thyminu. Jiné studie však ukazují, že UV záření nehraje významnou roli v procesu sterilizace studenou plazmou, protože výkon vyzařovaného UV záření je velmi nízký (Fernandez, Thompson, 2012).

Počáteční koncentrace mikroorganismů je důležitým faktorem silně ovlivňující účinnost plazmy při zabíjení mikrobů. Při vyšší koncentraci buněk se vytvoří vícevrstevná struktura, kdy horní vrstvy buněk chrání spodní vrstvy před zářením. Další výsledky výzkumů prokázaly významné rozdíly u inaktivačního účinku v závislosti na ošetřovaném povrchu. Experimenty prováděné na rajčatech a melounech prokázaly vyšší inaktivační účinek na přítomnou mikroflóru, protože jejich hladký a homogenní povrch, nenabízí žádnou ochranu před působícími vysoce reaktivními částicemi plazmy. Oproti tomu salát a mrkev vykazovaly pouze mírné snížení počtu mikrobů, díky svému pestrému a pórovitému povrchu (Bermúdez-Aguirre a kol., 2013).

Deaktivační účinnost studené plazmy se řídí systémem procesních proměnných, včetně příkonu, způsobu expozice, délky trvání expozice, složení působícího plynu, jakož i vlastnostmi mikrobiálních buněk a druhu mikroorganismů. Vyšší napětí systému a prodloužená doba ošetření byly spojeny s vyšší účinností inaktivace (Lu a kol., 2014).

3.7.4 Vliv plazmy na potraviny

Je málo známo o vlivu plazmatu na matrice potravin, avšak bylo prokázáno, že interaguje se složkami potravin, jako jsou voda, lipidy, bílkoviny, sacharidy a fenolické látky. Nicméně, plazma je aplikována pouze na povrch výrobku, a dojde-li k chemické reakci s nabitými částicemi, tak změny budou probíhat pouze na povrchu (Fernandez, Thompson, 2012).

Byl proveden výzkum na cherry rajčatech ošetřených studenou plazmou. Výsledky zaznamenaly, že celková ztráta hmotnosti po 13 dnech skladování nebyla vyšší než 2 % (Misra a kol., 2014). To je méně než po svém experimentu uvedli Javanmardi a Kubota (2006), kteří pozorovali ztrátu 5 % z celkové hmotnosti po 7 dnech skladování při pokojové teplotě. Odlišné hodnoty pravděpodobně vychází z důsledku rozdílných

podmínek ošetření a použitým kultivaru rajčete. Bylo potvrzeno, že doba skladování a teplota během skladování má významný vliv na hmotnostní úbytek. Obecně při ztrátě hmotnosti 3–5 % ztrácí ovoce a zelenina svoji charakteristickou svěžest (Misra a kol., 2014).

Hodnota pH je důležitý parametr pro posouzení kvality potravin a úzce souvisí s podmínkami zpracování. Byl zjištěn relativně mírný nárůst pH u plazmou ošetřených rajčat, toto zvýšení bylo nepřímo úměrné době zpracování. Nicméně, neexistuje významný rozdíl mezi pH kontrolních a ošetřených rajčat. Změna pH lze přičíst metabolickým změnám a ztrátě vody v plodu (Misra a kol., 2014). Mrkev, která byla vystavena různým stupňům napětí po rozdílnou dobu zpracování, při kterém bylo dosaženo mikrobiální inaktivace, neprojevila žádné významné změny v barvě (Bermúdez-Aguirre a kol., 2013).

Vzhledem k tomu, že technologie používá nabitě částice, interakce s některými složkami potravin je možná, ale chemické reakce, jako je degradace vitamínu C a E, ještě nebyly zcela prozkoumány. Hlavní omezení aplikace plazmatu v potravinářském průmyslu je u ošetření potravinářských výrobků s vysokým obsahem tuků a antioxidantů, z důvodů možné oxidace (Bermúdez-Aguirre a kol., 2013).

Studená atmosférická plazma je nejnovější technologií používanou v potravinářském průmyslu pro mikrobiální inaktivaci. Klíčová role je přičítána reaktivním prvkům, které mají největší podíl na dekontaminaci (Stoica a kol., 2014). Různé experimentální podmínky a rozmanitost zařízení používaných ve studiích omezuje obecné závěry. Nicméně bylo prokázáno, že přítomnost kyslíku v plazmě výrazně zvyšuje účinnost inaktivace (Fernandez, Thompson, 2012). Tato technologie je považována za velmi perspektivní alternativu tepelným konzervačním metodám. Nabízí mnoho zajímavých aplikací, které zahrnují dekontaminaci zejména ovoce a zeleniny, dále koření, skořápkového ovoce, živočišných produktů nebo také dekontaminaci obalů potravin (Stoica a kol., 2014). Avšak nejdůležitější pro uplatnění této techniky v potravinářství jsou další studie k potvrzení, že plazma nevytváří žádné škodlivé vedlejší produkty. A další výzkumy objasňující účinek studené plazmy na kvalitu a trvanlivost produktu (Fernandez, Thompson, 2012).

4 VLASTNÍ KOMENTÁŘ K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE

Způsoby konzervace potravin se neustále vyvíjí, jsou k dispozici modernější stroje a zařízení, pracuje se s novými potravinami, které vyžadují odlišné zpracovatelské postupy a s tím spojené inovace. Za vývojem nových metod stojí snaha potravinářského průmyslu vyrábět bezpečné potraviny, které by si zachovaly svůj přirozený vzhled i nutriční hodnotu za ekonomicky výhodného provozu. Pro splnění těchto požadavků jsou klíčové zpracovatelské procesy, které se skládají z jednotlivých operací, mající svůj očekávaný efekt, vedoucí k dosažení žádaných vlastností konzervovaných materiálů.

Oblasti zájmu konzervárenství jsou neúdržné potraviny, které nelze bez konzervačního ošetření dlouhodobě skladovat. Potraviny vlivem působících faktorů podléhají nežádoucím změnám. Nejzávažnější změny jsou ty, které vedou ke vzniku zdravotního nebezpečí. Riziko kontaminace potravin může vzniknout v celém produkčním řetězci, který začíná sklizní a prvotním zpracováním, následující technologickými procesy, které jsou zakončeny skladováním a prodejem. Všechny operace mají vliv na bezpečnost, kvalitu a uchovatelnost konečného produktu. Konzervační ošetření se volí podle vlastností potraviny, požadavků na finální výrobek, podmínek skladování, transportu a prodeje potraviny.

Mikrobiálnímu znehodnocení potravin lze úspěšně čelit celou řadou konzervačních opatření, které jsou součástí každého technologického zpracování. Mohou působit preventivně, inhibičně nebo destruktivně na přítomnou mikroflóru. Metody mohou být aplikovány samostatně nebo v kombinaci. Kombinace se může skládat ze dvou a více metod, které na sebe navazují. Do kombinací se již nezapojují pouze konvenční způsoby ošetření jako je např. přídavek chemických nebo osmoticky aktivních látek a sterilace, ale i nové způsoby. Využívá se kombinace tepelného opracování a ozařování nebo přídavku chemických látek a působení ultrazvuku. Hlavními důvody kombinovaného ošetření jsou kratší doba provedení zákroku, dosažení vyšší účinnosti, kontinuálnost procesu, nižší náklady na provoz a především snížení dopadu nežádoucích změn na celkovou jakost konzervovaných potravin.

Nové technologie mají slibný potenciál pro konzervaci potravin, avšak je nutné nejprve odstranit překážky, které jim brání v širším uplatnění na trhu, aby následně mohlo být čerpáno z jejich výhod. Ty spočívají v možnosti snížení požadavků na čas a finanční náročnost konzervačního zákroku. Dále se mohou účastnit i technologických postupů,

kteřé nesouvisí přímo s konzervací. Mikrovlnný a dielektrický ohřev, mají podobný princip účinku a uplatňují se také při dosoušení, rozmrazování, blanšívání a pasteraci. Ultrazvukové zařízení nabízí možnost extrakce organických látek z rostlinných materiálů, homogenizaci nemísitelných kapalin, ale i spoluúčast na fermentaci, filtraci a krystalizaci. Vysokým tlakem se dá ovlivnit obsah těkavých a hořkých látek v potravíně, nebo cíleně upravit konzistence masa. Záření se ve stanovených dávkách používá při blanšívání, sušení, pečení, také k inhibici klíčení, zpomalení dozrávání nebo jako dezinfekční metoda pro ošetření vzduchu, vody a povrchů.

Aplikace studené plazmy je považována za perspektivní alternativu tepelnému ošetření. Úspěšně byla aplikována při dekontaminaci potravin i obalových materiálů. Nicméně stejně jako u ostatních nových metod musí proběhnout ještě potřebné výzkumy, které by vyvrátily možnost vzniku škodlivých látek v ošetřovaných potravinách.

A spíše než jako samostatné konzervační metody se uplatní v kombinaci nebo jako jedna část zpracovatelského procesu, např. k rozmrazování, blanšívání, krystalizaci, inhibici klíčení. K úplnému nahrazení konvenčních metod v průběhu několika následujících let patrně nedojde z důvodu vysokých pořizovacích cen zařízení, od kterých by se pravděpodobně odvíjela cena zpracovaného produktu, a kvůli nedostatečné informovanosti spotřebitelů o používaných metodách, kteří by nemuseli mít v takový produkt důvěru.

5 ZÁVĚR

Většina potravin v nezpracovaném stavu je bohatým zdrojem živin pro mikroorganismy. Jejich přirozená uchovatelnost je velmi krátká, a proto vyžadují vhodné konzervační zpracování, které zaručí nejen zdravotní bezpečnost, ale i prodlouženou skladovatelnost.

Nejčastější nežádoucí změny jsou původem mikrobiálního, ostatní mechanické, fyziologické a enzymatické jsou nemikrobiální. K eliminaci kazící mikroflóry je důležité znát její optimální kultivační prostředí a faktory ovlivňující růst, mezi které patří obsah vody v potravine, kyselost prostředí, teplota a složení potraviny. Jakmile se začne měnit, některý z faktorů, mikroorganismy se přestanou množit a postupně budou umírat.

Konzervační metody se dělí do kategorií, dle přímého a nepřímého působení na mikroorganismy. Přímé metody využívají fyzikálních a chemických operací k inaktivaci. Patří zde termosterilizace, která se řadí mezi hlavní konzervační metody. Dle výše působící teploty se dělí na sterilaci, pasteraci a frakcionovou sterilaci. Konzervace odporovým ohřevem spočívá v zahřívání potraviny pomocí elektrického pole, jemuž je vystavena. Ohřev nehomogenních materiálů vyžaduje konstrukčně komplikovanější zařízení, která však jsou plně automatizována. Vysokofrekvenční způsob ošetření, pod který spadá mikrovlnný, dielektrický a infračervený ohřev se řadí mezi nové metody, které generují teplo polarizací molekul, které rotují vlivem střídavého proudu. Tyto metody se dají uplatnit v široké škále zpracovatelských procesů, u kterých šetří čas a energii na rozdíl od konvenčních způsobů a zachovávají vcelku neporušenou senzoricou a nutriční jakost produktu. O ultrazvuk je zájem v potravinářském průmyslu především pro jeho schopnost účastnit se fermentace, krystalizace, extrakce nebo také úspěšně kooperovat s jinými konzervačními metodami. Avšak je málo pravděpodobné, že se stane samostatnou konzervační metodou, protože potřebné vyšší frekvence by měly za následek znehodnocení potraviny. Konzervace vysokým tlakem zanechává v potravine důležité výživové složky, ale působící vysoké tlaky mohou negativně ovlivnit strukturu potraviny. Nicméně jako předešlé principy nachází vhodné uplatnění i v jiných zpracovatelských postupech. Poslední metodou přímé inaktivace je konzervace ozařováním. Tato metoda má omezené uplatnění kvůli přísným legislativním předpisům a nedostačující informovanosti o bezpečnosti ozařovaných potravin.

Nepřímé metody konzervace primárně působí na prostředí, ve kterém se nachází mikroorganismy, aby se vhodnou úpravou pro ně stalo nepříznivé a přestaly se množit. Voda, která je pro mikroorganismy životně důležitá se pomocí fyzikálních zákroků z potravin vyсуší, vymrazí, odpaří nebo se přidavkem osmoticky aktivních látek zvýší osmotický tlak natolik, že dojde k nevratnému poškození mikrobiální buňky. Další možností úpravy prostředí je přidavkem chemické látky, organické kyseliny nebo dávkou antibiotik. Poslední popsanou konvenční metodou je konzervace biologickými zásahy, která je založená na alkoholovém a mléčném kvašení, jejichž produkty působí na mikroorganismy inhibičně.

Možnosti uplatnění studené plazmy v potravinářském průmyslu se zabývá mnoho studií. Bylo prokázáno, že částice plazmatu působí destruktivně na buněčné stěny mikroorganismů, čehož se hojně využívá např. v lékařství pro sterilizaci nástrojů a zařízení. Ale jelikož je tato technologie nová, nebyly dosud objasněny všechny její mechanismy a interakce mezi plazmou a ošetřovanou potravinou. Proto je aplikace této metody v potravinářském průmyslu prozatím pouze na výzkumné úrovni.

Výzkum a vývoj nových technologií stále pokračuje a snaží se najít alternativní způsoby, jak snížit dopad nežádoucích změn vyvolaných mechanismy daného ošetření. Obecně lze říci, že hlavní překážky, které brání novým technologiím v masovém používání, jsou vysoké pořizovací ceny zařízení, nutnost odborného personálu obsluhující stroje, nevyhovující inhibiční účinky zákroku a nedostatečné množství informací, které by objasnily všechny příčiny a následky. Všechny zmíněné konzervační metody mají své výhody a nevýhody, nicméně vhodně zvolenými podmínkami ošetření nebo kombinací několika metod lze do značné míry eliminovat vznik nežádoucích změn a dosáhnout tak vysoce kvalitních produktů.

6 SOUHRN A RESUMÉ, KLÍČOVÁ SLOVA

Bakalářská práce na téma Nové trendy v konzervaci potravin – byla vypracována v letech 2015-2016 na Ústavu posklizňové technologie zahradnických produktů na Zahradnické fakultě Mendelovy univerzity v Brně. Práce byla zaměřena na konzervaci potravin. Nejprve je popsána historie a vývoj konzervace od původních primitivních ošetření, až do podoby, jakou ji známe dnes. Další část je zaměřena na konzervárenské suroviny, jejich složení a faktory, které se podílí na vzniku nežádoucích změn. Následuje popis jednotlivých konzervačních metod, které zahrnují konvenční i nové trendy ve způsobu konzervace potravin. Poslední technologií je studená plazma a její možnosti uplatnění jako moderní způsob konzervace potravin.

Klíčová slova: konzervace potravin, mikroorganismy, nežádoucí změny, konzervační metody, studená plazma

SUMMARY AND RESUME, KEY WORDS

This thesis on subject New trends in food conservation - was prepared at the Institute of Post-Harvest Technologies of Horticulture at the Faculty of Horticulture of the Mendel University in Brno in years 2015-2016. It focuses on food conservation. Firstly history and development of conservation was described from the original primitive treatment to the form known today. The second part of this thesis is focused on canning material and factors, which participate in formation of undesirable changes. Next there is description of individual conservation methods, which include conventional and new trends in the method of food conservation. The last technology is cold plasma and its possibility of applying as a modern mean of food conservation.

Keywords: food conservation, microorganisms, undesirable changes, preservative methods, cold plasma

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BABIČKA, L., 2012: *Přídavné látky v potravinách*. Potravinářská komora České republiky, Praha, 67 s.
- BALAŠTÍK, J., 2001: *Konzervování v domácnosti*. Ottobre 12, Velehrad, 229 s.
- BERÁNEK, R., BEZDĚK, J., SEDLÁČKOVÁ, J., SMOTLACHA, M., 1977: *Technika uchování potravin*. SNTL, Praha, 264 s.
- BERMÚDEZ-AGUIRRE, D., WEMLINGER, E., PEDROW, P., BARBOSA-CÁNOVAS, G., GARCIA-PEREZ, M.: Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli* in fresh produce. *Food Control* [online]. 2013, 34(1), 149-157. [cit. 2.3.2016]. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.04.022., ISSN 0956-7135.
- BRUCHANOV, M., 2005: *Plazmová sterilizace*, Semestrální práce, UK. [cit. 3.3.2016]. Dostupné z: http://bruxy.regnet.cz/fel/02FM1/plazmova_sterilizace.pdf
- BULKOVÁ, V., 2011: *Rostlinné potraviny*. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno, 162 s.
- BUREŠOVÁ, I., LORENCOVÁ, E., 2013: *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. UTB, Zlín, 302 s.
- BUTZ, P., FERNÁNDEZ, GARCÍA A., LINDAUER, R., DIETERICH, S., BOGNÁR, A., TAUSCHER, B.: Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering* [online]. 2003, 56(2-3), 233–236. [cit. 2.3.2016]. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00258-3., ISSN 0260-8774.
- ČEPIČKA, J. a kol., 1995: *Obecná potravinářská technologie*. VŠCHT, Praha, 246 s.
- ČERVENKA, J., SAMEK, M., 2003: *Skladování a konzervace zemědělských produktů*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 147 s.
- ČURDA, D. a kol., 1992: *Vybrané kapitoly z konzervářské a mrazírenské technologie*. VŠCHT, Praha, 175 s.
- DELIZA, R., ROSENTHAL, A., ABADIO, F.B.D., SILVA, C.H.O., CASTILLO, C.: Application of high pressure technology in the fruit juice processing: benefits perceived by consumers. *Journal of Food Engineering* [online]. 2004, 67(1-2), 241–246. [cit. 15.3.2016]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.05.068., ISSN 0260-8774.
- DENG, S., RUAN, R., CHUL KYOON MOK, HUANG, G., LIN, X., CHEN, P.: Inactivation of *Escherichia coli* on Almonds Using Nonthermal Plasma. *Journal of Food Science* [online]. 2007, 72(2), 62-66. [cit. 12.1.2016]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00275.x., ISSN 0022-1147.
- FERNANDEZ, A., THOMPSON, A.: The inactivation of *Salmonella* by cold atmospheric plasma treatment. *Food Research International* [online]. 2012, 45(2), 678-684. [cit. 12.1.2016]. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.04.009., ISSN 0963-9969.

- GOLIÁŠ, J., 1996: *Skladování a zpracování I*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 156 s.
- GOLIÁŠ, J., 2014: *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny*. Mendelova univerzita, Brno, 131 s.
- GWEON, B., KIM, D. B., MOON, S. Y., CHOE, W.: Escherichia coli deactivation study controlling the atmospheric pressure plasma discharge conditions. *Current Applied Physics* [online]. 2009, 9(3), 625-628. [cit. 12.1.2016]. DOI: 10.1016/j.cap.2008.06.001., ISSN 1567-1739.
- HOSTAŠOVÁ, B., VLACHOVÁ, L., NĚMEC, E., 1987: *Domácí konzervování ovoce a zeleniny*. Avicenum, Praha, 314 s.
- HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I., 2005: *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Univerzita Tomáše Bati, Zlín, 178 s.
- HRUBÝ, J., 1986: *Technologie a technika výroby zmrazených potravin*. SNTL, Praha, 360 s.
- CHALUPOVÁ, L. 2009: *Využití plazmatu pro sterilizaci polymerů*. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity na Ústavu fyzikální elektroniky, Brno, 68 s.
- CHANDRAPALA, J., OLIVER, CH., KENTISH, S., ASHOKKUMAR, M.: Ultrasonics in food processing. *Ultrasonics Sonochemistry* [online]. 2012, 19(5), 975–983. [cit. 25.3.2016]. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2012.01.010., ISSN 1350-4177.
- INGR, I., 2007: *Základy konzervace potravin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 119 s.
- JÍLEK, J., 2001: *Učebnice zavařování a konzervace*. Fontána, Olomouc, 232 s.
- JAVANMARDI, J., KUBOTA, CH.: Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2006, 41(2), 151-155. [cit. 25.3.2016]. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.03.008., ISSN 0925-5214.
- KADLEC, P. a kol., 2002: *Technologie potravin I*. VŠCHT, Praha, 300 s.
- KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., 2009: *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Key Publishing, Ostrava, 536 s.
- KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., a kol., 2012: *Technologie potravin: Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výrob*. VŠCHT, Praha, 450 s.
- KAŠČÁK, J. S., 1990: *Ako konzervovať ovocie, zeleninu, mäso*. Alfa, Bratislava, 352 s.
- KNORR, D., ZENKER, M., HEINZ, V., LEE, DONG-UN.: Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2004, 15(5), 261-266. [cit. 25.3.2016]. DOI: 10.1016/j.tifs.2003.12.001., ISSN 0924-2244.

- KOMPRDA, T., 2007: *Obecná hygiena potravin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 148 s.
- KYZLINK, V., 1988: *Teoretické základy konzervace potravin*. SNTL, Praha, 511 s.
- KVASNIČKOVÁ, A.: Ozařování potravin. In informační přehledy ÚZPI [online]. Praha: ÚZPI, 2006 [cit. 24.4.2016]. Dostupné z: http://www.artim.cz/data/Ozarovani_potravin_web.pdf.
- LACROIX, M.: Irradiation. *Emerging Technologies for Food Processing* [online]. Elsevier, 2014, 293–312. [cit. 18.1.2016]. DOI: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00016-4., ISBN 9780124114791.
- LAROUSSE, M., MENDONÇA, J. T., RESENDES, D. P., SHUKLA, P. K.: Mechanisms of Interaction of Cold Plasma with Bacteria. *AIP Conference Proceedings*. [online]. 2008, 87-90. [cit. 25.3.2016]. DOI: 10.1063/1.2997283., ISSN 0094-243x.
- LEE, KWON-YONG, PARK, B. J., HEE LEE, D., LEE, IN-SEOP, HYUN, S. O., CHUNG, KIE-HYUNG, PARK, JONG-CHUL.: Sterilization of Escherichia coli and MRSA using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology* [online]. 2005, 193(1-3), 35-38. [cit. 18.1.2016]. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2004.07.034., ISSN 0257-8972.
- LEHARI G., 2011: *Jak uchovávat potraviny: zavařujeme, zmrazujeme, sušíme, nakládáme*. Computer Press, Brno, 126 s.
- LIFKOVÁ Z., 1990: *Zmrazování potravin v mrazničkách*. SNTL, Praha, 80 s.
- LU, H., PATIL, S., KEENER, K. M., CULLEN, P. J., BOURKE, P.: Bacterial inactivation by high-voltage atmospheric cold plasma: influence of process parameters and effects on cell leakage and DNA. *Journal of Applied Microbiology* [online]. 2014, 116(4), 784-794 [30.3.2016]. DOI: 10.1111/jam.12426., ISSN 1364-5072.
- MATSER, M. A., KREBBERS, B., VAN DEN BERG, R. W., BARTELS, P. V.: Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products. *Trends in Food Science & Technology* [online]. Elsevier, 2003, 15(2), 79–85. [cit. 18.1.2016]. DOI: 10.1016/j.tifs.2003.08.005., ISSN 0924-2244.
- MELICHERČÍKOVÁ, V., 2015: *Sterilizace a dezinfekce*. Galén, Praha, 174 s.
- MISRA, N. N., KEENER, M. K., BOURKE, P., MOSNIER JEAN-PAUL, CULLEN, P., J.: In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of cherry tomatoes. *Journal of Bioscience and Bioengineering* [online]. 2014, 118(2), 177-182. [cit. 18.1.2016]. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2014.02.005., ISSN 1389-1723.
- NIEMIRA, B. A.: Decontamination of Foods by Cold Plasma. *Emerging Technologies for Food Processing* [online]. Elsevier, 2014, 327–333. [cit. 20.1.2016]. DOI: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00018-8. ISBN 9780124114791.
- NORIEGA, E., SHAMA, G., LACA, A., DÍAZ, M., KONG, M. G.: Cold atmospheric gas plasma disinfection of chicken meat and chicken skin contaminated with *Listeria*

- innocua. *Food Microbiology* [online]. 2011, 28(7), 1293-1300. [cit. 20.1.2016]. DOI: 10.1016/j.fm.2011.05.007., ISSN 0740-0020.
- ORSAT, V., RAGHAVAN, G. S. V.: Radio-Frequency Processing. *Emerging Technologies for Food Processing* [online]. Elsevier, 2014, 385–398. [cit. 5.4.2016]. DOI: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00021-8., ISBN 9780124114791.
- OZKOC, S. O., SUMNU, G., SAHIN, S., Recent Developments in Microwave Heating. *Emerging Technologies for Food Processing* [online]. Elsevier, 2014, 361–383. [cit. 10.3.2016]. DOI: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00020-6. ISBN 9780124114791.
- PAN, Z., ATUNGULU, G.G., LI, X.: Infrared Heating. *Emerging Technologies for Food Processing* [online]. Elsevier, 2014, 461–474. [cit. 5.4.2016]. DOI: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00025-5., ISBN 9780124114791.
- PANIWNYK, L.: Application of Ultrasound. *Emerging Technologies for Food Processing* [online]. Elsevier, 2014, 271–291. [cit. 5.4.2016]. DOI: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00015-2., ISBN 9780124114791.
- PATIST, A., BATES, D.: Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2008, 9(2), 147-154. [cit. 5.4.2016]. DOI: 10.1016/j.ifset.2007.07.004., ISSN 1466-8564.
- PŮHONÝ, K., 1988: *Konzervace a ukládání potravin v domácnosti*. SZN, Praha, 320 s.
- ROP, O., VALÁŠEK, P., HOZA, I., 2005: *Teoretické principy konzervace potravin I.: Hlavní konzervářské suroviny*. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, Zlín, 130 s.
- SAMWALD, A., 2008: *Sušíme ovoce, zeleninu, bylinky a houby*. Grada Publishing, Praha, 128 s.
- SMELT, J.P.P.M.: Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 1998, 9(4), 152–158. [cit. 30.3.2016]. DOI: doi:10.1016/S0924-2244(98)00030-2., ISSN 0924-2244.
- STOICA, M., ALEXE, P., MIHALCEA, L.: Atmospheric cold plasma as new strategy for foods processing - an overview. *Innovative Romanian Food Biotechnology* [online]. 2014, 15, 1-8. [30.3.2016]. ISSN 1843-6099.
- ŠILHÁNKOVÁ, L., 2008: *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnologie*. Academia, Praha, 363 s.
- ŠVRČEK, J., MARHOUL, A., KAČER, P., KUZMA, M., PÁNEK, L., ČERVENÝ, L.: The study of vapour phase hydrogen peroxide decontamination process as a potential method for degradation of organic pollutants. *Journal of Chemical Technology* [online]. 2010, 85(9), 1284-1290. [25.4.2016]. DOI: 10.1002/jctb.2429., ISSN 0268-2575.

TAO, Y., SUN, DA-WEN, HOGAN, E., KELLY, A. L.: High-Pressure Processing of Foods. *Emerging Technologies for Food Processing* [online]. 2014, 3-24. [cit. 5.4.2016]. DOI: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00001-2., ISBN 9780124114791.

TŮMA, I., 2015: *Mikrobiologie*. Mendelova univerzita, Brno, 138 s.

VITÁZEK, I., 2000: *Chladienie a chladiarenstvo a sušenie a sušiarstvo*. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, 133 s.

VOTAVA, M. a kol., 2010: *Lékařská mikrobiologie – vyšetřovací metody*. Neptun, Brno, 495 s.

YANG, X. H., TANG, J.: *Advances in bioprocessing engineering* [online]. River Edge, NJ: World Scientific Pub., 2002, 1-45. [cit. 2016-05-02]. ISBN 98-102-4697-8.

ZHAO, Y., FLUGSTAD, B., KOLBE, E., PARK, J. W., WELLS. J. H.: Using capacitive (Radio frequency) dielectric heating in food processing and preservation. *Journal of Food Process Engineering* [online]. 2000, 23(1), 25-55. [cit. 16.6.2011]. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2000.tb00502.x.