

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Tradiční metody konzervování potravin a jejich moderní  
alternativy**

**Bakalářská práce**

**Anna Köppelová**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. Matěj Božik, Ph.D.**

**© 2023 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Tradiční metody konzervování potravin a jejich moderní alternativy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. dubna 2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Matěji Božikovi, Ph.D. za odborné vedení práce a také za trpělivost a ochotu. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, která mě během celého studia podporovala.

# Tradiční metody konzervování potravin a jejich moderní alternativy

## Souhrn

Potraviny jsou náchylné k různým formám zkázy. Kažení potravin je převážně způsobováno mikrobiální činností, ale také chemickými a fyzikálními změnami. Především mikrobiálnímu kažení se snažíme konzervací potravin předcházet. Výskyt nežádoucích mikroorganismů v potravinách totiž může vést k alimentárním onemocněním. Konzervace potravin je proces, který umožňuje prodloužit trvanlivost potravin a uchovat je pro pozdější použití. Konzervování je důležité i z hlediska plýtvání potravin a zajištění potravinové bezpečnosti. Pro snížení rizik při konzervaci je třeba výběr vhodné metody, která se může lišit dle požadavku na finální produkt a typu potraviny.

Přestože bezpečnost potravin nebyla v historii důležitým faktorem, již v pravěku lidé zjišťovali, že pokud vhodně uskladní nebo ošetří potraviny, prodlouží tím jejich trvanlivost. Ulovené maso proto skladovali v chladných a temných jeskyních nebo vystavovali kouři, který vycházel od ohně. Nasbírané plody byly také ukládány do chladu, nebo sušeny na slunci. Postupem času lidé tyto postupy zlepšovali a s vývojem vědy vznikly plnohodnotné metody, které jsou neustále inovovány. Tradiční metody konzervace, jako je snižování vodní aktivity, tepelná úprava a fermentace, se používají již po staletí a představují účinné postupy zabraňující růstu mikroorganismů a chemickým změnám. Zásadní nevýhodou těchto metod je změna sensorických a nutričních vlastností. Kontroverzním tématem u konvenční konzervace je přidávání chemických látek, kdy některé mohou být škodlivé, zejména pokud jsou přijímány citlivějšími osobami nebo v nadměrném množství. Za to fermentace, jako biologická konzervace, se v posledních letech stává v Evropě stále populárnější.

Moderní metody konzervace nabízejí možnost účinné eliminace mikroorganismů a zajištění bezpečnosti potravin spolu se zachováním nutričních hodnot a chuťových vlastností. Mezi tyto metody patří například konzervace pulzním elektrickým polem, ozonizace, vysokotlaká konzervace, ošetření studenou plazmou nebo ultrazvukem a ozařování. Mezi alternativní metody se řadí také konzervace silicemi, která na rozdíl od výše uvedených metod významně ovlivňuje chuťové vlastnosti produktů. Tyto technologie představují šetrnější alternativu k tradičním metodám. Některé však stále nejsou uvedeny do běžného provozu z důvodu nedostatečných studií či negativního postoje spotřebitelů, jako je tomu například u ozařování.

V této bakalářské práci je zpracována literární rešerše, ve které jsou shrnuté dostupné informace o metodách konzervace potravin, a to od tradičních až po alternativní technologie. Vybrané metody jsou podrobněji popsány a následně zhodnocena rizika a výhody.

**Klíčová slova:** konzervanty, chemická konzervace, fyzikální ošetření potravin

# Traditional food preservation methods and modern alternatives

## Summary

Food is susceptible to various forms of spoilage. Food spoilage is mainly caused by microbial activity, but also by chemical and physical changes. Microbial spoilage in particular is prevented by food preservation. The presence of undesirable microorganisms in food can lead to alimentary diseases. Food preservation is a process that makes it possible to extend the shelf life of food and preserve it for later use. Preservation is also important in terms of food waste and food safety. To reduce the risks in preservation, the selection of an appropriate method is necessary, which may vary according to the requirement of the final product and the type of food.

Although food safety has not historically been an important factor, in prehistoric times people found that if they stored or treated food appropriately, it would extend its shelf life. Therefore, they stored hunted meat in cool, dark caves or exposed it to the smoke from fires. Harvested fruits were also stored in a cool place or dried in the sun. Over time, people have improved these practices, and as science has developed, full-fledged methods have emerged that are constantly being innovated. Traditional preservation methods such as water reduction, heat treatment and fermentation have been used for centuries and are effective methods of preventing the growth of microorganisms and chemical changes. A major disadvantage of these methods is the alteration of sensory and nutritional properties. A controversial issue with conventional preservation is the addition of chemicals, some of which can be harmful, especially if ingested by more sensitive people or in excessive quantities. In contrast, fermentation, as a biological preservation, has become increasingly popular in Europe in recent years.

Modern methods of preservation offer the possibility of effectively eliminating microorganisms and ensuring food safety, while preserving nutritional values and flavour characteristics. These methods include, for example, pulsed electric field preservation, ozonisation, high-pressure preservation, cold plasma or ultrasound treatment and irradiation. Alternative methods also include preservation with essential oils, which, unlike the above methods, have a significant effect on the taste characteristics of the products. These technologies represent a more gentle alternative to traditional methods. However, some of them are still not put into mainstream use due to insufficient studies or negative consumer attitudes, as is the case with irradiation.

In this bachelor thesis, a literature search is carried out to summarise the available information on food preservation methods, ranging from traditional to alternative technologies. The selected methods are described in more detail and then the risks and benefits are evaluated.

**Keywords:** preservatives, chemical preservation, physical treatment of food

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>8</b>
<b>3 Kažení potravin .....</b>	<b>9</b>
<b>4 Konzervace potravin.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1 Snižování aktivity vody .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Konzervace teplotou .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3 Chemická konzervace .....</b>	<b>14</b>
4.3.1 Konzervanty .....	15
4.3.2 Antioxidanty .....	18
<b>4.4 Biologická konzervace fermentací .....</b>	<b>18</b>
<b>4.5 Alternativní metody konzervace potravin .....</b>	<b>19</b>
4.5.1 Silice .....	19
4.5.2 Pulzní elektrické pole.....	21
4.5.3 Ozonizace .....	23
4.5.4 Vysoký hydrostatický tlak.....	24
4.5.5 Studená plazma .....	25
4.5.6 Ultrazvuk .....	25
4.5.7 Ozařování.....	26
<b>5 Závěr .....</b>	<b>29</b>
<b>6 Literatura .....</b>	<b>30</b>

# 1 Úvod

Každý živý organismus potřebuje přijímat potravu a živiny v ní obsažené, jako jsou sacharidy, tuky, bílkoviny, vitaminy či minerální a organické látky. Živiny jsou důležité pro příjem energie, podporu růstu a udržení při životě (Marrez et al. 2022). V případě znehodnocené nebo nevhodně upravené potraviny mohou být tyto složky degradovány. Znehodnocení potraviny nesnižuje jen její nutriční hodnoty, ale také zvyšuje rizika pro lidské zdraví, jelikož chemické procesy a mikrobiální aktivita mohou vést k vážným alimentárním onemocněním. Mikroorganismy, jako jsou bakterie, houby, plísně, kvasinky a jejich toxiny jsou největšími přispěvateli ke kažení, proti kterým se snažíme konzervaci chránit.

Konzervace je však užitečná i z ekologických a ekonomických důvodů. Především kvůli krátké trvanlivosti se téměř třetina světové produkce potravin stává odpadem. Ovšem aby se snížil potravinový odpad, nestačí jen prodloužit trvanlivost potravin. Velkým problémem je plýtvání jídlem v domácnostech, které je často způsobeno nerozvážným nakupováním potravin. K plýtvání potravin však dochází již v obchodech, které se snaží udržet nabídku s poptávkou spotřebitelů. Co nejdélejší trvanlivost potravin je jedním z hlavních cílů jejich výrobců, jelikož čím déle udrží výrobek v prodeji, tím větší mají výdělky.

Účelem konzervačních technik je usmrcení nežádoucích mikroorganismů a zpomalení biochemických reakcí, které mohou způsobit kažení. Konzervace sama o sobě není schopna zvyšovat kvalitu potravin, pouze ji udržovat, proto je velice důležité dbát na kvalitu potravin již před zpracováním. Výjimkou je však biologická konzervace, která fermentací (působením mikroorganismů) zlepšuje stravitelnost potravin a dodává jim specifickou chuť. Fermentované potraviny také mohou obsahovat laktobacily prospěšné pro náš střevní mikrobiom.

Požadavky spotřebitelů neustále rostou. Požadují vyšší kvalitu a čerstvost potravin či celoroční dostupnost potravin (i sezónních), proto vědci přichází s moderními a šetrnějšími alternativami pro konzervaci. Lidé jsou však často k alternativním metodám nedůvěřiví a často se bojí i případného negativního vlivu těchto metod na lidské zdraví. Je však třeba zvážit, zda by lepší informovanost a případné vzdělávání o tomto tématu nevedlo k vyššímu využívání těchto alternativ. Většina alternativních technologií má nižší spotřebu energie než technologie tradiční, také mohou být vhodnější pro lidské tělo například v porovnání s chemickými aditivami, která jsou v potravinářství hojně využívána.

## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce bylo shrnout formou literární rešerše dostupné informace o metodách konzervace potravin od tradičních přes konvenční až po moderní, případně experimentální metody. Vybrané z nich podrobněji popsat a zhodnotit jejich výhody a možná rizika.



### 3 Kažení potravin

Kažení je přirozený proces, při kterém klesá kvalita a bezpečnost potravin. Konzumací zkažených potravin se lidé vystavují riziku různých nemocí, kdy některé mohou končit i smrtí (Kambalimatha et al. 2022). Z tohoto důvodu se nedoporučuje konzumovat potraviny nesoucí první známky kažení, kterými jsou změny barvy, vůně, textury a chuti a výskyt plísně (Amit et al. 2017). Příčiny kažení potravin můžeme rozdělit na fyzikální, chemické a mikrobiální. Tyto příčiny se nemusí vzájemně vylučovat, často totiž jeden proces stimuluje další. Například mikrobiální kažení souvisí s fyzikálními vlivy (Kambalimatha et al. 2022).

První příčinnou kažení jsou fyzické změny, mezi ty patří mechanické poškození, změna vlhkosti či teploty a krystalizace. Změna vlhkosti bývá častým důvodem kažení potravin, a to jak formou úbytku, tak i zvýšením. Obsah vody souvisí s vodní aktivitou potravin a v případě jejího zvýšení se potravina stává vhodnou pro růst mikroorganismů (Amit et al. 2017). U potravin, které jsou citlivé na mráz je riziko rozpadání buněk a následná změna struktury (Kambalimatha et al. 2022). Naopak vysoká teplota může způsobovat nežádoucí ohřev a s ním spojenou změnu vlastností.

Co se týče chemických procesů kazících potravin, můžeme mezi ně zařadit oxidaci, proteolýzu, enzymatické změny a další. Oxidace představuje působení kyslíku na některé složky potravin. Příkladem je přeměna aminokyselin za přítomnosti kyslíku na organické kyseliny a amoniak. Pro oxidaci lipidů se používá výraz žluknutí. Tento proces je urychlován působením světla (Amit et al. 2017). Proto se doporučuje skladovat potraviny ve vzduchotěsných nádobách a v temnu. Žluklé potraviny mají typický zápach a chuť. Dalším chemickým znehodnocením je enzymové hnědnutí potravin, které je způsobeno enzymovou oxidací fenolových sloučenin některými oxidoreduktázami též za přítomnosti kyslíku. Produktem této reakce jsou chinony, které poskytují barevné pigmenty (Velíšek 2002). Jisté riziko představuje také přítomnost chemických látek, jako jsou pesticidy, antibiotika či potravinářská aditiva. Obsahy těchto látek jsou však regulovány legislativou a přísně kontrolovány.

Nežádoucí mikroorganismy jsou nejčastější příčinou kažení potravin. Mikrobiální kažení úzce souvisí s předchozími faktory, například teplotou, aktivitou vody, pH či přístupem kyslíku. Mezi hlavní druhy mikroorganismů způsobujících znehodnocování potravin patří bakterie, plísně a kvasinky (Kambalimatha et al. 2022). Nejčastějšími původci alimentárních onemocnění jsou *Salmonella* spp., *Escherichia coli* a *Listeria monocytogenes*. Avšak ne všechny mikroorganismy jsou nežádoucí. Celá řada mikroorganismů je využívána při výrobě potravin, především při fermentaci.

### 4 Konzervace potravin

Všechny potraviny mají pouze omezenou trvanlivost. Pro prodloužení trvanlivosti a zachování kvality potravin se využívají různé konzervační látky či metody. Cílem konzervování je nejen zachování bezpečnosti potravin a zabránění kažení, ale také pokud možno zachování sensorických vlastností i nutričních hodnot. Prodloužení trvanlivosti potravin může vést i ke snížení plýtvání jídlem, udržení dostupnosti produktu či usnadnění manipulace (Marrez et al. 2022).

Konzervace má dlouhou historii. Již od pradávna lidé začali pozorovat změny v potravinách dle způsobu uskladnění či zpracování. Z důvodu nedostatku dostupných potravin v minulosti byli lidé velmi nápadití. Postupem času se zažily určité zvyky. Obiloviny a produkty z nich se skladovaly v suchu, čerstvé produkty jako mléko, případně maso z porážky se naopak uchovávaly v chladu. Ovoce se sušilo na slunci či peci a zelenina se nakládala. Mezi základní konzervování využívané především v domácnostech patřilo a stále patří sušení, uzení, zavařování, chlazení, solení, fermentování a nakládání například do octa (Marrez et al. 2022). S vývojem technologie se vše zjednodušilo jak v domácím, tak průmyslovém měřítku. Na scénu přišly syntetizované látky, které mají ve většině případů značně lepší výsledky v inhibování mikroorganismů.

Právě bezpečnost potravin je hlavním důvodem konzervace potravin. Díky konzervaci se předchází rizikům, která by mohla vést i k epidemii, jako například v 19. století, kdy byla v Evropě epidemie cholery. Cholera je alimentární onemocnění způsobováno bakterií *Vibrio cholerae*. Toto onemocnění se projevuje těžkými průjmy a zvracením, což může vést ke smrti způsobené vážnou dehydratací (Lékaři bez hranic 2020). Nebezpečné mikroorganismy však v potravinách způsobují přes 200 dalších onemocnění (Marrez et al. 2022). Světová zdravotnická organizace uvádí, že odhadem 600 milionů lidí prodělá alimentární nemoci a přes 42 tisíc lidí ročně v důsledku těchto onemocnění i zemře (Bisht et al. 2021). Dle Státního zdravotního ústavu jsou v České republice nejčastější alimentární onemocnění kamylobakterióza, salmonelóza a průjmy virového původu, například rotaviry a noroviry.

Tradiční metody konzervace potravin představují léta osvědčené metody. Mezi ně patří snižování aktivity vody, teplotní či biologická konzervace. Tyto metody však mají značnou nevýhodu a tou je vliv na sensorické a nutriční vlastnosti. Některé technologie, například lyofilizace, spotřebovávají velké množství energie, což je činí v tomto ohledu dražšími. U chemické konzervace je naopak diskutován jejich negativní vliv na lidské zdraví. Přesto jsou všechny tyto metody, díky svým velmi úspěšným účinkům, i nadále používány.

## 4.1 Snižování aktivity vody

Díky vodě, která není chemicky vázána a je k dispozici v potravinovém substrátu, mohou mikroorganismy růst a následně se rozmnožovat (Informační centrum bezpečnosti potravin 2009). Obsah této vody je vyjadřován aktivitou vody, která má značku  $a_w$ , z anglického „available water“, do češtiny přeloženo jako „dostupná voda“ (Erkmen & Bozoglu 2016). Aktivita vody není totéž, co obsah vody v potravine, který vyjadřuje celkový obsah vody, tudíž volné i vázané. Aktivita vody je definována jako poměr tlaku vodních par potravin k tlaku par destilované vody o stejné teplotě a může nabývat hodnot od 0 (zcela suchá látka) do 1 (destilovaná voda) (Informační centrum bezpečnosti potravin 2009).

Stejně jako rostliny či živočichové, i mikroorganismy vyžadují pro svůj život vodu. Pro růst mikroorganismů je třeba vysokých hodnot aktivity vody. Díky tomu je snížení těchto hodnot významným mechanismem pro konzervaci potravin. Na tomto principu je postaveno několik konvenčních metod, kdy snížením vodní aktivity dochází k inaktivaci enzymů způsobujících kažení potravin a mikroorganismů, jelikož většina není schopna růst při hodnotě  $a_w$  pod 0,88. Vhodné hodnoty pro jednotlivé organismy se mohou různit, například plísně

vyžadují hodnotu vodní aktivity v rozpětí od 0,62 do 1, kvasinky nad 0,9 a bakterie nad 0,9 u gram pozitivních bakterií a v případě gram negativních bakterií nad 0,92 (Amit et al. 2017). Pro představu mezi potraviny s nejvyšší  $a_w$  (0,95 – 1) patří například masné výrobky či chleba a nejnižší  $a_w$  (pod 0,6) má sušené mléko, instantní káva, cereálie a podobně (Erkmen & Bozoglu 2016).

Potraviny s vysokým obsahem vlhkosti rychleji podléhají zkáze, jelikož jsou náchylnější k biochemickým reakcím či mikrobiálnímu kažení (Adeyeye et al. 2022). Sušení známé také jako dehydratace je jedna z nejstarších konzervačních metod vedoucí ke snížení vlhkosti. Je velmi využívané v domácnostech, kde není potřeba žádných přístrojů a potraviny lze sušit jen vhodným umístěním do prostoru, kde proudí vzduch. To znamená nulovou spotřebu energie. I v průmyslovém měřítku jde o jednoduchou a efektivní technologii, což může být hlavním důvodem dlouhodobého využívání této metody (Adeyeye et al. 2022). Z potravin zpracovaných sušením se nejvíce setkáváme s ovocem a zeleninou, houbami, masem (jerky), mlékem či celými dehydratovanými jídly.

Při sušení se vypařováním (případně sublimací) vody z potraviny snižuje vodní aktivita (Amit et al. 2017) a zároveň celkový obsah vody, díky čemuž se potravinám prodlužuje trvanlivost (Adeyeye et al. 2022). Je ale třeba dodat, že sušení nezabíjí mikroorganismy, pouze omezuje či zastavuje jejich růst.

Energie potřebná k sušení je dodávána v různých formách. Nejznámější formou je teplo (vedení, sálání či proudění teplého vzduchu), lze ale využít i infračervené nebo mikrovlnné záření (Kyzlink 1988). Dalšími typy sušení jsou například sušení mrazem (lyofilizace) či osmotické sušení.

V závislosti na předchozím obsahu vody dochází sušením k výraznému ubytku hmotnosti, což může mít pozitivní vliv na balení či manipulaci. Zároveň je třeba zvolit vhodné balení a skladování, aby nedošlo ke zpětnému navlhnutí, což by vedlo ke znehodnocení potraviny. Sušení může také negativně ovlivnit senzorycké, fyzikální a nutriční vlastnosti (Adeyeye et al. 2022). Tomu lze zabránit výběrem šetrnějšího postupu či ošetřením potraviny ještě před samotným sušením, například blanširováním, což je ošetření založené na principu tepelného šoku, kdy se inaktivují enzymy způsobující enzymatické hnědnutí.

Lyofilizace neboli sušení mrazem je v dnešní době velmi populární metoda například pro zpracování ovoce. Jde o kombinovanou metodu, kdy je potravina nejdříve rychle zmrazena a následně je vystavena velmi nízkému tlaku, což vede k sublimaci vody obsažené v potravine a snížení aktivity vody. Celkový proces má několik stupňů: zmrazení potraviny, primární sušení a sekundární sušení. Během primárního sušení probíhá sublimace ledu a sekundární slouží k dosažení potraviny na požadovanou vlhkost (Nowak & Jakubczyk 2020).

Výhodou této metody je, že nemění tvar ani velikost produktu na rozdíl od konvenčního sušení a zůstává původní struktura potraviny. Stejně tak se nemění chuť, vůně a některé nutriční hodnoty. Díky těmto faktorům představují potraviny sušené mrazem nejvyšší kvalitu v porovnání s jinými typy sušení (Adeyeye et al. 2022). Nevýhodou však mohou být vysoké náklady, jak počáteční (na přístroje), tak provozní, jelikož při lyofilizaci vzniká vysoká spotřeba energie. Dále je třeba přísně dohlížet na parametry zpracování produktů v jednotlivých fázích. Nevhodné zmrazení, případně příliš vysoká teplota sušení mohou vést k degradaci bioaktivních látek. Lyofilizované potraviny jsou také náchylnější k rehydrataci, což může být u některých

produktů žádané (například živočišné produkty), ale až při zpracování. Z tohoto důvodu je třeba dbát na správné balení a uchovávání.

Uzení patří mezi konzervační metody s dlouhou historií. Již před staletími lidé zavěšovali maso nad oheň, kde na něj oheň nedosáhl, ale bylo ošetřeno kouřem. Poté se věšelo maso do komínů, až se začali stavět speciální udírny určené pouze za účelem uzení. Důvodů k oblíbenosti této metody je hned několik. Uzené potraviny mají nejen prodlouženou trvanlivost, ale také specifickou chuť. Intenzita této chuti je dána dobou uzení a hustotou udícího kouře.

Důležitým faktorem pro kvalitu uzení je typ a kvalita používaného dřeva. Hlavním principem uzení je totiž pyrolýza, při které dochází k rozložení složek dřeva (celulózy, hemicelulózy a ligninu) na uhlí a kouř. Především kouř, který obsahuje antimikrobiální látky, je příčinou konzervace uzení. Mezi hlavní složky z kouře škodící mikroorganismům patří těkavé sloučeniny, jako je kyselina octová, kyselina mravenčí, formaldehyd, methanol, aceton, terpeny, látky obsahující fenoly a podobné. Ke konzervaci také dochází díky poklesu aktivity vody po značném redukování vody v produktu (Kyzlink 1988). Velkým rizikem jsou cyklické aromatické uhlovodíky, které mohou mít karcinogenní potenciál. Z tohoto důvodu se nedoporučuje spotřeba uzenejších výrobků na každodenní bázi.

Uzení můžeme dělit dle typu kouře na uzení studeným, horkým či tekutým kouřem. Uzení studeným kouřem je prováděno při teplotě pod 33 °C po dobu od 6 hodin až po několik týdnů. Studený kouř je k potravinám šetrnější a dosahuje uzene chuti a barvy s minimálními změnami struktury. Vzhledem k tomu, že tímto ošetřením nedochází k dostatečnému zničení mikroorganismů, musí před samotným uzením dojít k ošetření, například solí či jinými konzervanty (Fellows 2017). Studený kouř se využívá především pro výrobu fermentovaných a sušených masných výrobků. Uzení horkým kouřem probíhá při teplotách 60-80 °C. Konzervační účinky jsou však urychleny díky působením vysoké teploty, která může ničit mikroorganismy a enzymy a rychleji snižovat aktivitu vody. Případně lze stejně jako u uzení studeným kouřem přidat soli (Fellows 2017).

Tekutý kouř je vyráběn kontrolovanou pyrolýzou dřeva a následnou kondenzací kouře. Kondenzovaný kouř se obvykle následně frakčně destiluje a tím se získá produkt s požadovanými vlastnostmi a sníženou koncentrací nežádoucích látek. Vzniklý tekutý kouř se může přidávat do potravin pro získání kouřového aroma. Aplikovat ho lze ponořením, přimícháním, ve formě prášku nebo postřikem (Fellows 2017). Výhodou je i snadná aplikace a možnost aplikace do výrobků, kam by to jinak nebylo možné.

## 4.2 Konzervace teplotou

Pasterizace (též zvaná jako pasterace) představuje tepelné ošetření, kdy se potravina zahřeje na určitou teplotu nepřesahující 100 °C. Své jméno získala po francouzském vědci Louisi Pasteurovi, který v roce 1862 prováděl pokusy s touto metodou při ošetřování vína a piva (Amit et al. 2017).

Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006 (Evropská komise 2006) uvádí rozdělení pasterace na ošetření vysokou teplotou po krátkou dobu (též zvané jako HTST pasterizace z anglického high-temperature short time), kdy je potravina vystavena teplotě alespoň 72 °C po dobu 15 sekund a na ošetření nízkou teplotou po dlouhou dobu (zkratka LTLT z anglického low-

temperature long time) představující ošetření o teplotě nejméně 63 °C po dobu 30 minut. Za pasteraci se dle nařízení považuje i jakákoliv jiná kombinace času a teploty, která vede ke stejnému účinku.

Při pasterizaci dochází k usmrcení mikroorganismů bez výrazných změn především díky šetrným teplotám, tudíž zákazník získává bezpečný a minimálně ošetřený produkt. V potravinářském průmyslu se při pasterizaci zaměřují primárně na patogeny a organismy způsobující kažení potravin, které by se mohly množit během skladování a následně ohrožovat lidské zdraví, a nezabíjí všechny přítomné mikroorganismy (Peng et al. 2017). Hlavní nevýhodou představuje neschopnost zničení spor, čímž se výrazně zkracuje doba trvanlivosti v porovnání s jinými metodami, jako je například sterilace. Pouze v případě speciální pasterizace jako je například UHT (ultra high temperature) pasterace jsou odstraněny všechny živé organismy. Toto ošetření představuje zahřátí produktu (především mléka) na 140 °C po dobu dvou vteřin, čímž je prodloužena trvanlivost i na několik měsíců. Velkou nevýhodou však je ztráta původní chuti (Vaněk 2015).

V posledních letech se rozvíjí čím dál více technologií, které dosahují stejných účinků jako pasterizace tradiční. Z tohoto důvodu je vyžadováno rozšíření významu slova pasterizace. V dnešní době se můžeme setkat s rozdělením pasterizace na termální a netermální, kdy do termální spadá ošetření párou, horkou vodou a další typy ohřevu a pod pojem netermální pasterizace se řadí modernější technologie jako je například ozařování, ošetření pulzním elektrickým polem či vysokým tlakem a podobně (Peng et al. 2017).

Sterilace patří mezi nejúčinnější a nejvyužívanější metody konzervace potravin. Jde o tepelné ošetření, kdy teplota, na rozdíl u pasterizace, přesahuje 100 °C (obvykle se teplota pohybuje mezi 121 °C až 140 °C) a může vést k úplné inaktivaci nejen mikroorganismů, ale také spor. Nevýhodou však je, že vysoké teploty mohou vést ke snížení kvality produktu (Li & Farid 2016).

Chlazení představuje metodu, která dokáže prodloužit údržnost výrobku o několik dní v případě čerstvých surovin a v případě již zpracovaných nebo vakuově balených výrobků i o několik týdnů. Potravinu jsou chlazeny odjakživa, lidé ukládali suroviny do chladných jeskyní, poté například do sklepů nebo nakupovali led o ledařů do doby, kdy vznikly první chladírny s umělým chlazením.

Snížením teploty, kdy spodní hranice teploty nesmí být pod bod mrazu, dochází ke zpomalení řady dějů, jako je enzymatická proteolýza, oxidace tuků nebo mikrobiální kažení. Zpomalení těchto reakcí má zásadní vliv na bezpečnost, trvanlivost, vzhled a kvalitu produktu (Banerjee & Maheswarappa 2019). Výhodou chlazení je, že se téměř nemění sensorické a nutriční vlastnosti potravin, a to ani po ukončení skladování v chladu, jako je tomu například u mražení (Kyzlink 1988). Velmi výhodné je chlazení pro čerstvé potraviny, které nemusí být zpracovány, aby se jim prodloužila trvanlivost. Díky tomu je možné dovážet například čerstvé exotické ovoce přes půlku světa. Naopak velkou nevýhodou je poměrně kratší prodloužení trvanlivosti potravin v porovnání s jinými konzervačními metodami.

Mražení je dle vyhlášky č. 366/2005 Sb. (Ministerstvo zemědělství ČR 2005) konzervace potravin snížením teploty pod bod mrazu na hodnotu, při které se zpomaluje nebo zastavuje průběh fyzikálních, biochemických a mikrobiálních procesů. Dále vyhláška udává, že za mraženou potravinu se považuje potravina, která byla hluboce zmrazena tak, aby byla co nejrychleji překonána zóna maximální tvorby krystalů a dosažena konečná teplota

po tepelné stabilizaci -18 °C nebo nižší ve všech částech výrobku. Dle technologických požadavků uvedených ve vyhlášce lze použít jako zmrazovací média pouze vzduch, oxid uhličitý a kapalný dusík.

Mražení je vhodné pro uchovávání potravin po delší dobu, jak v domácnostech, tak pro komerční účely. Při správném zpracování a dodržení všech podmínek si mohou mražené produkty udržet svou kvalitu (George 1993). Mezi hlavní parametry, které je důležité dodržovat pro udržení kvality, patří rychlost a rovnoměrnost zmrazování (Nida et al. 2021). Pomalé zmrazování vede k tvorbě velkých krystalů v mezibuněčném prostoru, což vede k poškození buněčných membrán. Naopak rychlé zmrazování tvoří přibližně stejně velké krystaly uvnitř buněk i zvenku, díky čemuž nejsou narušeny buněčné membrány a produkt má i po rozmrazení vhodné sensorické vlastnosti. Vhodné je i rychlé rozmrazení, jelikož se kapky z roztátých krystalů zvládnou absorbovat zpět do potravin a nedochází k uvolňování vody (šťávy). Pomaleho rozmrazení můžeme dosáhnout například uložením potravin do chladírny s teplotou mezi 0-4 °C. Rychlé rozmrazení lze provést ohřevem či vodní parou a lázní.

### 4.3 Chemická konzervace

Již od pradávna se do potravin přidávají různé látky pro vylepšení určitých vlastností, například chuti a trvanlivosti. Přísady jako ocet, sůl, cukr a různá koření jsou využívány od nepaměti. Postupem času se začal zkoumat vliv nejrůznějších látek na vlastnosti potravin. Díky pokroku vědy se stanovil seznam látek se zlepšujícími účinky, které nejsou nebezpečné pro lidské zdraví. Některé látky jsou přírodní, jiné jsou syntetizovány. Avšak pro uspokojení poptávky potravin a z důvodu lepší dostupnosti se i látky přírodního původu začaly syntetizovat.

Přídavné látky neboli aditiva jsou látky přidávané do potravin během technologických procesů za účelem zlepšení vlastností produktu. Jde o látky, které se nekonzumují jako potraviny a dle své technologické funkce se dělí do několika skupin – antioxidanty, barviva, emulgátory, konzervanty, regulátory kyselosti, stabilizátory a další (Státní zemědělská a potravinová inspekce 2020). Některé látky sice zastávají více funkcí, ale legislativně jsou zařazeny do skupiny dle funkce převažující. V zemích Evropské unie má každá přídavná látka své vlastní e-číslo (například E 300), které usnadňuje zapsání všech aditiv na etikety potravin. Vzhledem k vysokému množství aditiv však spotřebitelé nemají přehled o jednotlivých kódech a jejich významu. Pravděpodobně z tohoto důvodu je spousta spotřebitelů k aditivním látkám velmi nedůvěřivá. Pro strach však není důvod, jelikož využívání těchto látek je legislativně ošetřeno. Potravinářský průmysl se musí řídit seznamem povolených aditiv, jejich maximálním povoleným množstvím i podmínkami použití. Všechny látky jsou přísně testovány a není prokázán jejich negativní vliv na zdraví. Možnou výjimku mohou tvořit citlivější jedinci. Jsou určeny i potraviny, které nesmí obsahovat přídavné látky, mezi ty patří například med, máslo, mléko, fermentované mléčné výrobky (například jogurt), káva, cukr a obecně průmyslově nezpracované potraviny (Badora et al. 2019). Na dodržování všech legislativních náležitostí a na zdravotní nezávadnost dohlíží Česká zemědělská a potravinářská inspekce (ČZPI), která má za úkol provádět kontroly jak surovin, tak konečných produktů, ať už ve výrobnách či obchodech. Hlavní kontrolované parametry, spojené s aditivními látkami, jsou množství a správná deklarace na obalu (Vrbová 2001).

### 4.3.1 Konzervanty

Konzervanty představují skupinu přídatných látek s antimikrobiální účinky, kterých je využíváno pro prodloužení trvanlivosti potravin. Dokážou udržet nebo zlepšit kvalitu a bezpečnost jednotlivých produktů (de Jesus et al. 2021). Mezi povolené konzervanty v České republice a zbytku zemí Evropské unie dle nařízení Komise (EU) č. 231/2012 (Evropská komise 2012) patří některé organické a anorganické kyseliny a jejich soli či estery, oxid siřičitý a jeho sloučeniny, dusitany, dusičnany a ostatní konzervanty, jako jsou antibiotika či enzymy (viz Tab. 1, 2 a 3). Konzervační účinky má například i kyselina octová (zařazena mezi regulátory kyselosti) či cukr (sacharóza) a kuchyňská sůl (chlorid sodný) (Velíšek 2002).

Tab. 1: Formy kyseliny sorbové, benzoové, p-hydroxybenzoové

Číslo E	Látka
E 200	kyselina sorbová
E 202	sorbát draselný
E 203	sorbát vápenatý
E 210	kyselina benzoová
E 211	benzoát sodný
E 212	benzoát draselný
E 213	benzoát vápenatý
E 214	ethylparahydroxybenzoát
E 215	ethylparahydroxybenzoát sodná sůl
E 218	methylparahydroxybenzoát
E 219	methylparahydroxybenzoát sodná sůl

Tab. 2: Oxid siřičitý a jeho sloučeniny, dusitany a dusičnany

Číslo E	Látka
E 220	oxid siřičitý
E 221	siřičitan sodný
E 222	hydrogensiřičitan sodný
E 223	disiřičitan sodný
E 224	disiřičitan draselný
E 226	siřičitan vápenatý
E 227	hydrogensiřičitan vápenatý
E 228	hydrogensiřičitan draselný
E 249	dusitan draselný
E 250	dusitan sodný
E 251	dusičnan sodný
E 252	dusičnan draselný

Tab. 3: Ostatní konzervanty

Číslo E	Látka
E 234	nisin
E 235	natamycin
E 239	hexamethylentetramin
E 242	dimethyldiuhličitan
E 280	kyselina propionová
E 281	propionát sodný
E 282	propionát vápenatý
E 283	propionát draselný
E 284	kyselina boritá
E 285	tetraboritan sodný
E 1105	lysozym

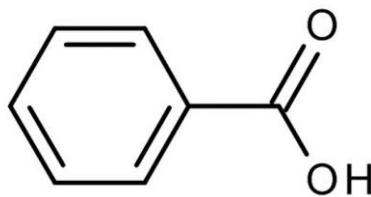
Kyselina hexa-2,4-dienová neboli sorbová (E 200) je účinný inhibitor působící proti plísním, kvasinkám a některým bakteriím (Velíšek 2002). Přirozeně se vyskytuje v rostlinách, například v jeřábech (*Sorbus*), pro potravinářský průmysl se však vyrábí synteticky. Dle řady studií je považována za jednu z nejméně nebezpečných přídatných látek a její využití je možné i v kosmetickém či farmaceutickém průmyslu (Vrbová 2001). V potravinářství se využívá především pro konzervaci nápojů a sýrů. Dále se přidává například do pekařských výrobků, kečupů, salátových zálivek či marmelád a džemů. Kyselina sorbová je špatně rozpustná ve vodě. V případech vyžadujících lepší rozpustnost se využívají její soli – sorbany (de Jesus et al. 2021).

Mezi sorbany využívané jako konzervační aditiva patří sorban draselný, vápenatý a sodný. Všechny tyto sloučeniny mají, stejně jako kyselina sorbová, schopnost zabraňovat růstu plísní, jsou bezpečné a nemají negativní vliv na lidské zdraví. Výjimkou je sorban sodný (E 201), který může představovat riziko z důvodu snadné oxidace, kdy vzniká mutagenní sloučenina 4,5-oxohexanoát (Teixeira 2018). Z tohoto důvodu je v České republice a dalších zemích Evropské unie zakázán. Ve Spojených státech, jižní Americe či v Austrálii a na Novém Zélandu je však povolen. Nejvíce využívaný je sorban draselný (E 202), například do limonád, sirupů, vína, majonéz a margarínů. Sorban vápenatý (E 203) je z důvodu špatné rozpustnosti ve vodě i tucích využíván ke konzervaci potravin na povrchu, nebo jako součást obalových materiálů (Vrbová 2001).

Kyselina benzoová (viz Obr. 1) (E 210) a její soli (benzoáty) jsou jako antibakteriální a antimykotické látky široce využívané ke konzervaci potravin s nízkým pH. U potravin s neutrálním či vyšším pH jsou téměř neúčinné (Tfouni & Toledo 2002). S různými koncentracemi je kyselina schopna inhibovat bakterie, kvasinky i plísně. Konzervační efekt je



zřejmě způsoben inhibicí využití aminokyselin mikroorganismy a inhibicí enzymů různých metabolismů (Velíšek 2002).



Obr. 1: Vzorec kyseliny benzoové (Merck 2023).

Jedná se o jednu z nejstarších chemických konzervačních látek. Kyselina i její soli jsou přírodní složky vyskytující se v rostlinách, ovoci či mléčných výrobcích. Pro průmyslové využití se však syntetizuje (Velíšek 2002). Přestože je to látka rostlinného původu, mnohé studie vyjádřily obavy ohledně její bezpečnosti. Pro většinu lidí nepředstavuje toto aditivum riziko. U citlivějších jedinců však může vyvolat alergické reakce – podráždění kůže, kopřivku či astma (Tfouni & Toledo 2002). Přesto je využívána i v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Kyselina benzoová a benzoát sodný (E 211), který představuje jeden z nejvyužívanějších konzervantů, se používají při konzervaci různých džusů i sirupů, vína, marmelád a džemů, nakládané zeleniny, hořčice, omáček (tatarská, chilli) a majonéz, pomazánek a dalších potravin (FER potravina 2020).

Siřičitany a oxid siřičitý jsou účinné konzervační látky. Dokáží inhibovat bakterie a částečně i kvasinky a plísně. Mají také antioxidační vlastnosti a inhibují enzymové i neenzymové hnědnutí (Velíšek 2002). Oxid siřičitý (E 220) je schopen se rozpustit na maximálně 6% roztok, případně lze konzervovat formou solí (Kyzlink 1988). Využívají při výrobě vína za účelem zničení přirozeně vyskytujících se mikroorganismů před přidáním kultivovaných kvasinek. Dále inhibují mikroorganismy na povrchu masa či zlepšují pekařskou kvalitu těsta (Vrbová 2001). Také se aplikují na ovoce k zabránění plesnivění (Velíšek 2002).

Negativní účinky vyvolávají tyto sloučeniny pouze u citlivých lidí. Těmto lidem mohou způsobit bolest hlavy, nevolnost i průjem. Oxid siřičitý je také schopen ničit vitamin B1, proto je například ve Spojených státech omezováno jeho použití do potravin, které představují zdroj tohoto vitamínu (Vrbová 2001).

Dusitany (draselný - E 249, sodný - E 250) a dusičnany (sodný – E 251, draselný – E 252) mají funkci stabilizátorů barvy masa, ale také významné antimikrobiální účinky. Využívané jsou především u nesterilních masných výrobků, jelikož dokáží inhibovat růst bakterií *Clostridium botulinum*, které produkují nebezpečné neurotoxiny (Velíšek 2002). Samotné dusičnany jsou netoxické, avšak po rozkladu na dusitany mohou představovat riziko. Dusitany při působení vysokých teplot, během výroby potravin, nebo v lidském žaludku jsou schopny způsobovat vznik malého množství karcinogenních sloučenin – nitrosaminů, čemuž se výrobci snaží předcházet snižováním obsahu dusitanů či přidáním vitamínů C a E. Tyto vitamíny dokáží zabránit tvorbě nežádoucích látek (FER potravina 2017).

### 4.3.2 Antioxidanty

Antioxidanty jsou aditiva zabraňující oxidaci některých látek v potravinách, čímž prodlužují jejich trvanlivost. Přestože se hojně využívají ke konzervaci potravin, neřadí se do skupiny konzervantů. Dle svého účinku se dělí na dvě skupiny – antioxidanty působící proti barevným změnám, mezi které patří kyselina askorbová (E 300) a kyselina citronová (E 330) a antioxidanty zabraňující oxidaci lipidů, kam můžeme zařadit butylhydroxyanisol (E 320), butylhydroxytoluen (E 321) a galláty (E 310–E 312) (Vrbová 2001). Mezi antioxidanty patří látky s označením E 300–E 321. Mohou být přírodního původu či syntetizovány, v potravinářském průmyslu je však většina syntetizována.

## 4.4 Biologická konzervace fermentací

Metoda fermentace, též známé jako kvašení představuje formu biologické konzervace, kdy se využívá prospěšných mikroorganismů (bakterií, kvasinek a plísní). Využíváno je buď mikroorganismů přirozeně vyskytujících se v potravinech či kultivovaných mikroorganismů, tzv. startovací kultury. Kvašení se ke konzervaci využívá po staletí, nejen průmyslově, ale i v domácnostech. V případě dodržení základních podmínek je potravina po kvašení bezpečná a bez jakýchkoliv chemických konzervantů. Výhodou fermentace je zvýšení nutričních hodnot potraviny, například tvorba vitaminů skupiny B a zvýšení stravitelnosti bílkovin (Infromační centrum bezpečnosti potravin 2009). Základní surovinou může být zelenina, ovoce, ale i maso a mléko či obiloviny (Augustin et al. 2023). Dle produktu kvašení dělíme typy fermentací. Pro konzervárenský průmysl je využíváno převážně alkoholového a mléčného kvašení. Další známé dělení je dle přítomnosti vzduchu – anaerobní (bez přístupu vzduchu), aerobní (vyžadující kyslík). Nejznámějšími fermentovanými produkty jsou salámy, kysané zelí, alkoholické nápoje, mléčné výrobky (jogurty, kefir, sýry) a v dnešní době populární kombucha a kimči.

Alkoholové kvašení probíhá za přítomnosti kvasinek, které mění jednoduché cukry na ethanol a oxid uhličitý. Čím více se zvyšuje koncentrace ethanolu, tím hůře se daří mikroorganismům. Citlivější mikroorganismy umírají a u odolnějších se inhibuje růst. Růst se zastavuje i u kvasinek a tím kvašení končí. Takto fermentované potraviny jsou konzervovány díky vzniklému ethanolu, jelikož je pro mikroorganismy velmi toxický. Alkoholové kvašení se využívá při výrobě ovocných a révových vín a při výrobě dalších druhů alkoholu (Kyzlink 1988).

Mléčné kvašení dělíme dle produktů procesu na homofermentativní a heterofermentativní. U kvašení homofermentativního je hlavním produktem kyselina mléčná, u heterofermentativního kvašení vzniká spolu s kyselinou mléčnou i kyselina octová, ethanol a oxid uhličitý (Amit et al. 2017). Mezi nejznámější bakterie mléčného kvašení patří například *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* a z kvasinek například *Saccharomyces kefir*. Konzervační látkou u tohoto kvašení je kyselina mléčná, která působí na mikroorganismy tím, že snižuje pH. Vzhledem k tomu, že samotná kyselina při kvašení nedosahuje takové koncentrace, aby kvalitně konzervovala výrobek, je

výhodou heterofermentativní kvašení, že produkuje i kyselinu octovou, ethanol a oxid uhličitý. Kombinací těchto sloučenin je potravina dostatečně zakonzervovaná (Kyzlink 1988).

## 4.5 Alternativní metody konzervace potravin

Čím dál větší požadavky spotřebitelů vyžadují co nejdelší prodloužení čerstvosti potravin a jejich dlouhodobé udržení senzorických vlastností. Moderní metody konzervace představují šetrnější alternativy k metodám tradičním. Mezi tyto alternativy patří například ošetření potravin silicemi, pulzním elektrickým polem (PEF), vysokým hydrostatickým tlakem (HHP), ozonizací, studenou plazmou či ozařováním. Četné výzkumy prokázaly účinnost těchto metod při zajišťování bezpečných potravin s vysokou kvalitou v porovnání s konvenčními metodami. Jde také o energeticky efektivnější technologie, nevýhodou však bývají vysoké prvotní náklady (Morales-de la Peña et al. 2019). I přes studiem potvrzené vynikající účinky alternativních metod a investice do těchto technologií je v průmyslu využíváno jen několik z nich (Devlieghere et al. 2004).

### 4.5.1 Silice

Silice jsou těkavé a aromatické extrakty rostlinného původu s různými biologickými účinky. Jedná se o komplexní směsi těkavých látek, které jsou sekundárními metabolity rostlin (Rout et al. 2022). Jsou to ve vodě nerozpustné látky a hlavní nositelé vůně a chuti (Velíšek 2002). Hlavními složkami silic jsou terpeny (monoterpeny a seskviterpeny), aromatické látky (aldehydy, alkoholy, fenoly a další) a terpenoidy. Některé silice se již využívají v medicíně, nyní se však výzkumy zaměřují i na využití těchto látek v potravinářství, konkrétně při konzervování potravin, ať už jako aditivum či součást takzvaného aktivního balení (Tongnuanchan & Benjakul 2014).

Silice lze nalézt ve většině rostlin, ovšem části rostlin, kde se vyskytují se mění dle druhu rostlin (viz Tab 4) (Tongnuanchan & Benjakul 2014). Získávají se například expresí, extrakcí či parní destilací (Jayasena & Jo 2013). Výběr metody závisí na rostlinném materiálu a jeho stavu a volba nevhodné metody může vést k poškození oleje, snížení jeho biologické aktivity a změně senzorických i fyzikálních vlastností. Nejpoužívanější metodou je parní destilace. 93 % získaných silic je právě touto metodou, zbylých 7 % ostatními metodami (Tongnuanchan & Benjakul 2014).

Silice a jejich složky mají antifungální, antioxidační, antivirové a antibakteriální a protizánětlivé vlastnosti. V potravinářském průmyslu se využívá přibližně 300 typů EO, přestože je známo více jak 3000 druhů (Rout et al. 2022). Antimikrobiální vlastnosti jsou spojeny především s obsahem fenolických sloučenin, jako jsou karvakrol, eugenol a thymol (Martínez-Graciá et al. 2015), tyto sloučeniny jsou obsahovány v silicích ze skořice, hřebíčku, oregana, tymiánu. Také aldehydy mají antibakteriální aktivitu. Studie uvádí, že cinnamaldehyd, citral a perillaldehyd dokážou inhibovat růst bakterií a hub i produkci jejich toxinů (Wang et al. 2023).

Vzhledem k rozmanitosti chemických látek v EO nelze jistě určit konkrétní mechanismus jejich antimikrobiální aktivity (Rout et al. 2022), například výše zmíněný karvakrol, eugenol a thymol mají podobné antimikrobiální výsledky, avšak jejich mechanismy se liší (Wang et al. 2023). Mezi hlavní navrhované mechanismy patří poškození buněčné

membrány, destrukce enzymů a membránových proteinů, koagulace cytoplazmy a hydrolýza ATP (Gavahian et al. 2020). Několik studií prokázalo schopnost éterických olejů procházet buněčnou stěnou a membránou díky jejich lipofilní vlastnosti, čímž mohou vyvolat cytotoxicitu pro mikroorganismy. Tím, že silice zajišťují více typů mechanismu, vzniká synergický efekt, kdy tyto látky mají lepší antimikrobiální účinky než chemicky syntetizované sloučeniny (Wang et al. 2023). Případně je lze kombinovat s pokročilejšími technologiemi konzervování pro udržení mikrobiální stability i senzorické kvality (Jayasena & Jo 2013).

Tab. 4: Části rostlin obsahující EO a příklady rostlin (Tongnuanchan & Benjakul 2014).

Část rostliny	Rostlina	Část rostliny	Rostlina
Listy	<i>Ocimum basilicum</i>	Květy	<i>Matricaria</i>
	<i>Laurus nobilis</i>		<i>Salvia</i>
	<i>Cinnamomum</i>		<i>Syzygium aromaticum</i>
	<i>Salvia</i>		<i>Pelargonium</i>
	<i>Eucalyptus</i>		<i>Helichrysum italicum</i>
	<i>Cymbopogon citratus</i>		<i>Jasminum</i>
	<i>Mentha</i>		<i>Levandula</i>
	<i>Origanum vulgare</i>		<i>Leptospermum</i>
	<i>Rosmarinus</i>		<i>Origanum majorana</i>
	<i>Thymus</i>		<i>Rosa</i>
	<i>Satureja</i>	<i>Artemisia</i>	
Semena	<i>Prunus dulcis</i>	Ovocná kůra	<i>Citrus limon</i>
	<i>Pimpinella anisum</i>		<i>Citrus reticulata</i>
	<i>Elettaria cardamomun</i>		<i>Citrus sinensis</i>
	<i>Carum carvi</i>		<i>Citrus limetta</i>
	<i>Myristica fragrans</i>		<i>Citrus paradisi</i>
	<i>Coriandrum sativum</i>		<i>Citrus bergamia</i>
	<i>Foeniculum vulgare</i>		
Dřevěná kůra	<i>Cassia</i>	Kořeny	<i>Zingiber officinale</i>
	<i>Cinnamomum</i>		<i>Curcuma longa</i>
	<i>Sassafras</i>		<i>Valeriana officinalis</i>
	<i>Chrysopogon zizanioides</i>		
			<i>Archangelica officinalis</i>
Bobule	<i>Pimenta dioica</i>	Plody	<i>Piper</i>
	<i>Juniperus</i>		<i>Myristica fragrans</i>

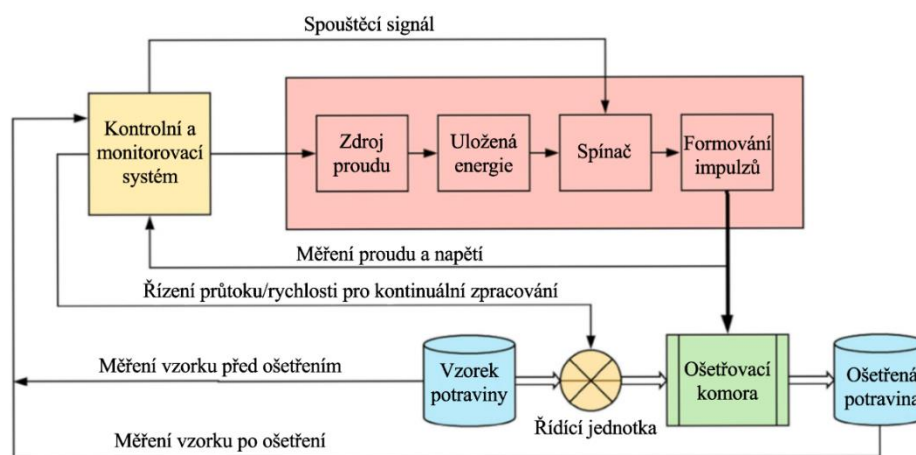
Účinnost proti kažení a patogenním mikroorganismům silice prokázaly i v mase a masných výrobcích, kdy největší antimikrobiální potenciál projevily esenciální oleje z oregana, rozmarýnu, tymiánu, hřebíčku, majoránky, bazalky a zázvoru (Jayasena & Jo 2013). U zázvorového esenciálního oleje byla také dokázána degradace DNA u mikroorganismů *Staphylococcus aureus* a *E. coli* (Wang et al. 2023). Dále se silice osvědčily například při prodloužení trvanlivosti pekařských výrobků. Byl prováděn pokus s dortovým korpusem po dobu 30 dnů, kdy esenciální olej tymiánu zabránil mikrobiální a plísňové činnosti. Kontrolní vzorek nesl známky mikrobiální a plísňové aktivity již po 15 dnech, zatímco ošetřený vzorek zůstal po mikrobiální stránce bezpečný (Gavahian et al. 2020).

Mezi hlavní nevýhody esenciálních olejů spadají jejich organoleptické vlastnosti (Rout et al. 2022), především jejich intenzivní vůně (Jayasena & Jo 2013). Jejich využití v potravinářství je složitější vzhledem k jejich těkavosti, která může vést ke krátkodobému účinku, nerozpustnosti ve vodě a citlivosti na teplo a světlo (Wang et al. 2023). Z tohoto důvodu se silice mohou využívat v zapouzdřeném stavu. Dalším významným omezením je možná kontaminace chemickými látkami, jako jsou například pesticidy užívané na rostliny, ze kterých se silice získávají (Rout et al. 2022).

#### 4.5.2 Pulzní elektrické pole

Pulzní elektrické pole neboli PEF (anglicky pulsed electric field) je účinná netepelná technologie, která slouží nejen k inaktivaci mikroorganismů, ale také extrakci aktivních složek, úpravě biomakromolekul, zvýšení chemických reakcí a urychlení stárnutí fermentovaných potravin či dehydrataci. Může též inaktivovat enzymy, které mají negativní vliv na kvalitu potravin. Potenciální využití PEF pro zpracování široké škály potravinářských produktů je zkoumáno po celém světě (Niu et al. 2020), jelikož po něm v poslední době prudce vzrůstá poptávka (Sridhar et al. 2021). Tato metoda se stále více rozvíjí z laboratorního měřítka do průmyslového (Devlieghere et al. 2004) a využívá se především u tekutých homogenních potravin (Morales-de la Peña et al. 2019).

Mezi hlavní výhody PEF patří účinná konzervace kapalin s nízkou vodivostí a nízkou iontovou silou, minimalizace zvýšení teplot a zkrácení doby zpracování potravin, což může mít za důsledek zachování sensorických a nutričních vlastností. Dále energetická úspornost a šetrnost k životnímu prostředí a zlepšování efektivity procesu v kombinaci s jinými technologiemi, například s termickými metodami (jako úprava před sušením), vysokým hydrostatickým tlakem či ultrazvukem, což vede k dosažení lepších výsledků (Arshad et al. 2020). Kombinace s termálním ošetřením dokáže vykompenzovat jednu z nevýhod a to tu, že samotné ošetření PEF není schopno inhibovat spory, pravděpodobně díky vícevrstvé buněčné stěně (Morales-de la Peña et al. 2019). Další nevýhody jsou například potřeba vysokého kapitálu, neúčinnost nejen proti sporám, ale také některým enzymům a náročné či nemožné využití s vodivými materiály. Za hlavní omezení je však považován nedostatek spolehlivých elektrických systémů. (Arshad et al. 2020).



Obr. 2: Schéma technologie konzervace pulzním elektrickým polem (Arshad et al. 2020).

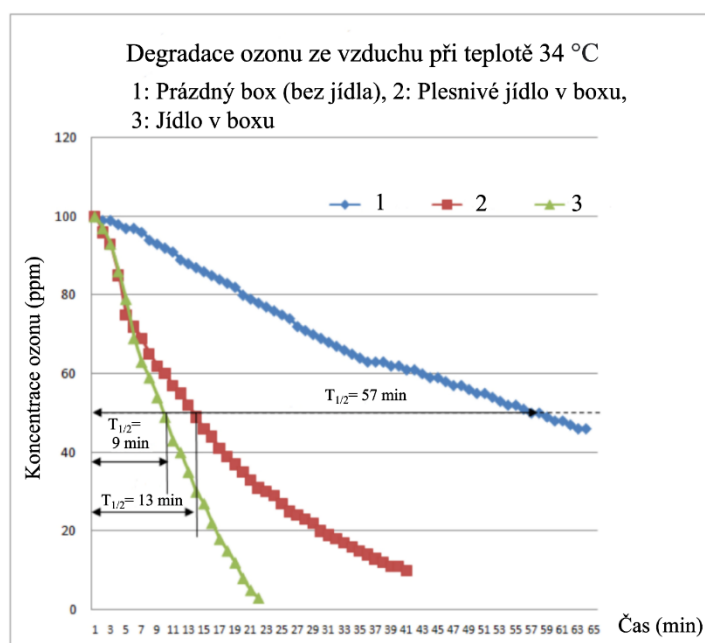
Technologie pulzního elektrického pole se skládá z ošetrovací komory, pulzního napájecího zdroje a řídicího a monitorovacího systému (viz Obr. 2). Zničení mikroorganismů je zajištěno aplikací krátkých vysokonapěťových pulzů (případně pulzů střední intenzity) o velikosti 15-80 kW/cm do produktu umístěného mezi elektrodami, kdy tyto pulzy naruší mikrobiální buněčné membrány (Devlieghere et al. 2004). Porušení membrány způsobí difúzi buněčného obsahu do okolí a následnou smrt buňky. Tento děj se nazývá ireverzibilní elektroporace. Opakem je elektroporace reverzibilní, kdy po odstranění vnějšího elektrického pole zůstává buňka naživu (Arshad et al. 2020). Dalšími odhadovanými mechanismy vedoucí k mikrobiální smrti jsou nerovnováha osmotického tlaku a elektromechanická komprese (Morales-de la Peña et al. 2019). Tento děj prodlužuje trvanlivost a zvyšuje bezpečnost potravin (Sridhar et al. 2021).

U každého typu potravin jsou vyžadovány jiné parametry základních faktorů, kterými jsou síla elektrického pole, šířka pulzu, frekvence, teplota, polarita a doba ošetření (Sridhar et al. 2021). Síla elektrického pole je zásadní faktor pro poškození buněk a usmrcení mikroorganismů. Se zvyšující silou pole se očekává vyšší účinnost proti mikroorganismům (Morales-de la Peña et al. 2019). Je potřeba během zpracování potravin kontrolovat procesní parametry, jelikož může dojít k ohmickému ohřevu (ohřev potravin průchodem střídavého elektrického proudu). Tento ohřev může nepříznivě ovlivnit kvalitu a vzhled potravinářských produktů (Niu et al. 2020).

Ve srovnání s konvenčními tepelnými metodami se uznává, že PEF může zachovat či zlepšit senzorycké i nutriční vlastnosti u potravin, především u mléka a ovocných či zeleninových šťáv (Niu et al. 2020), jelikož tato metoda vyžaduje nízkou teplotu (40 °C) a díky tomu je k potravinám šetrnější (Sridhar et al. 2021). Avšak v kombinaci s teplotami vyššími než 40 °C byla u PEF zjištěna významně vyšší letalita mikroorganismů. Každý mikroorganismus má jinou odolnost a u metody PEF je evidentní, že citlivější jsou větší buňky. V tomto případě jsou nejnáchylnější kvasinky. Například *Saccharomyces cerevisiae* neboli kvasinka pивní je postižena již při 2 kV/cm. Obecně u kvasinek stačí k inaktivaci vnější pole větší než 4 kV/cm. Naopak buňka *Listeria innocua* vyžaduje minimálně 15 kV/cm, k rozsáhlému mikrobiálnímu zneškodnění však více než 35 kV/cm. Další bakterie podstatné pro konzervaci potravin se svou citlivostí nachází mezi *Saccharomyces cerevisiae* a *Listeria innocua* (Toepfl et al. 2007).

### 4.5.3 Ozonizace

Konzervace potravin ozonem je jednou z alternativních metod. Ozon se již využívá k dezinfekci vody či povrchů v různých odvětvích průmyslu. Ukázalo se však, že dobře slouží i k inaktivaci mikroorganismů jak v čerstvých potravinách (ovoce se zeleninou, maso a vejce), tak i v suchých produktech, jako jsou například obiloviny. Pro potravinářský průmysl je tato technologie velmi atraktivní díky rychlému rozkladu (viz Obr. 3) a nízkému zbytkovému efektu (Pandiselvam et al. 2019). V roce 1997 získal ozon Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) v USA označení GRAS (Generally Recognized as Safe), což znamená, že je obecně uznávaný jako bezpečný pro použití v potravinářství (Nghì et al. 2019). Tento status potvrdily i evropské regulační orgány (Lone et al. 2019).



Obr. 3: Degradace ozonu ze vzduchu při teplotě 34 °C (Nghì et al. 2019).

Ozon ( $O_3$ ) je alotropní forma kyslíku a silné oxidační činidlo. Při pokojové teplotě se jedná o téměř bezbarvý či namodralý plyn s charakteristickým zápachem připomínající čerstvý vzduch po bouřce. Při teplotě  $-112\text{ °C}$  kondenzuje a získává tmavě modrou barvu (Pandiselvam et al. 2019). Výroba probíhá pomocí ozonových generátorů, které nasají vzduch a působením vysokonapěťových elektrických výbojů se kyslík převede na ozon (Lone et al. 2019).

Ozon je osvědčená technologie pro antimikrobiální, antivirovou, antiparazitní i antifungální léčbu. I při velmi nízkých koncentracích má silnou dezinfekční kapacitu a ničí různé typy mikroorganismů (Pandiselvam et al. 2019). Jde o nestabilní sloučeninu, která se samovolně rozkládá na molekulární kyslík a nezanechává po sobě toxické zbytky (Nghì et al. 2019). Rozklad ozonu je velmi rychlý a k ošetření potravin stačí krátká doba (Pandiselvam et al. 2019), což ho činí velmi významným dezinfekčním prostředkem, jelikož v potravinách po ošetření nezůstávají nebezpečné látky (Nghì et al. 2019). Díky tomu je vhodný pro ovoce či zeleninu s označením „biopotravina“ (Pandiselvam et al. 2019).

Dle typu potravin ji lze ošetřit ozonem několika způsoby – plynným ozonem, vodním roztokem či ozonovou mlhou. Plynná forma je například účinnější při redukci mykotoxinů,

zatímco vodní roztok omezuje růst hub (Afsah-Hejri et al. 2020). Mezi faktory ovlivňující účinnost patří doba expozice, koncentrace ozonu, typ potravin a mikrobiální populace a fyzikální faktory – pH, teplota a relativní vlhkost (Lone et al. 2019). Nutno podotknout, že ozon je schopen inhibovat bakterie i jejich spory (Nghí et al. 2019).

Ošetření potravin ozonem má několik výhod, v první řadě již výše zmíněné rychlé odbourání a nezanechávání nebezpečných látek na potravinách. Jako většina netermálních konzervačních metod i ošetření ozonem stačí menší spotřeba energie než při tepelné, mikrovlnné či radiační úpravě. V plynné fázi má výhodu díky schopnosti pronikat do všech koutů místnosti, čehož se využívá u skladování ovoce a zeleniny (Nghí et al. 2019). Také představuje velmi účinné antimikrobiální činidlo díky vysokému oxidačnímu potenciálu, který je 2,07 V (Sridhar et al. 2021). Při správném použití nebyly zaznamenány žádné vedlejší účinky, pouze při nadměrné aplikaci ozonu může být způsobena změna barvy či se vyskytnout nežádoucí zápach (Lone et al. 2019).

#### 4.5.4 Vysoký hydrostatický tlak

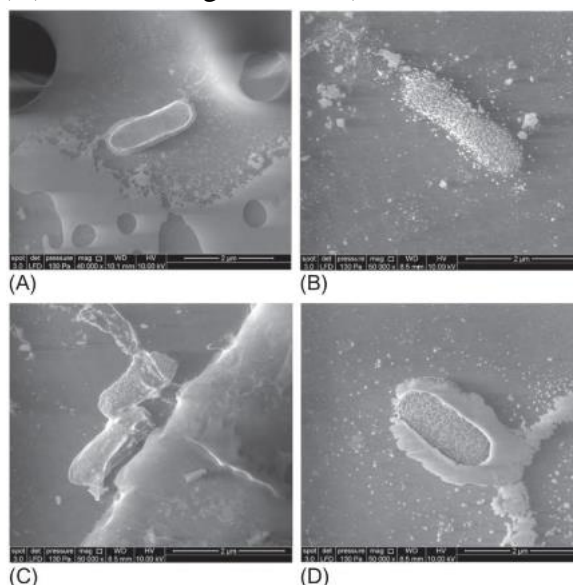
Využití vysokého hydrostatického tlaku (zkráceně HHP z anglického high hydrostatic pressure) v potravinářství není nová záležitost (San Martín et al. 2002). Jde o nejrozvinutější netermální metodu vedoucí k pasterizaci (Morales-de la Peña et al. 2019). Přestože se o této technologii sbírají data více než století, stále nejsou k dispozici všechny informace (Aganovic et al. 2021). Její hlavní výhodou je, že nemá vliv na sensorické a nutriční vlastnosti (nedochází k degradaci vitaminů) a čerstvou chuť produktu, přesto je prokázána schopnost inhibice mikroorganismů i enzymů, které mohou zkrátit životnost výrobku (San Martín et al. 2002). Další výhodou je nízká spotřeba energie a také fakt, že potraviny jsou ošetřovány již ve svých obalech, tudíž nemůže dojít k sekundární kontaminaci a kapalné médium se dá využívat opakovaně (Huang et al. 2020). Nevýhodou je však vysoká počáteční investice a nedostatečné informace ohledně této metody (Kambalimatha et al. 2022).

Potraviny ošetřované touto technikou jsou zabaleny do obalů vhodných pro vysoký tlak, vloženy do vzduchotěsné nádoby a vystaveny tlaku o velikosti 100-800 MPa, který je přenášen kapalným médiem, nejčastěji vodou. Tlak díky tomu působí rovnoměrně a dochází k pasterizačnímu účinku (Huang et al. 2020). Doba působení je několik minut, ale v některých studiích bylo zkoušeno i několik hodin (Aganovic et al. 2021). Během zvyšování tlaku probíhá adiabatický ohřev, kdy se s každými 100 MPa voda ohřívá o 3 °C (Morales-de la Peña et al. 2019). Počáteční teplota vody se proto pohybuje okolo 5-10 °C, tudíž výsledná teplota nepřesáhne 30 °C a na potravinu nepůsobí vysoká teplota (Huang et al. 2020). Z důvodu tohoto ohřevu je však nevhodné používat tuto metodu u suchých potravin (Morales-de la Peña et al. 2019). Nejvíce se tato metoda využívá u masa, ovocných a zeleninových výrobků či nápojů (Aganovic et al. 2021).



#### 4.5.5 Studená plazma

Ošetření potravin studenou plazmou je jedna z nejnovějších technologií konzervace potravin, která stále vyžaduje další výzkum. Jde o provozně nenákladnou netermální sterilizační metodu, která v potravinách nezanechává žádné (případně minimální) toxické zbytky. Studená plazma má antimikrobiální účinky a dokáže inhibovat i spory (Bermudez-Aguirre 2020). Mechanismus je založený na chemických změnách a degradaci proteinů, lipidů i DNA (Morales-de la Peña et al. 2019). Studená plazma může narušit buněčnou membránu a způsobit elektroporaci (viz Obr. 4) (Bermudez-Aguirre 2020).



Obr. 4: Elektroporace buňky Escherichia Coli: (A) buňka neošetřená studenou plazmou, (B-D) elektroporace buňky, (B) fúze buněk (Bermudez-Aguirre 2020).

Hlavními faktory ovlivňující účinnost této metody jsou elektrické pole, okolní prostředí, doba expozice a vlastnosti přiváděného plynu, například tlak, typ, průtok (Morales-de la Peña et al. 2019). Studená plazma je totiž vyráběna aplikací elektrického proudu do čistého plynu či plynné směsi. Mezi nejpoužívanější výboje se řadí korónový výboj, dielektrický bariérový výboj, obloukový výboj a mikrovlnný a radiofrekvenční výboj (Ganesan et al. 2021).

Aplikace studené plazmy probíhá umístěním potravin mezi elektrody, které následně spustí výboj. Daný výboj zapříčiní změny mikrobiálních buněk, které vedou i ke smrti mikroorganismů.

#### 4.5.6 Ultrazvuk

Technologie ultrazvuku představuje akustické vlny o frekvenci vyšší než 20 kHz, což přesahuje slyšitelnou hranici pro lidské ucho (Bhargava et al. 2021). Jde o netermální, ekologicky šetrnou a energeticky úspornou metodu konzervace potravin (Morales-de la Peña et al. 2019). Ultrazvuk se v potravinářství využívá nejen ke konzervaci, ale také například k analýze potravin, extrakci silic či jako pomocný prvek při jiných metodách zpracování (Chavan et al. 2022). Hlavní faktory ovlivňující účinnost jsou frekvence, intenzita výkonu a doba ošetření (Morales-de la Peña et al. 2019).

Systém vytvářející ultrazvukové vlny se skládá z generátoru, převodníku a aplikační části. Generátor nejdříve vyprodukuje mechanickou či elektrickou energii, která je následně pomocí převodníku přeměněna na ultrazvukové vlny (Chavan et al. 2022). Dle intenzity a frekvence ultrazvukových vln dělíme ultrazvuk v potravinářství na ultrazvuk s nízkou intenzitou a vysokou frekvencí (nízkoenergetické) a s vysokou intenzitou nízkou frekvencí (vysokoenergetické) (Bhargava et al. 2021). Frekvence nízkoenergetického ultrazvuku je vyšší než 100 KHz a využívá se především k analýze potravin (fyzikálně-chemické vlastnosti, složení, cukernatost a kyselost ovoce a zeleniny). Vysokoenergetický ultrazvuk využívá vlny o frekvenci 20-100 KHz a je schopen měnit vlastnosti a strukturu materiálu. Tento typ se využívá k inaktivaci enzymů, extrakci silic nebo při zlepšení potravinářských procesů (Chavan et al. 2022).

Ultrazvuk dokáže ničit mikroby a inaktivovat enzymy beze změn na kvalitě potravin, což ho činí velmi žádanou konzervační metodou (Chavan et al. 2022). Potenciál k inaktivaci patogenů byl prokázán v mléce a mléčných výrobcích a v ovocných šťávách. Základním mechanismem je kavitace, což je děj, kdy v kapalině díky poklesu tlaku vznikají dutinky a poté následuje jejich imploze (Morales-de la Peña et al. 2019). Také dokáže vyvolávat změny tlaku v plynném prostředí či pohyb kapaliny v pevném produktu (Chavan et al. 2022).

Při samotném použití této metody není možné dosáhnout redukce ani 5 log KTJ (kolonie tvořící jednotky), proto se ultrazvukové ošetření kombinuje s teplotou, tlakem či obojím (Morales-de la Peña et al. 2019).

#### 4.5.7 Ozařování

Ozařování je jeden z nejdiskutovanějších a nejobávanějších způsobů ošetření potravin, přestože se první patenty ohledně ozařování potravin objevily již v roce 1905. Mezi prvními evropskými zeměmi, které vítaly průmyslové ozařování potravin byla Francie a Nizozemsko (Diehl 2002). Postupem času se rozšiřoval seznam zemí, které ošetřování ozařováním povolují, mezi které v dnešní době patří i Česká republika.

Ozařování je netermální, nechemická metoda, která je energeticky výhodná. Potravinu jsou během ozařování vystavovány ionizujícímu (rentgenové záření, záření  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ ) i neionizujícímu (infračervené, UV záření, mikrovlny) záření, což vede k jejich sterilaci a konzervaci. Tato metoda nevede ke ztrátám nutričních hodnot (Bisht et al. 2021) a nemění chuť ani čerstvý vzhled potravin (viz Obr. 5) (Ashraf et al. 2019).

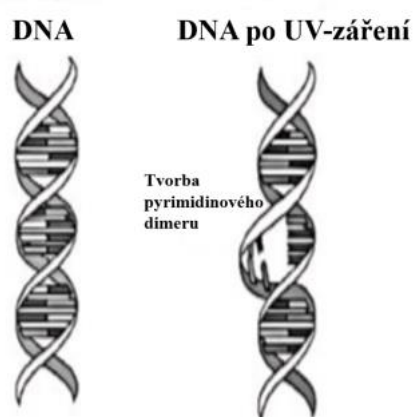
Ozařovat potraviny lze i po zabalení, tím se snižuje riziko kontaminace (Ashraf et al. 2019). Z důvodu dohlédnutí na bezpečnost metody jsou ozařované potraviny přísně kontrolovány a dávky ozařování regulovány legislativně. Ošetřené potraviny jsou bezpečné a nejsou radioaktivní. Vyhláška č. 133/2004 Sb. (Ministerstvo zdravotnictví ČR 2004) udává, že nejvyšší povolená dávka záření nepřesahuje 10 kGy. Tato maximální dávka se využívá

při ozařování sušených a mražených bylin a koření. Například brambory a čerstvé ovoce a zelenina mohou být ošetřeny nejvyšší dávkou představující 0,2 kGy.



Obr. 5: Porovnání ozářených a neozářených jahod po skladování po dobu 15 dnů při teplotě 4 °C (International Atomic Energy Agency 2019).

Ze skupiny neionizujících záření se pro ošetření potravin používá ultrafialové (UV) záření (100-400 nm vlnové délky). UV záření se dělí dle vlnové délky na UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm), UV-C (200-280 nm) a UV-V (100-200 nm). V potravinářství je využíváno UV-C záření, které je schopno inhibovat mikroorganismy. Antimikrobiální účinky tohoto záření jsou nejsilnější při vlnové délce 265 nm. Mechanismem zneškodnění mikrobů je narušení buněčných membrán a následné zničení genetické informace pomocí pyrimidinového dimeru (viz Obr. 6), což vede k tomu, že mikroby se dále nemohou množit a buňky odumírají (Bisht et al. 2021).



Obr. 6: Porovnání struktury DNA před a po aplikaci UV-záření (Bisht et al. 2021).

Ionizující záření, do kterého spadá využívané gama (méně než 0,01 nm) a rentgenové (0,01 – 10 nm) záření, může poškozovat mikroorganismy přímo či nepřímo. Během přímého poškození dochází k narušení DNA samotným zářením, kdy toto narušení může vést ke smrti buňky. V případě nepřímého poškození zasahuje záření molekuly vody a další organické

molekuly v buňce a vznikají volné radikály (hydroxylové a alkoxylové), které jsou velmi reaktivní a následně tyto radikály reagují s molekulami DNA, kterým poškodí jejich strukturu. Vzhledem k tomu, že buňka je tvořena téměř ze 70 % vodou, dochází častěji k poškození nepřímému (Ashraf et al. 2019). Výhodou ionizujícího záření je, že dokáže proniknout hluboko do potraviny, a tudíž ošetřuje celý obsah a nejen povrch (Bisht et al. 2021).

## 5 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zpracovat literární rešerši a shrnout dostupné informace o metodách konzervování potravin od tradičních po alternativní a vybrané z nich podrobněji popsat a zhodnotit jejich výhody a rizika.

Konzervační metody představují procesy, které prodlužují trvanlivost potravin a tím i jejich bezpečnost. Všechny tyto metody mají své výhody i nevýhody. Samotné metody jsou prostudované a bezpečné, zásadní riziko představuje případné selhání lidského faktoru či strojů.

Tradiční metody konzervace, jako je snižování vodní aktivity, konzervace teplotou a fermentace jsou pro své účinky léta využívány. U metod založených na snížení vodní aktivity a na změně teploty je nevýhodou především nežádoucí změna struktury a nutričních hodnot. Lidé jsou však na sensorické vlastnosti těchto produktů zvyklí, naopak by pravděpodobně požadovali zachování tradiční chuti, které nelze dosáhnout alternativními metodami. I přes nejistotu spotřebitelů je chemická konzervace jednou z nejbezpečnějších a nejspolehlivějších metod. Tato konzervace představuje riziko pro citlivější jedince, kterým mohou aditivní látky způsobovat kopřivku, bolesti břicha, nevolnost, průjem či astmatické záchvaty. Také vzhledem k trendu upřednostňovat přírodní látky před chemickými a k odporu velké části společnosti k aditivním látkám (takzvaným „éčkům“) lze očekávat, že v případě uvedení vhodných alternativ (např. silic) do provozu bude chemická konzervace do budoucna upadat. Naopak fermentace poslední dobou získává v Evropě na popularitě, především produkty jako kombucha nebo kimči. Jelikož tradiční metody jsou osvědčené a účinné, výrobci potravin od těchto technologií pravděpodobně nebudou ustupovat, dokud budou finančně výhodné.

Mezi alternativní metody konzervace potravin můžeme zařadit konzervaci silicemi, aplikaci pulzního elektrického pole, ozonizaci, působení vysokého hydrostatického tlaku, studené plazmy či ultrazvuku a ozařování. Tyto metody nabízejí účinné prodloužení trvanlivosti potravin a eliminace mikroorganismů a zároveň zachování nutriční hodnoty ošetřovaných potravin a celkové zajištění jejich bezpečnosti. Nicméně mají i své nevýhody a rizika. Některé alternativní metody jsou tak šetrné k potravinám, že je třeba je kombinovat s metodami konvenčními, například s teplotními, aby se dosáhlo dostatečné inhibice mikroorganismů. Další značnou nevýhodou je vysoká počáteční investice. Jistým rizikem může být u některých metod nedostatek studií pro uvedení do provozu. V případě ozařování by mohla být větší dávka záření, než je nejvyšší povolená dávka, velmi nebezpečná pro zdraví spotřebitele. U ozařování je velkým problémem i negativní postoj společnosti, přestože jde o velmi účinnou metodu.

Je důležité pokračovat ve studiu a ověřování účinnosti alternativních metod a sledovat případná rizika, z důvodu zaručení maximální bezpečnosti potravin.

## 6 Literatura

- Adeyeye SAO, Ashaolu TJ, Babu AS. 2022. Food Drying: A Review. Available from [https://www.researchgate.net/publication/362349036\\_Food\\_Drying\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/362349036_Food_Drying_A_Review) (accessed April 2023)
- Afsah-Hejri L, Hajeb P, Ehsani RJ. 2020. Application of ozone for degradation of mycotoxins in food: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **19**:1777–1808.
- Aganovic K et al. 2021. Aspects of high hydrostatic pressure food processing: Perspectives on technology and food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **20**:3225–3266.
- Amit SK, Uddin MdM, Rahman R, Islam SMR, Khan MS. 2017. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture & Food Security* **6**:51.
- Arshad RN, Abdul-Malek Z, Munir A, Buntat Z, Ahmad MH, Jusoh YMM, Bekhit AE-D, Roobab U, Manzoor MF, Aadil RM. 2020. Electrical systems for pulsed electric field applications in the food industry: An engineering perspective. *Trends in Food Science & Technology* **104**:1–13.
- Ashraf S et al. 2019. Food irradiation: A review. *International Journal of Chemical Studeis* **7**:131–136.
- Augustin MA, Hartley CJ, Maloney G, Tyndall S. 2023. Innovation in precision fermentation for food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*:1–21.
- Badora A, Bawolska K, Kozłowska-Strawska J, Domańska J. 2019. Food additives in food products: A case study. *Nutrition in health and disease-our challenges now and forthcoming time*. IntechOpen.
- Banerjee R, Maheswarappa NB. 2019. Superchilling of muscle foods: Potential alternative for chilling and freezing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **59**:1256–1263.
- Bermudez-Aguirre D. 2020. Advances in the inactivation of microorganisms and viruses in food and model systems using cold plasma. Pages 49–91 *Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation*. Elsevier.
- Bhargava N, Mor RS, Kumar K, Sharanagat VS. 2021. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry* **70**:105293.
- Bisht B, Bhatnagar P, Gururani P, Kumar V, Tomar MS, Sinhmar R, Rathi N, Kumar S. 2021. Food irradiation: Effect of ionizing and non-ionizing radiations on preservation of fruits and vegetables– a review. *Trends in Food Science & Technology* **114**:372–385.
- Chavan P, Sharma P, Sharma SR, Mittal TC, Jaiswal AK. 2022. Application of High-Intensity Ultrasound to Improve Food Processing Efficiency: A Review. *Foods* **11**:122.

- de Jesus JHF, Szilágyi IM, Regdon G, Cavalleiro ETG. 2021. Thermal behavior of food preservative sorbic acid and its derivatives. *Food Chemistry* **337**:127770.
- Devlieghere F, Vermeiren L, Debevere J. 2004. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal* **14**:273–285.
- Diehl JF. 2002. Food irradiation—past, present and future. *Radiation Physics and Chemistry* **63**:211–215.
- Erkmen O, Bozoglu TF. 2016. Food Preservation by Reducing Water Activity. Pages 44–58 *Food Microbiology: Principles into Practice*. Wiley.
- Evropská komise. 2006. Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006. Brusel.
- Evropská komise. 2012. Nařízení Komise (EU) č. 231/2012. Brusel.
- Fellows PJ. 2017. Smoking. Pages 717–732 *Food Processing Technology*. Elsevier.
- FER potravina. 2017. E 249 - Dusitan draselný. Available from <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E249> (accessed April 2023).
- FER potravina. 2020. E 210 - Kyselina Benzoová. Available from <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E210> (accessed April 2023).
- Ganesan AR, Tiwari U, Ezhilarasi PN, Rajauria G. 2021. Application of cold plasma on food matrices: A review on current and future prospects. *Journal of Food Processing and Preservation* **45**.
- Gavahian M, Chu Y-H, Lorenzo JM, Mousavi Khaneghah A, Barba FJ. 2020. Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **60**:310–321.
- George RM. 1993. Freezing processes used in the food industry. *Trends in Food Science & Technology* **4**:134–138.
- Huang H-W, Hsu C-P, Wang C-Y. 2020. Healthy expectations of high hydrostatic pressure treatment in food processing industry. *Journal of Food and Drug Analysis* **28**:1–13.
- Informační centrum bezpečnosti potravin. 2009. Aktivita vody. Available from <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/aktivita-vody/> (accessed April 2023).
- Informační centrum bezpečnosti potravin. 2009. Fermentace. Available from <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/fermentace/> (accessed April 2023).
- International Atomic Energy Agency. 2019. Food irradiation - strawberries. Available from <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTM8sxry1gGGJI9BneTEaTpKsOPIcibzsAhcHcw7dgLc9tsiLupaXSeOo91yWnI9Ia8qkc&usqp=CAU> (accessed April 2023).

- Jayasena DD, Jo C. 2013. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science & Technology* **34**:96–108.
- Kambalimatha V, Anushree RK. 2022. A comprehensive information on food storage and preservation. Available from [https://www.researchgate.net/publication/366587972\\_Book\\_Chapter-A\\_COMPREHENSIVE\\_INFORMATION\\_ON\\_FOOD\\_STORAGE\\_AND\\_PRESERVATION](https://www.researchgate.net/publication/366587972_Book_Chapter-A_COMPREHENSIVE_INFORMATION_ON_FOOD_STORAGE_AND_PRESERVATION) (accessed April 2023)
- Kyzlink V. 1988. Teoretické základy konzervace potravin. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha.
- Lékaři bez hranic. 2020. Cholera. Available from <https://www.lekari-bez-hranic.cz/cholera> (accessed April 2023).
- Li X, Farid M. 2016. A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies. *Journal of Food Engineering* **182**:33–45.
- Lone SA, Raghunathan S, Davoodbasha M, Srinivasan H, Lee S-Y. 2019. An investigation on the sterilization of berry fruit using ozone: An option to preservation and long-term storage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* **20**:101212.
- Marrez D, Shaker A, Ali M, Fathy H. 2022. Food Preservation: Comprehensive overview of techniques, applications and hazards. *Egyptian Journal of Chemistry* **65**:347–363.
- Martínez-Graciá C, González-Bermúdez CA, Cabellero-Valcárcel AM, Santaella-Pascual M, Frontela-Saseta C. 2015. Use of herbs and spices for food preservation: advantages and limitations. *Current Opinion in Food Science* **6**:38–43.
- Merck. 2023. Kyselina benzoová. Available from [https://www.merckmillipore.com/CZ/cs/product/Benzoic-acid,MDA\\_CHEM-822257?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.merckmillipore.com/CZ/cs/product/Benzoic-acid,MDA_CHEM-822257?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F) (accessed April 2023).
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. 2004. Vyhláška č. 133/2004 Sb. o podmínkách ozařování potravin a surovin, o nejvyšší přípustné dávce záření a o způsobu označení ozářených obalů. Praha.
- Ministerstvo zemědělství ČR. 2005. Vyhláška č. 366/2005 Sb. o požadavcích vztahujících se na některé zmrazené potraviny. Praha.
- Morales-de la Peña M, Welti-Chanes J, Martín-Belloso O. 2019. Novel technologies to improve food safety and quality. *Current Opinion in Food Science* **30**:1–7.
- Nghi NH, Cuong LC, Dieu TV, Oanh DTY. 2019. Air disinfection and food preservation by ozone gas. *Vietnam Journal of Chemistry* **57**:70–74.
- Nida S, Moses JA, Anandharamakrishnan C. 2021. Isochoric Freezing and Its Emerging Applications in Food Preservation. *Food Engineering Reviews* **13**:812–821.



- Niu D, Zeng X-A, Ren E-F, Xu F-Y, Li J, Wang M-S, Wang R. 2020. Review of the application of pulsed electric fields (PEF) technology for food processing in China. *Food Research International* **137**:109715.
- Nowak D, Jakubczyk E. 2020. The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods* **9**:1488.
- Pandiselvam R, Subhashini S, Banuu Priya EP, Kothakota A, Ramesh SV, Shahir S. 2019. Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety. *Ozone: Science & Engineering* **41**:17–34.
- Peng J, Tang J, Barrett DM, Sablani SS, Anderson N, Powers JR. 2017. Thermal pasteurization of ready-to-eat foods and vegetables: Critical factors for process design and effects on quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **57**:2970–2995.
- Rout S, Tambe S, Deshmukh RK, Mali S, Cruz J, Srivastav PP, Amin PD, Gaikwad KK, Andrade EH de A, Oliveira MS de. 2022. Recent trends in the application of essential oils: The next generation of food preservation and food packaging. *Trends in Food Science & Technology* **129**:421–439.
- San Martín MF, Barbosa-Cánovas G V., Swanson BG. 2002. Food Processing by High Hydrostatic Pressure. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **42**:627–645.
- Sridhar A, Ponnuchamy M, Kumar PS, Kapoor A. 2021. Food preservation techniques and nanotechnology for increased shelf life of fruits, vegetables, beverages and spices: a review. *Environmental Chemistry Letters* **19**:1715–1735.
- Státní zemědělská a potravinová inspekce. 2020. Přídavné látky (aditiva). Available from <https://www.szpi.gov.cz/clanek/pridatne-latky-aditiva.aspx> (accessed April 2023).
- Teixeira AZA. 2018. Sodium content and food additives in major brands of Brazilian children's foods. *Ciência & Saúde Coletiva* **23**:4065–4075.
- Tfouni SAV, Toledo MCF. 2002. Determination of benzoic and sorbic acids in Brazilian food. *Food Control* **13**:117–123.
- Toepfl S, Heinz V, Knorr D. 2007. High intensity pulsed electric fields applied for food preservation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* **46**:537–546.
- Tongnuanchan P, Benjakul S. 2014. Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science* **79**:R1231–R1249.
- Vaněk R. 2015. *Jídlo s.r.o. Prakul Production, Praha.*
- Velíšek J. 2002. *Chemie potravin 3. OSSIS, Tábor.*
- Velíšek J. 2002. *Chemie potravin 2. OSSIS, Tábor.*
- Vrbová T. 2001. *Víme, co jíme? aneb Průvodce “Éčky” v potravinách. EcoHouse, Praha.*

Wang J, Zhao F, Huang J, Li Q, Yang Q, Ju J. 2023. Application of essential oils as slow-release antimicrobial agents in food preservation: Preparation strategies, release mechanisms and application cases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*:1–26.