

Mikrobiologická analýza dehydratovaných a sterilovaných pokrmů

Bc. Jarmila Šuláková

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Jarmila Šuláková
Osobní číslo: T20825
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Mikrobiologická analýza dehydratovaných a sterilovaných pokrmů

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Dehydratované a sterilované pokrmy textendash příprava, složení, vlastnosti, využití Mikroorganizmy v dehydratovaných a sterilovaných potravinách Možnosti detekce mikroorganizmů v dehydratovaných a sterilovaných potravinách

II. Praktická část

Stanovení přítomnosti mikroorganizmů ve vybraných dehydratovaných a sterilovaných pokrmech Vyhodnocení výsledků a formulace závěrů práce

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] Chitrakar, B., Zhang, M., Adhikari, B. Dehydrated foods: Are they microbiologically safe? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59: 2734-2745. 2019
- [2] Wu, D., Forghani, F., et al. Microbial responses to non-thermal physical technologies. *Trends in Food Science and Technology*, 95: 107-117. 2020
- [3] Soni, A., Smith, J., Thompson, A., Brightwell, G. Microwave-induced thermal sterilization – A review on history, technical progress, advantages and challenges as compared to the conventional methods. *Trends in Food Science and Technology*, 97: 433-442. 2020
- [4] ICMSF textendash International Commission on Microbiological Specification for Foods. *Microorganisms in foods 6*. 2nd ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. 2005
- [5] Elektronické zdroje dostupné z knihovny UTB ve Zlíně

Vedoucí diplomové práce: **prof. RNDr. Leona Buňková, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo stanovení množství indikátorových mikroorganismů ve vybraných vzorcích sušeného a lyofilizovaného ovoce a ve vzorcích potravin upravených sterilací nebo lyofilizací a lyofilizací se sterilací a stanovení kvality těchto vzorků potravin z mikrobiologického hlediska. U všech vzorků byla následně provedena termostátová zkouška a mikrobiologická analýza. Všechny vzorky byly dále skladovány po dobu dvou měsíců při různých teplotách. Vzorky byly opět podrobeny mikrobiologické analýze na přítomnost indikátorových mikroorganismů. Mikrobiologická analýza potvrdila předpoklad, že při dodržení zásad hygienické praxe jsou tyto potraviny z mikrobiologického hlediska bezpečné.

Klíčová slova:

Mikroorganismus, sterilované potraviny, dehydratované potraviny, indikátorové mikroorganismy, sušení, lyofilizace, sterilace, obaly

ABSTRACT

The aim of this work was to determine the amount of indicator microorganisms in selected samples of dried and lyophilized fruit and in food samples treated by sterilization or lyophilisation and lyophilisation with sterilization and to determine the quality of these food samples from a microbiological point of view. All samples were then subjected to a thermostatic test and microbiological analysis. All samples were further stored for two months at different temperatures. The samples were again subjected to microbiological analysis for the presence of indicator microorganisms. Microbiological analysis confirmed the assumption that these foods are safe if the principles of hygienic practice are followed.

Keywords:

Microorganism, sterilized foods, dehydrated foods, indicator microorganisms, drying, lyophilization, sterilization, packaging

MOTO:

Nikdy nejsi dost starý na to, aby sis stanovil nový cíl nebo snil nový sen.

C. S. Lewis

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své práce prof. RNDr. Leoně Buňkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a náměty, poskytnuté zdroje informací a také připomínky, ochotu a vstřícnost při vypracování mé diplomové práce. Dále děkuji svým kolegům a rodině za pomoc, podporu a trpělivost během mého studia.

OBSAH

ÚVOD.....	8
TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 KONZERVACE POTRAVIN.....	11
1.1 HEMIBIÓZA.....	12
1.2 ANABIÓZA.....	12
1.3 ABIÓZA	12
1.4 PŘEKÁŽKOVÁ TEORIE	12
1.5 OBALY	14
1.6 STANOVENÍ STABILITY A TRVANLIVOSTI POTRAVIN	17
2 STERILOVANÉ POKRMY.....	20
2.1 PŘÍPRAVA STERILOVANÝCH POKRMŮ	22
2.2 VLASTNOSTI STERILOVANÝCH POKRMŮ	27
2.3 VYUŽITÍ STERILOVANÝCH POTRAVIN	29
3 DEHYDRATOVANÉ POKRMY	30
3.1 DEHYDRATACE SUŠENÍM.....	33
3.1.1 Sušení vzduchem.....	33
3.1.1.1 Výroba sušených potravin	33
3.1.1.2 Vlastnosti sušeného ovoce.....	35
3.1.2 Sublimační sušení.....	36
3.1.2.1 Výroba lyofilizovaných potravin	36
3.1.2.2 Vlastnosti lyofilizovaných potravin.....	36
3.1.3 Využití dehydratovaných potravin.....	37
4 MIKROORGANISMY VE STERILOVANÝCH DEHYDRATOVANÝCH POTRAVINÁCH.....	40
4.1 STERILOVANÉ POTRAVINY.....	40
4.2 DEHYDRATOVANÉ POTRAVINY	41
4.3 INDIKÁTOROVÉ MIKROORGANISMY	45
5 MOŽNOSTI DETEKCE MIKROORGANISMŮ V DEHYDROVANÝCH A STERILOVANÝCH POTRAVINÁCH.....	47
PRAKTICKÁ ČÁST	52
6 CÍL PRÁCE	53
7 STANOVENÍ PŘÍTOMNOSTI MIKROORGANISMŮ VE VYBRANÝCH DEHYDROVANÝCH A STERILOVANÝCH POKRMECH.....	54
7.1 POUŽITÉ VZORKY POTRAVIN	54
7.1.1 Ovoce	54
7.1.2 Pokrmy	57

7.2	DRUHY ZJIŠŤOVANÝCH MIKROORGANISMŮ	65
7.3	KULTIVAČNÍ PŮDY	66
7.4	METODIKA STANOVENÍ	68
7.4.1	Použité pomůcky a zařízení	69
7.4.2	Přístrojové vybavení.....	69
7.4.3	Příprava kultivačních půd	69
7.4.4	Příprava vzorků, očkování, kultivace.....	69
7.4.5	Termostatová zkouška.....	71
7.4.6	Skladování vzorků.....	71
8	VÝSLEDKY	72
8.1	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA SUŠENÉHO A LYOFILIZOVANÉHO OVOCE	72
8.2	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA POKRMŮ	77
9	DISKUZE	87
9.1	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	87
9.2	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA SUŠENÉHO A LYOFILIZOVANÉHO OVOCE	88
9.3	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA POKRMŮ	93
9.4	SHRNUTÍ.....	98
	ZÁVĚR	100
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	101
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	108
	SEZNAM OBRÁZKŮ	110
	SEZNAM PŘÍLOH.....	113

ÚVOD

Snaha o co nejdelší udržitelnost potravin provázela lidstvo již od nepaměti. V první etapě vývoje lidské společnosti bylo zabezpečení potravy hlavní činností pro zachování rodu. Potřeba uchovávat potraviny a prodlužovat jejich udržitelnost přišla již s první dělbou práce. K úplně nejstarším druhům konzervace potravin patřilo sušení ovoce, masa či ryb na slunci a uzení masa. Do historie konzervačních metod se zapsal v roce 1679 francouzský matematik, fyzik a vynálezce Denis Papin, který vyvinul tlakový hrnec pro rychlejší a levnější vaření potravin. Pařížský kuchař Nikolas Appert začal na přelomu 18. a 19. století jako první uchovávat potraviny na základě kombinace jejich uskladnění v hermeticky uzavřené nádobě a tepelné sterilace. Za zakladatele vědeckých konzervačních metod je považován Louis Pasteur, který odhalil skutečné příčiny kažení potravin. Prokázal, že kvašení je životní projev mikroorganismů a vypracoval metodu tepelné sterilace – tzv. pasteraci. Největší rozvoj konzervačních technologií nastal v době válek, kdy se trvanlivé potraviny staly nutností pro zásobování vojáků. V současné době vzrůstá poptávka spotřebitelů po zdravých, výživných a plnohodnotných potravinách, což zvyšuje tlak na výrobce, aby inovovali a dále rozvíjeli technologie zpracování potravin s cílem vytvořit bezpečné potraviny s vysokou výživnou a senzoricou kvalitou. Konzervářství se tedy řadí mezi důležité a zároveň technologicky složité odvětví potravinářského průmyslu. Cílem konzervářského průmyslu je zajistit pro spotřebitele takové výrobky, které uchovávají biologické, chemické a fyzikální vlastnosti konzervovaných surovin a prodlouží trvanlivost potravin nad dobu jejich běžné trvanlivosti. Inovativní technologie v potravinářském průmyslu mohou prodloužit nejen trvanlivost potravin a minimalizovat riziko, ale jsou šetrné i k životnímu prostředí, mohou zlepšit funkčnost, senzoricke a nutriční vlastnosti potravinářských výrobků. V současné době čelí potravinářský průmysl výzvě produkovat chutné potraviny, které jsou v souladu s životním stylem populace a splňují požadavky spotřebitelů nejen v oblasti zdravotní nezávadnosti ale i dlouhé údržnosti a rychlé přípravy. Roste poptávka spotřebitelů po potravinách bez konzervačních látek a snaha zachovat přirozené organoleptické vlastnosti potravin. Důležitosti nabývá i hledisko minimalizace a nízké hmotnosti potravin při zachování vysoké výživové hodnoty. Předností dehydratovaných potravin je jejich nízká hmotnost a objem, předností sterilovaných pokrmů zase jejich jednoduchá a rychlá příprava. Tyto výrobky jsou proto vyvíjeny především pro potřeby cestovatelů, expedic, závodníků i vojáků. Díky rychlé přípravě a dlouhé trvanlivosti se tyto potraviny staly významnými pomocníky v téměř každé

domácnosti. Práce je zaměřena na mikrobiologickou bezpečnost dehydratovaných a sterilovaných výrobků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KONZERVACE POTRAVIN

Pod pojmem konzervace potravin se rozumí každý úmyslný zákrok, který prodlouží přirozenou údržnost potravin déle, než je její přirozená skladovatelnost (Drdák, 1996).

V současné době se vyvíjí řada nových konzervačních metod ve snaze uspokojit požadavky na ekonomické uchovávání potravin a spokojenost spotřebitelů v oblasti výživy a sensoriky, nepřítomnosti konzervačních látek, nízké spotřeby energie a ekologické bezpečnosti. Inovační technologie o oblasti bezpečnosti potravin vyvíjené v potravinářském průmyslu mohou nejen prodloužit trvanlivost a zvýšit bezpečnost, ale jsou šetrné k životnímu prostředí, mohou zlepšit funkčnost potraviny a sensorické a nutriční vlastnosti (Rahman, 2007).

Potraviny a potravinářské suroviny jsou většinou neúdržné materiály, které podléhají nežádoucím změnám, jejichž rychlost je závislá na charakteru a vlastnostech produktu, polotovaru nebo suroviny. Nejvýznamnějšími změnami, ke kterým v potravinách během zpracování a skladování dochází, jsou z hlediska důsledků změny mikrobiologické. Při těchto změnách dochází k potenciálnímu ohrožení zdraví konzumenta, snížení nutriční a sensorické hodnoty potraviny a jejímu znehodnocení. Potraviny jsou vhodným substrátem pro mikroorganismy nebo jejich zárodky, proto je součástí každého technologického zpracování vždy konzervační zákrok (Kadlec, 2009).

Všechny konzervační postupy je podle principu možné zařadit do jedné ze tří skupin konzervačních metod:

- Hemibióza - vylučování mikroorganismů z prostředí
- Anabióza – zvyšování odolnosti potraviny
- Abióza – usmrcování mikroorganismů (Drdák, 1996)

Jednotlivé postupy se mohou v různých potravinářských produktech prolínat, zejména mezi anabiózou a abiózou nemusí být zřetelná hranice. Po vytvoření nevyhovujících podmínek mikroorganismy přestávají růst a po určitém čase hynou. Orientace v jednotlivých principech je důležitá pro stanovení podmínek zacházení se surovinou, polotovarem nebo produktem, významná je především předpověď možných nežádoucích změn (Kadlec, 2009)

1.1 Hemibióza

Princip hemibiózy se uplatňuje především při skladování čerstvého ovoce a zeleniny v normální a regulované atmosféře (Drdák, 1996). Do této skupiny lze zařadit obecné postupy dodržování hygieny a také všechny přípravné manipulační procesy se surovinami, jako je např. mytí, praní, odprašení apod. a procesy ultrafiltrace a baktofugace (Kadlec, 2009).

1.2 Anabióza

Princip anabiózy zahrnuje postupy, při kterých dochází k prodlužování lag fáze růstu mikroorganismů (Kadlec, 2009). K nepřímé inaktivaci mikroorganismů se využívají postupy fyzikální konzervace, resp. fyzikálně-chemické úpravy prostředí (Drdák, 1996).

- a) Konzervace sníženou teplotou (psychroanabióza, kryoanabióza)
- b) Konzervace snížením aktivity vody (osmoanabióza)
- c) Konzervace pomocí konzervačních látek (chemoanabióza)
- d) Konzervace biologickými metodami (cenoanabióza) (Kadlec, 2009)

1.3 Abióza

Konzervační metody založené na principu abiózy vedou po ošetření potraviny k usmrcení (optimálně většiny) mikroorganismů přítomných v potravine. Pro přímou inaktivaci mikroorganismů (sterilaci) se využívají zejména fyzikální zákroky.

- a) Konzervace záhřevem
- b) Konzervace zářením
- c) Konzervace dalšími fyzikálními metodami (ultrazvuk, vysoký hydrostatický tlak, intenzivní pulzní elektrické pole)

Mikroorganismy v potravine nebo prostředí lze usmrtit také chemickými látkami. Jedná se zejména o dezinfekční látky (Kadlec, 2009)

1.4 Překážková teorie

Mikrobiální stabilita a bezpečnost tradičních i nových potravin je založena na kombinaci několika konzervačních faktorů, které mikroorganismy přítomné v potravine nejsou schopny překonat. Teorii překážek představil poprvé prof. Leistner z Kulmbachu, který přišel na to,

že pro mikrobiální stabilitu je významná kombinace dobře známých faktorů, které ovlivňují růst mikroorganismů (Rahman, 2007).

Mohou to být kombinace těchto faktorů:

- Vysoké teploty - ohřev
- Nízké teploty – chlazení, mrazení
- Aktivita vody (a_w) – sušení, solení, cukrování, vymrazování
- Kyselost (pH) – okyselení
- Redoxní potenciál (Eh) – odstranění kyslíku
- Ušlechtilá mikroflóra – jogurtové zálivky

Kromě těchto nejdůležitějších překážek existuje ještě mnoho dalších, které souvisí např. s novými netepelnými konzervačními metodami (vysoký hydrostatický tlak, oscilační magnetické pole a světelné impulzy). Pro potraviny bylo zkoumáno minimálně 100 překážek, jejichž vhodnou vzájemnou kombinací lze dosáhnout synergického účinku na stabilitu mikroorganismů. Mikroorganismy v potravinách vyrobených překážkovou technologií ve snaze udržet stabilitu vnitřního prostředí spotřebují veškerou svoji energii a metabolicky se vyčerpají, což může vést až k procesu autosterilizace, to znamená, že se potravina stává během procesu skladování ještě bezpečnější (Rahman, 2007).

Aby byla překážková teorie úspěšná, musí brát v úvahu počáteční stav potraviny, její vlastnosti a typy mikroorganismů, které se pravděpodobně v potravine vyskytují. Vybrané překážky pak musí být „dostatečně vysoké“, aby nedošlo k překonání žádné překážky (Fellows, 2000).

V průmyslových zemích se využívá překážková technologie (Hurdle Technology) k výrobě mikrobiálně stabilních bezpečných potravin s minimálním stupněm opracování a vysokou senzoricou hodnotou. Výroba potravin pomocí překážkové technologie je také energeticky méně náročná. V rozvojových zemích má naopak prvořadý význam výroba stabilních potravin skladovatelných bez chlazení, které lze vyrábět efektivně právě metodou překážkové technologie (Rahman, 2007).

1.5 Obaly

S rozvojem konzervárenství, procesů sterilace, rozšířením sortimentu trvanlivých výrobků, prodlužující se trvanlivostí a aseptickým zpracováním potravin se rozvíjí i průmysl vyrábějící obaly na potraviny (Han, 2005).

Při balení potravin se využívá celá řada obalových materiálů, které lze podle složení zařadit do těchto základních skupin: dřevo, papír a lepenky, tkaniny, kovy, sklo, plasty a požitelné látky. Pro konstrukci moderních obalů je charakteristická kombinace obalových materiálů (Kadlec, 2003).

Významnou skupinu obalových materiálů představují kovy. V praxi se pro výrobu potravinářských obalů používají ocel, hliník a cín. Výhody kovů jako obalového materiálu jsou pevnost a dokonalé bariérové vlastnosti. Výhodou hliníku oproti jiným kovům je jeho lehkost a měkkost, nevýhodou menší mechanická pevnost. V obalové technice se hliník využívá ve formě fólií, konzervovaných i nápojových dvoudílných plechovek nebo tub. Proti korozi bývají hliníkové obaly chráněny lakováním, popř. v kombinaci s eloxováním (Kadlec, 2002).

Nejrychleji se rozvíjející skupinou obalových materiálů představují obaly na bázi polymerů. Škála polymerních obalových materiálů využívaných při balení potravin je velmi rozsáhlá a zahrnuje materiály, které se co do užitných vlastností diametrálně liší. Některé vlastnosti těchto látek jsou však pro ně charakteristické, odlišují je od ostatních obalových materiálů a jsou základem aplikace polymerních materiálů při konstrukci obalů potravin, ať již jako konstrukčních materiálů nebo funkčních povlaků (např. laky na kovových obalech). Jestliže jsou nároky na ochrannou roli obalů větší, je nutné vlastnosti jednotlivých polymerů kombinovat. V praxi se tak často uplatňují vrstvené materiály (laminované, lakované, koextrudované apod.) (Kadlec, 2009).

Obalům potravin se přisuzuje řada funkcí. Ty ale prakticky mohou být zahrnuty pod některou ze základních funkcí, kterými jsou:

- Ochrana výrobku – prostředek údržnosti výrobku a zajištění hygienických nároků
- Vytvoření racionální manipulační jednotky
- Úloha vizuálně komunikační – nositel informací (Kadlec, 2009)

Nároky na ochranu před znehodnocením jsou u potravin jsou ve většině případů větší než u ostatních průmyslových výrobků. Při zajištění uchovatelnosti potravinářského výrobku, hraje obal významnou roli. Podíl obalu je možné vyjádřit číselně tzv. koeficientem ochranné účinnosti obalu K_{ob} , který udává kolikrát je doba skladovatelnosti baleného výrobku delší než nebaleného.

$$K_{ob} = \frac{D_b}{D_n}$$

D_b - doba údržnosti baleného výrobku

D_n - doba údržnosti téhož výrobku nebaleného

Hodnota koeficientu K_{ob} je silně závislá na teplotě skladování a vodní aktivitě potraviny. Tato hodnota se pohybuje od hodnot 1-2 pro čerstvé vodnaté potraviny až po hodnoty řádů 10^3 a vyšších pro sterilované výrobky v hermetickém obalu (Kadlec, 2002).

Aktivita vody a_w je veličina, která charakterizuje množství vody využitelné mikroorganismy. Je definována jako podíl parciálního tlaku vodní páry nad potravinou a parciálního tlaku vodní páry čisté vody stejné teploty. Závisí na obsahu vody v potravine a také na jejím složení. Množství využitelné vody snižují osmoaktivní a makromolekulární látky. Hodnota vodní aktivity a_w se pohybuje v intervalu od 0 do 1, vodní aktivita 1 odpovídá čisté vodě (Kadlec, 2009).

Ochranou funkci obalu lze obecně rozlišit na pasivní, kdy je obal pouhou bariérou vloženou mezi prostředí a potravinu a aktivní (Kadlec, 2002).

Jednou z hlavních funkcí obalů tepelně opracovaných potravin je účinná bariéra, která chrání potravinu proti invazi mikroorganismů (Han, 2005).

Nové trendy výroby obalových materiálů vhodných pro použití v potravinářském průmyslu jsou zaměřené na vývoj aktivních a inteligentních obalů, které mohou přispět i ke snižování tvorby potravinového odpadu (Skláršová, 2020).

Aktivní obaly jsou takové, které mají prodloužit životnost nebo zachovat či vylepšit stav balených potravin. Jsou záměrně navrženy tak, aby obsahovaly složky, které by absorbovaly látky z balených potravin nebo je uvolňovaly do balených potravin či prostředí obklopujícího potraviny. Jedná se o absorbéry a emitory. Absorbéry obsahují látky, jejichž úkolem je absorbovat a odstranit různé látky z prostředí uvnitř obalu, jako například kyslík, etylén, oxid

uhličitý, vlhkost, pachy. Emitory uvolňují látky prospěšné pro kvalitu potravin, čímž chrání potraviny před rozmnožováním mikroorganismů. Nejčastěji se používají emitory oxidu uhličitého, oxidu siřičitého a alkoholu. Jedním z příkladů je řada výrobků, které využívají materiál obsahující oxid železitý, který snižuje hladinu kyslíku uvnitř balení. Dalším přístupem k aktivnímu balení je použití antimikrobiálních látek, které by mohly eliminovat potřebu chemických přísad používaných v současnosti v potravinách na snížení mikrobiálního růstu (Skláršová, 2020).

Tento systém lze úspěšně využít jako obaly pro sušené potraviny, které jsou velmi citlivé na vlhkost. Součástí sáčků pro tyto potraviny jsou absorbéry, které odsávají případnou vlhkost a zajišťují udržení specifické relativní vlhkosti (Han, 2005).

Inteligentní obaly jsou takové, které sledují stav balených potravin nebo prostředí obklopujícího potraviny. Mezi funkce inteligentních obalů patří monitorování, detekce, snímání, zaznamenávání, sledování a komunikace. Pomocí inteligentních obalů se dá odhadnout kvalita výrobků a jejich trvanlivost. Cílem použití inteligentních obalů je sledovat a poskytnout informace o kvalitě balených potravin a tím zaručit jejich bezpečnost (Skláršová, 2020).

Mezi základní požadavky patří vhodnost obalu pro případné technologické zpracování baleného výrobku, jako je např. dostatečná tepelná stabilita u obalů termosterilovaných nebo zmrazovaných pokrmů (Kadlec, 2009).

Zvláštní pozornost je věnována obalům pro technologie netepelného zpracování. Jedná se o způsoby konzervace potravin navržené k odstranění patogenních mikroorganismů a mikroorganismů způsobujících kažení potravin při nízkých teplotách. Tyto technologie mají proti běžně využívaným tepelným procesům řadu výhod. Patří mezi ně minimální dopad na nutriční složení, chuť a vůni čerstvé potraviny a prodloužení trvanlivosti. Produkty určené k netepelnému zpracování musí mít specifické vlastnosti ve srovnání s potravinami určenými pro tepelné zpracování a zároveň vyžadují i specifické obalové materiály. Způsoby netepelného zpracování a konzervace potravin zahrnují technologie, jako je vysokotlaké zpracování (HPP), pulzní elektrické pole (PEF), ozařování, ošetření světlem, mikrovlnnou sterilaci a balení s aktivní a modifikovanou atmosférou. Při využití technologie HPP musí být schopen obal a materiál, ze kterého je vyroben, přežít tlakové ošetření. To znamená, že obal musí být navržen tak, aby byl voděodolný a nepoškodily ho vysoké hydrostatické tlaky. Nejvhodnějším materiálem pro balení potravin sterilovaných technologií HPP jsou plasty, protože jsou flexibilní a mají vynikající voděodolnost. Metoda HPP stlačuje kapaliny a plyny

v produktu přibližně na 15 % a je třeba zvážit odstranění plynů z prostoru na minimum. Toho by mohlo být dosaženo předchozí aplikací vakua k uzavření naplněného obalu. (Pascall, 2018).

Hotové pokrmy lze balit do misek z taženého hliníku uzavřených přivařitelným hliníkovým víčkem. Ohřev hotového pokrmu se provádí v horké vodě (i s obalem), přímým ohřevem v obalu na vařiči nebo ohřevem pokrmu bez obalu v jídelním vojenském nádobí (Hrabě, 2006).

K balení potravin se vztahuje řada nařízení a předpisů, které lze rozdělit do několika skupin:

- Základní obecné požadavky na obaly potravin (zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích)
- Základní hygienické požadavky na obaly, které přicházejí do přímého kontaktu s potravinami (Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1935/2004, o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami, Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví)
- Povinnosti související s likvidací obalového odpadu (zákon 477/2001 Sb. o obalech)
- České technické normy (ČSN, ČSN EN, ČSN ISO) - v současné době mají doporučující charakter
- Zákon č. 634/1992 sb. o ochraně spotřebitele ve znění doplňujících předpisů, dopravní a celní předpisy (Kadlec, 2009)
- Nařízení Komise (EU) č.10/2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami. Toto nařízení se nevztahuje na iontoměničové pryskyřice, pryž a silikony (Nařízení Komise (EU) č. 10/2011, 2011)

1.6 Stanovení stability a trvanlivosti potravin

Žádný potravinářský výrobek není schopen do nekonečna udržovat svou původní a optimální kvalitu. Během skladování je tedy nevyhnutelné zhoršení kvality, což může v konečném důsledku učinit produkt nepříjemný pro spotřebu. Doba, po kterou výrobek zůstává stabilní a zachovává si požadovanou kvalitu, se nazývá trvanlivost (Blackburn, 2006).

Požadavky na výrobek během doby trvanlivosti:

- Bezpečnost výrobku
- Zachování nutričních údajů na etiketě
- Zachování požadovaných smyslových, chemických, fyzikálních a mikrobiologických vlastností

Většinou se jedná o mikrobiologické faktory, které určují dobu trvanlivosti výrobku. U některých skupin potravin však může být mikrobiologický růst omezen, a proto se mohou stát významnějšími jiné nemikrobiologické faktory. Jedná se především o skupinu dehydratovaných a sterilovaných potravin, ve kterých je téměř zabráněno růstu mikroorganismů. U těchto potravin je trvanlivost při správném skladování velmi dlouhá a do popředí se dostávají chemické a biochemické změny. Při nedodržení stanovených technologických postupů však může dojít k mikrobiální nestabilitě výrobků (Blackburn, 2006).

Mikrobiální změny potravin závisí na jejich vlastnostech (vnitřní faktory):

- Složení potraviny
- Aktivita vody
- Kyselosti (pH)
- Redoxního potenciálu (E_h)
- Textury (tuhosti)

Významný vliv na uchování potravin mají i podmínky skladování (vnější faktory):

- Teplota prostředí
- Relativní vlhkost vzduchu
- Složení atmosféry v obalu nebo ve skladovacím prostoru
- Čas (Görner, 2004)

Stanovení doby trvanlivosti se obvykle provádí ve 3 fázích.

1. fáze: pilotní projekt

- koncept produktu – zamýšlené trhy, balení, požadovaná doba trvanlivosti
- charakteristiky produktu a procesu – definování produktu z hlediska faktorů nebo tepelného zpracování
- předběžné posouzení doby trvanlivosti – testování vzorků

2. fáze: tovární zkoušky

- analýza nebezpečí a kritické kontrolní body (HACCP – Analysis and Critical Control Points)
- výroba a skladování rutinně vyrobených vzorků
- vzorkovací frekvence
- odběr vzorků a vyhodnocení důležitých faktorů
- vyhodnocení a interpretace výsledků

3. fáze: výroba v plném rozsahu

- pravidelné odběry kontrolních vzorků
- vyhodnocení každé změny receptury produktu, parametrů zpracování nebo přísad od dodavatele (Blackburn, 2006)

V případě potravin, které z mikrobiologického hlediska snadno podléhají zkáze, a mohou tedy po krátké době představovat bezprostřední nebezpečí pro lidské zdraví, se datum minimální trvanlivosti nahradí datem použitelnosti („spotřebujte do“). Po uplynutí data použitelnosti se potravina nepovažuje za bezpečnou v souladu s čl. 14 odst. 2 až 5 nařízení (ES) č. 178/2002 (Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011,2011)

S neustále se rozšiřujícími trhy zpracovaných potravin se zvyšuje export potravin vyrobených v mírných pásmech do zemí v teplých tropických oblastech. Tento globální obchod může vyžadovat přehodnocení trvanlivosti produktů tak, aby se vyrovnaly se zvýšenou teplotou okolního prostředí a zvýšenou vlhkostí (Blackburn, 2006).

2 STERILOVANÉ POKRMY

Konzervační metody založené na abióze vedou po ošetření potraviny k usmrcení části (optimálně většiny) mikroorganismů přítomných v potravíně (Kadlec, 2009). Při sterilizačních procesech je cílem vyrábět produkty, které jsou považovány za prakticky sterilní. Inaktivace většiny tepelně odolných spor se řídí kinetikou reakce prvního řádu. Počet spor, které proces přežijí, závisí na počáteční populaci a sterilačním procesu. Podle kinetiky reakce prvního řádu není možné snížit populaci mikroorganismů na nulu a pokud je analyzován dostatečný vzorek, mohou být nalezeny i přežívající spory. Za předpokladu, že se nemnoží a neovlivňují bezpečnost nebo přijatelnost produktu, nejsou považovány za problém, ačkoliv je pravděpodobné, že malé procento může způsobit zkažení. Ideální stav je dosažení nulového znehodnocení, což by byla absolutní sterilita produktu (Lewis, 2000). Pro většinu potravin však není absolutní sterilita možná z důvodu přílišného tepelného namáhání (Kadlec, 2009). Praktická sterilita se tedy týká inaktivace nejvíce tepelně odolného mikroorganismu a jeho spor a potom je důležité zajistit, aby produkt nebyl znovu kontaminován (Lewis, 2000).

Sterilační postupy zahrnují zejména fyzikální zákroky:

- Konzervace záhřevem (termosterilace)
- Konzervace zářením
- Konzervace dalšími fyzikálními metodami
 - Ultrazvukem
 - Vysokým hydrostatickým tlakem
 - Vysoko intenzivní pulzující elektrické pole (HIPEF) (Kadlec, 2009)

Konvenční tepelné metody pro potravinářské aplikace jsou vaření, blanšírování, pasterace a termosterilace. Slouží k inaktivaci mikroorganismů, enzymů a dalších chemických reakcí a k dosažení předpokládané trvanlivosti a bezpečnosti potravin. Chemické a fyzikální změny probíhající v potravinách během konvenčních tepelných úprav byly dobře zdokumentovány a publikovány v literatuře. Četné praktické aplikace tepelného záhřevu v široké škále potravin se používá od raného věku do aktuální doby (Pascall, 2018).

Během ohřevu potravin je mikrobiální destrukce doprovázená také degradací živin, což je velmi důležité při navrhování sterilačního režimu. Tento problém lze řešit využitím vysokoteplotních krátkodobých procesů, které zajišťují zachování kvality, minimalizují degradaci živin a udržují stupeň sterilace. Rychlost přenosu tepla lze zvýšit mícháním potravin. Platí

tedy, že tepelné procesy s vysokými rychlostmi přenosu tepla ze zdroje do potraviny vedou k lepší kvalitě (Tewari, 2007).

Při optimalizaci sterilizačního režimu je důležité porozumět faktorům ovlivňujícím ohřev a chlazení potravin. V této souvislosti hrají důležitou roli fyzikální vlastnosti potravin. Fyzikální vlastnosti ovlivní složení potraviny, zejména její obsah vlhkosti. Jednodušší modely považují potravinu za dvousložkový systém (voda a pevné látky), složitější modely rozloží pevnou frakci na bílkoviny, sacharidy, tuky a minerální látky. Proto jsou užitečným výchozím bodem pro mnoho potravin tabulky složení. Důležitá je také forma potraviny (pevná nebo tekutá), která určí formu přenosu tepla vedením nebo prouděním. Důležitou roli hrají také tepelné vlastnosti, ty ovlivní jak rychlost přenosu tepla, tak celkové množství energie (Lewis, 2000).

Tradiční metoda sterilace potravin zahrnuje sterilizaci potravin po naplnění v plechovce. To má za následek mnoho problémů, jako je nízká rychlost pronikání tepla do středu potraviny v nádobě, dlouhá doba zpracování potřebná k dostatečné sterilaci, snížení nutričních a organoleptických vlastností potraviny, nízká produktivita a vysoké náklady na energii. Význam tedy nabývají technologie konzervace v sáčku (Tewari, 2007).

Výhody využití tepelné energie pro konzervaci potravin jsou:

- Teplo je účinné a bez chemikálií
- Poskytuje jemnou chuť vařené potraviny
- Většina mikroorganismů způsobujících kažení je tepelně labilní
- Sterilně zabalené tepelně zpracované potraviny mají dlouhou trvanlivost

Nevýhody používání tepelné energie pro konzervaci potravin:

- Převaření může vést k rozpadu textury a vzniku nežádoucí vařivé chuti
- Zhoršení nutričních vlastností (Rahman, 2007)

V současné době je zájem o alternativní technologie pasterace a sterilace potravin. Většina článků, které se těmito technologiemi zabývají, opomíjí skutečnost, že tepelné zpracování je velmi účinné, pohodlné a energeticky optimální (Lewis, 2000).

V reakci na celosvětový zájem o bezpečné, výživné a minimálně zpracované potravinářské produkty se pozornost zaměřila na vývoj inovativních technologií netepelného zpracování pro mikrobiální inaktivaci. Tyto nově vznikající technologie využívají především fyzikální

procesy, jako je vysoký hydrostatický tlak, vysoce výkonný ultrazvuk, pulzní elektrické pole, UV záření, studenou plazmu a vysokotlakého oxidu uhličitého (Wu, 2020).

2.1 Příprava sterilovaných pokrmů

Technologický proces výroby hotových sterilovaných pokrmů spočívá v předpřípravě jednotlivých surovin. Řadí se sem mechanické opracování surovin (čištění, loupání zeleniny, máčení brambor nebo rýže) a prvotní tepelné opracování (předvaření těstovin, restování nebo pečení masa apod.). Následuje smíchání veškerých surovin a jejich plnění do obalů. Jedná se obvykle o laminované hliníkové obaly, které mají vyhovující bariérové vlastnosti. Všechny suroviny určené pro výrobu hotových pokrmů musí být především zdravotně nezávadné a splňovat základní požadavky na jakost. Po uzavření obalu přivařitelným hliníkovým víčkem následuje sterilace hotových pokrmů v autoklávu (Kadidlová, 2009).

Autoklávování se využívá pro sterilaci nekyselých potravin v obalu. Autokláv je tlaková nádoba, ve které je možno uzavřené konzervy sterilovat při požadované teplotě (zpravidla vyšší než 100 °C). Uvnitř autoklávu se ustaví tlak rovný tlaku vodní páry při sterilační teplotě, což je např. při 130 °C 270 kPa (obrázek 1). Úměrně k vnitřní teplotě se mění i tlak uvnitř konzerv, proto je nutno po sterilačním záhřevu chladit za podmínek, za kterých je tento vnitřní tlak nemůže porušit (Kadlec 2003).

Druhy autoklávů:

- Klasické autoklávy – vyhřívají se horkou vodou nebo přetlakovou párou. Vnitřní tlak odpovídá teplotě páry
- Klasické autoklávy s přetlakovým chlazením – jsou vybavené zařízením na udržení tlaku při chlazení na vyšší hodnotě, než odpovídá teplotě páry. Působí se tak proti vnitřnímu tlaku v obalech, který je v tomto stádiu vyšší. Zabraňuje se tak typickým škodám při chlazení, jakými jsou pukliny ve švech plechovek, uvolňování víček, deformace nebo praskání skleněných obalů.
- Přetlakové autoklávy – už od počátku se vytváří stlačeným vzduchem vyšší tlak, než odpovídá příslušné teplotě páry. Tím se ještě více sníží mechanické namáhání materiálu obalů než při přetlakovém chlazení.
- Kontinuální autoklávy (Drdák, 1996)

Na rychlost přenosu tepla při autoklávování má vliv:

- Režim otáčení
- Rychlost otáčení
- Vzdálenost mezi plechovkou a osou otáčení
- Efekt headspace
- Viskozita kapaliny (Tewari, 2007).

Sterilizace nekyselých potravin

- základem je inaktivace bakteriálních spor
- podstatný rozdíl v „z“ hodnotách mezi sporiemi mikrobů a nutričně a sensoricky významných složek potravin ⇒ možná optimalizace
- platí tedy zásada, že z hlediska maximálního uchování nutričně a sensoricky významných složek potravin je žádoucí aplikovat co nejvyšší teploty po přiměřeně zkrácenou dobu podle letalitních čar

omezení tohoto pravidla:

pro potraviny v nichž se teplo sdílí prouděním:

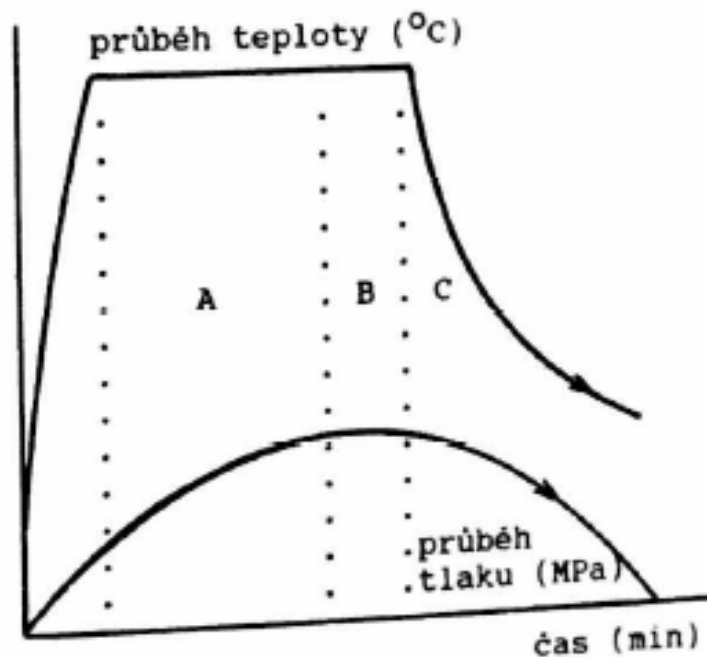
- tekutiny, hrášek v nálevu atd.,
- platí téměř beze zbytku zásada vhodnosti co nejvyšších teplot
- v rozmezí teplot zhruba 130 - 135 °C křížení letalitních čar bakteriálních spor a enzymů ⇒ zvyšování teploty již neúčinné.

pro potraviny v nichž se teplo sdílí vedením:

- náplně tuhé ⇒ problémy s přehříváním povrchové vrstvy,
- nutno najít kompromis, tj. dostatečně rychlý ohřev, nepřehřívání povrchových vrstev

Řešení:

- teploty 120 -125 °C
- vhodná geometrie obalů (Dobiáš, 2004)



Obrázek 1: Schématický průběh teploty a tlaku v autoklávu při nízkotlakém vzestupu a protitlakovém chlazení (Steinhauser, 1995)

Stanovení sterilačního režimu

Mikrobiální populace v potravinech není nikdy generačně vyrovnaná, vždy jsou přítomny mikrobiální buňky v různé růstové fázi, tedy různě odolné. Usmrcení všech buněk v populaci nenastává proto současně, ale probíhá jako kontinuální proces tak, že za daných teplotních podmínek odumírá v určitém časovém úseku vždy jen určitý podíl populace (Steinhauser, 1995).

Nejvídnímavější jsou mikroorganismy ve fázi exponenciálního růstu a nejodolnější ve stacionární a lag fázi. Příčinou je skutečnost, že během intenzivního růstu jsou tvořící se cytoplazmatická membrána a ribozomy snadněji poškozovány. Odolnost mikroorganismů vůči vyšším teplotám souvisí s jejich optimální teplotou růstu (Bursová, 2014).

Jestliže jsou mikroorganismy vystaveny smrtícím faktorům, jako je teplo, gama záření nebo chemické dezinfekční prostředky, koncentrace mikroorganismů, které přežily, klesá exponenciálně (Klotz, 2007).

Kinetika tohoto procesu podléhá biologicko-matematické zákonitosti a platí nejen pro teploty, ale i pro jakékoliv další vnější mikrobicidní vlivy. K jejich matematickému vyjádření je nutno znát hodnotu „D“ (decimální redukční doba) a „z“ (teplotní citlivost) pro konkrétní

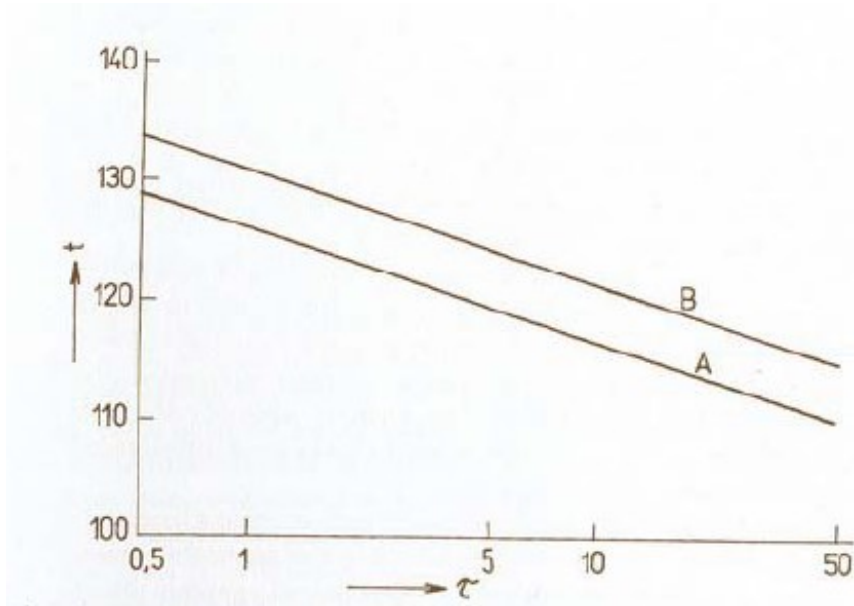
druh mikroorganismu. Hodnota „D“ udává dobu v minutách potřebnou k tomu, aby za použité teploty došlo ke snížení počtu živých mikroorganismů v dané populaci právě o jeden řád, tj. o 90 %, čili na jednu desetinu (Steinhauser, 1995). Vztah mezi hodnotou „D“ a teplotou je dán hodnotou „z“ což je zvýšení teploty potřebné ke změně hodnoty „D“ o faktor 10 (Klotz, 2007). Teplota se připisuje k „D“ jako index (Steinhauser, 1995).

Tabulka 1: Hodnoty „D“ a „z“ pro některé druhy mikroorganismů (Steinhauser, 1995)

Teplota [°C]	Mikroorganismy	D [min]	z [°C]
65,6	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	0,20 - 0,30	4,4 – 5,5
	<i>Salmonella</i> sp.	0,02 – 0,25	4,4 – 5,5
	<i>Salmonella enterica</i> subs. <i>enterica</i> sér. Senftenberg	0,80 – 1,00	4,4 – 6,6
	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,20 – 2,00	4,4 – 5,5
	<i>Lactobacillus</i> sp.	0,50 – 1,00	4,4 – 5,5
	hnilob. bakt., kvasinky, plísňe	0,50 – 3,00	4,4 – 6,6
67	<i>Enterococcus faecalis</i>	0,5	2,9
69	<i>Enterococcus faecium</i>	37,80 – 70,00	10,0 – 42,0
70	<i>Moraxella – Acinetobacter</i>	4,60	7,3 – 8,1
	<i>Streptococcus</i> sp.	2,95	10,0
100	<i>Bacillus polymyxa</i> , <i>B. macerans</i>	0,10 – 0,50	6,6 – 8,9
121	<i>Clostridium botulinum</i>	0,10 – 0,50	6,6 – 8,9
	<i>Clostridium sporogens</i>	0,10 – 1,50	7,8 – 10,0
	<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	2,00 – 3,00	8,8 – 12,2
	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	4,00 – 5,00	7,7 – 12,2

Sterilační režim musí být zpracován pro potravinu jako celek s respektováním všech vlivů, které se vzájemně mohou kumulovat nebo naopak potlačovat. Velmi významným faktorem jsou vlastnosti a množství mikroorganismů v potravine. Mezi velkým počtem mikroorganismů je vždy větší pravděpodobnost výskytu jedinců, kteří jsou schopni odolat teplotnímu režimu, proto je nízká mikrobiální kontaminace výchozí suroviny jeden z faktorů, který sniží možnosti jejich přežití. Rozhodující význam pro inaktivaci mikroorganismů má výše dosažené teploty a doba jejího působení. Tyto dva parametry jsou rozhodující pro výpočet sterilačního režimu. Sterilační režim se vždy počítá modelově pro tepelně odolný mikroorga-

nismů, který může být přítomný v potravině. Nejčastěji se pro výpočty používá termorezistentní sporogenní *Clostridium botulinum*. Velký význam při určení sterilačního efektu má hodnota D při 121,1 °C. Rychlost usmrcování mikroorganismů teplem je zpočátku velmi vysoká, postupně však klesá. Doba potřebná na úplnou devitalizaci mikroorganismů je proto poměrně dlouhá, což má nepříznivý vliv na organoleptické vlastnosti i biologickou hodnotu sterilované potraviny. Jako hygienicky a zdravotně bezpečné množství pro *Clostridium botulinum* se považuje redukce o 12 řádů, tj. hodnota 12D. Při nízkých počtech patogenních sporulátů v potravině je pravděpodobnost výskytu životaschopných spor prakticky nereálná. Statisticky to znamená, že z bilionu konzerv obsahujících 1 sporu *Clostridium botulinum* zůstane po sterilaci závadná pouze 1 konzerva. Se zvyšující se kontaminací suroviny se však tato pravděpodobnost výskytu zvyšuje. Graficky znázorněná závislost sterilační teploty na logaritmu hodnoty „D“ je tzv. letaltní přímka (obrázek 2). (Steinhauser, 1995). Matematicky ji lze vyjádřit rovnicí $t = -k \log \tau + q$, kde k a q jsou konstanty, jejichž velikost je ovlivněna druhem mikroorganismu a složením vnějšího prostředí během zahřívání. Z rovnice je zřejmé, že při logaritmickém vynesení termálních smrtících dob pro jednotlivé teploty se dostane oproti lineárnímu přímka (Šilhánková, 2008).



Obrázek 2: Letaltní čára spor *Clostridium botulinum* (Šilhánková, 2008)

τ – sterilační doba [min]; t – sterilační teplota [°C]; A – při pH 5, B - při pH 6 -7

Doba zahřívání náplně při teplotě 121,1 °C v nejhůře prohřivaném místě konzervy, způsobující devitalizaci většiny mikroorganismů je označována jako hodnota F_0 . Při konceptu hygienické bezpečnosti 12 D musí být jádro konzervy zahříváno na 121,1 °C po dobu 10,2 min. Při stanovení sterilačního režimu není možné kalkulovat pouze s dosaženou teplotou 121,1 °C, ale i se sterilačními teplotami vzestupnými a sestupnými, které také působí na mikroorganismy letálně (Steinhauser, 1995).

Ke každé teplotě naměřené v určitém čase se může k příslušné „z“ hodnotě přiřadit příslušná „L“ hodnota (letalitní hodnota). Vztah mezi naměřenou teplotou T a příslušnou „L“ hodnotou je $L = 10^{\frac{T-121,1}{z}}$. Hodnota „L“ je parciální hodnota „F“. Součet všech letálních hodnot udává vlastní letalitní hodnotu, která působí na mikroorganismy po dobu celého tepelného procesu. V moderních aparaturách se teplota zaznamenává kontinuálně a hodnotu F_0 vypočítá mikroprocesor z průběhu teplot a zároveň takto řídí proces zahřívání (Görner, 2004).

2.2 Vlastnosti sterilovaných pokrmů

Záhřev na teploty, při kterých dochází k inaktivaci mikroorganismů, je součástí většiny procesů při zpracování potravin. Pasterace a sterilace jsou často využívány jako základní konzervační metody (Kadlec 2002).

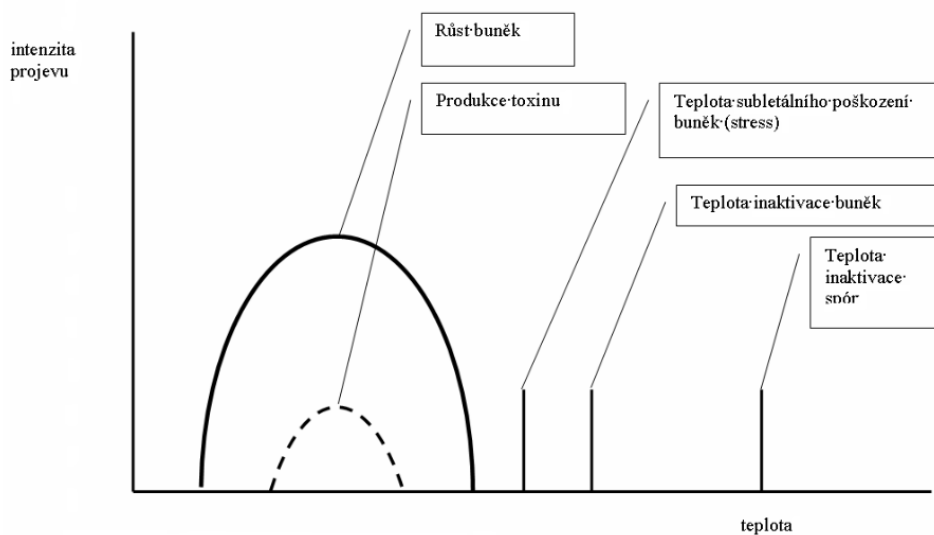
Pasterace je relativně mírná forma tepelného zpracování, která se používá k inaktivaci tepelně labilních mikroorganismů, jako jsou vegetativní formy bakterií, kvasinek a plísní, které mohou způsobovat kažení potravin nebo nemoci přenosné potravinami (Lewis, 2000). Využívá se zpravidla teplot do 100 °C (Kadlec 2002). Při tomto procesu dochází jen k minimálním změnám organoleptických a nutričních vlastností (Lewis, 2000).

Sterilace je tepelné ošetření potravin při použití teplot vyšších než 100 °C. Méně kyselé potraviny (o pH vyšším než 4,0) se sterilují při teplotách nad 120 °C (Kadlec 2003). Ničí kvasinky, plísně, vegetativní formy bakterií a bakteriální spory, prodlužuje trvanlivost a umožňuje skladování a distribuci produktů při běžné teplotě (Rahman, 2007).

Při záhřevu potravin dochází k významným změnám jejich barvy, konzistence i chuti. U masa nastávají žádoucí změny stravitelnosti, související se změnou stromatických bílkovin. Barevné změny masa souvisejí s denaturací barviv, se vznikem nových komplexů s dusitany, amoniakem a aminy za vzniku růžového zbarvení a také s tvorbou produktů Maillardových reakcí, Živočišné tuky se při zahřívání postupně vytavují a při vyšších teplotách do-

cháží k hydrolytickému rozkladu triacylglycerolů a k řadě reakcí původních mastných kyselin. Při teplotách vyšších než 170 °C dochází k tvorbě toxického a páchnoucího akroleinu. U rostlinných surovin je výsledkem tepelného opracování tvorba gelů, které významně mění texturu pokrmů a přispívají k jejich stravitelnosti. Nežádoucím následkem tepelného opracování je oxidace významných antioxidantů (Kadlec, 2009).

Tepelné opracování pokrmů je doprovázeno poklesem četnosti přítomných mikroorganismů (obrázek 3).



Obrázek 3: Vliv teploty na projevy mikroorganismů (Kadlec, 2002)

Termorezistence mikroorganismů se však může zvyšovat v prostředí se sníženou vodní aktivitou (a_w) a vlhkostí (např. spory jsou ve vlhkém prostředí inaktivovány při 120 °C za 30 minut, v suchém prostředí při 180 °C za 30 minut). Nebezpečí představují tzv. suché komůrky (mikroskopické nečistoty na obalech, usazeniny nebo nápeky), které chrání mikroorganismy před smáčením a účinky vlhkého tepla (Bursová, 2014).

Zvýšený obsah tuku také zvyšuje rezistenci bakterií. Důvodem je skutečnost, že tuková vrstva brání pronikání tepla a chrání tak bakterie před účinky vysokých teplot. Tuky přítomné v potravě snižují hodnotu a_w . Také přítomnost vyšších mastných kyselin v prostředí zvyšuje jejich množství v cytoplasmatické membráně, snižuje její semipermeabilitu a tím ji činí odolnější vůči teplu (např. ve vepřovém masu jsou mikroorganismy více odolné než v hovězím) (Bursová, 2014).

Podobně jako tuk působí i cukry, to znamená, že snižují hodnotu a_w . Termorezistenci mikroorganismů zvyšují také bílkoviny. Soli působí na termorezistenci mikroorganismů rozdílně, účinek závisí na druhu a koncentraci. Dvojmocné kationty (Mg, Ca, Mn) zvyšují termorezistenci vyskytují-li se v optimálním nebo mírně zvýšeném množství, protože zvyšují podíl vázané vody, tím způsobují dehydrataci plasmatických proteinů a činí je méně vnímavé na teplo. Jednomocné kationty (Na, K) působí opačně. Mikroorganismy jsou nejvíce rezistentní k zahřátí při neutrálním pH. Čím více se pH od této hodnoty vzdaluje, tím více stoupá jejich citlivost k teplotě. Proto se pro devitalizaci mikroorganismů kyselé potraviny mohou zahřívát na nižší teploty než potraviny málo kyselé nebo nekyselé (Bursová, 2014).

2.3 Využití sterilovaných potravin

Pasterace se využívá pro sterilaci kyselých potravin, ve kterých není potřeba inaktivovat bakteriální spory, případně pro pasteraci málo kyselých potravin, které mají omezenou trvanlivost a musí být konzervovány dalšími zákroky, nejčastěji uchováváním v chladu (Kadlec 2003). Sterilované produkty nejsou běžně chlazeny a uchovávají se při běžné teplotě (Lewis, 2000).

Hlavní předností sterilovaných výrobků jsou malé nároky na podmínky úchovy, nevýhodou je omezený sortiment a snížená kvalita ve srovnání s čerstvě připravenými pokrmy, cena obalů, energie a nároky na technické vybavení. Tato technologie si zachovává uplatnění i díky novým obalovým materiálům. Využívá se v institucionálním stravování (armáda), stravování na cestách, sterilované výrobky se vyvážejí do zemí s krizovými situacemi a při tvorbě státních hmotných rezerv. Kromě výroby konzerv a polokonzerv se sterilované výrobky balí vakuově do speciálních, plastových, tepelně odolných a pro plyny nepropustných obalů. Užití vakua významně zpomalí oxidační reakce vedoucí ke znehodnocení potraviny při skladování a potlačí růst aerobní mikroflóry. Vakuum způsobí také těsné obalení povrchu potraviny, takže se zlepšuje přestup tepla do potraviny (Kadlec, 2002).

Produkty SSP (shelf -stable products) jsou trvanlivé potraviny v obalech, které zabraňují jejich rekontaminaci. Při pokojové teplotě mají být trvanlivé minimálně jeden rok. Jejich trvanlivosti se dosahuje zahřevem na teploty vyšší než 100 °C a pomocí doplňujících faktorů vnitřního prostředí, např. snížením hodnoty a_w na $a_w \leq 0,95$ (Görner, 2004).

3 DEHYDRATOVANÉ POKRMY

Dehydratace je pravděpodobně nejstarší a nejčastěji používaný způsob konzervace potravin využívaný cestovateli. Termín dehydratace označuje odstranění vlhkosti z materiálu s primárním cílem snížit aktivitu mikroorganismů a zamezit znehodnocení produktu (Ratti, 2009).

Dle vyhlášky MZE 398/2016 sb.:

- Dehydratovaným výrobkem je potravina vzniklá smísením složek se sníženým obsahem vlhkosti, pastovité nebo sypké konzistence, která se před konzumací obnoví zejména tekutinou.
- Dehydratované se označí návodem k přípravě.
- Dehydratované výrobky se skladují v suchých, chladných a větratelných místnostech na podlážkách, nejméně 5 cm nad zemí a od stěn. Dehydratované výrobky se skladují odděleně od látek s výraznými pachy a vůněmi.
- Smyslově se hodnotí vždy po přípravě dle návodu. Vzhled, barva, konzistence, chuť a vůně musí být charakteristické pro druh výrobku označený na jeho obalu. Chuť a vůně výrobku musí být vlastní, bez cizích příměsí, nebo jinak změněné chuti a vůně.
- Dehydratované výrobky obsahují nejvýše 15 % vody.

Členění dehydratovaných výrobků dle Vyhlášky MZE 398/2016 se nachází v tabulce 2.

Tabulka 2: Členění dehydratovaných výrobků, ochucovadel, studených omáček a dresinků na druhy a skupiny (Vyhláška MZE 398/2016, 2016)

Druh	Skupina
dehydratovaný výrobek	polévka omáčka bujón vývar šťáva základ pokrmu směs pro přípravu hotového pokrmu směs pro přípravu dresinků směs pro přípravu zálivky směs pro přípravu dezertu směs pro přípravu krému směs pro přípravu polevy směs pro přípravu zmrzliny přístava do polévky
Ochucovadlo	-
studená omáčka nebo dresink	emulgované neemulgované

Voda je nezbytnou podmínkou života mikroorganismů, při jejím odstraňování dochází ke zvyšování osmotického tlaku v kapalném podílu potravin a zhoršují se životní podmínky mikroorganismů. S postupujícím vysušováním potravin se mikroorganismy přestávají množit a může dojít až k plazmolýze vegetativních forem mikroorganismů (Ingr, 2007).

Pohyb vodní páry z potravin do vzduchu závisí na obsahu vlhkosti, složení potravin, teplotě a vlhkosti vzduchu. Při konstantní teplotě se voda v potravině vyrovná s vodní párou ve vzduchu, potravin je v rovnovážném stavu. Při tomto stavu potravin ani nevlhne ani nevysychá (Montville, 2012).

Hodnota aktivity vody se mění s vlhkostí, resp. s teplotou okolního vzduchu, a neustále dochází k sorpci a desorpci vody. Aktivita vody při konstantním obsahu vody v potravině roste se zvyšující se teplotou, např. nárůst teploty o 10 °C způsobí zvýšení aktivity vody asi o 0,03 – 0,2. Tento jev může negativně ovlivnit stabilitu balených potravin, u kterých je obsah vody v systému stálý (Kadlec, 2003).

Vodní aktivita a_w je nejjednodušším měřítkem mikrobiální stability (tabulka 3) (Ingr, 2007).

Tabulka 3: Minimální hodnoty a_w pro růst mikroorganismů (Görner, 2004)

Interval minimálních hodnot a_w	Skupina mikroorganismů	Příklady	
		Minimální hodnota a_w	Mikroorganismus (druh nebo rod)
0,97 – 0,95	gramnegativní tyčinkovité bakterie	0,97 0,96 0,95	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>Acinetobacter</i> , <i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Shigella</i>
0,97 – 0,95	grampozitivní bakterie	0,96 0,95	<i>Clostridium botulinum</i> typ E <i>Lactococcus</i>
0,94 – 0,91	většina bakterií	0,94	<i>Salmonella</i> a jiné, <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Pediococcus</i>
0,94 – 0,87	kvasinky	0,94 0,88 0,87	<i>Candida utilis</i> , většina kvasinek způsobující kažení potravin <i>Debaryomyces</i>
0,90 – 0,86	grampozitivní koky	0,90 0,86	<i>Micrococcus</i> <i>Staphylococcus aureus</i>
0,93 – 0,80	plísně	0,93 0,83 0,81 0,80	<i>Rhizopus nigricans</i> <i>Penicillium expansum</i> <i>Penicillium patulum</i> většina plísňí kazících potravin
0,80 – 0,75 (0,61)	halofilní bakterie	0,75	<i>Halobacterium halobium</i>
0,65 – 0,61	osmotolerantní/filní kvasinky	0,62	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>
0,78 – 0,61	xerotolerantní/filní plísně	0,78 0,77 0,75 0,70 0,71 0,69 0,62 0,61	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Walemia sebi</i> <i>Aspergillus</i> ze sk. <i>Glaucus</i> <i>Eurotium chevalieri</i> <i>Chrysosporium fastidium</i> <i>Eurotium echinulatum</i> <i>Monascus bisporus</i>

Dehydratace patří mezi metody nepřímé inaktivace mikroorganismů (anabiotické metody). Pod pojem dehydratace se řadí metody konzervace sušením, což je skutečné odebrání vody z potravin až do té doby, než se vnějším smyslovým vjemem (hmatem) změní na suchý nebo téměř suchý materiál. Konzistence produktu může být pevná, polopevná nebo práškovitá. Základním požadavkem na vlastní proces sušení je, aby se vysušené a znovu rehydratované produkty co nejvíce podobaly původní zpracované surovině (Drdák, 1996).

Vývoj technologií průmyslové dehydratace potravin dosáhl čtyř generací. První generace zahrnuje skříňové roštové sušičky, druhá generace rozprašovací a bubnové sušičky, třetí generace zahrnuje vymrazovací sušičky a osmotickou dehydrataci. Čtvrtá generace zahrnuje nejnovější dehydratační technologie, jako je sušení ve vysokém vakuu, fluidizaci, mikrovlny, radiové frekvence a refrakční sušení (Vega-Mercado, 2001).

Společným znakem výrobků konzervovaných sušením je potřeba ochrany před zvlhnutím podmínkami skladování nebo zabalením do materiálu, který je pro vodu nepropustný (Kadlec, 2002).

3.1 Dehydratace sušením

Sušení zahrnuje současný přívod tepla k sušenému materiálu a odvod vlhkosti (Kadlec, 2003).

Mezi nejdůležitější kritéria pro hodnocení sušicích systémů patří:

- režim provozu (dávkový nebo nepřetržitý)
- provozní tlak (vakuum, atmosférický a vysoký tlak)
- způsob přenosu tepla (kondukce, konvekce, sálání, dielektrický ohřev a kombinace různých režimů) (Ratti, 2009)

Základní principy sušení jsou sušení vzduchem (vzduch přivádí teplo a odvádí vodní páru) a sušení kontaktní (přívod tepla zajišťuje vyhřívaný povrch). Při sušení je možné přivést teplo také prostřednictvím mikrovlnné energie nebo energie radiových vln. Zvláštním případem sušení je sušení sublimační (kryosikace, lyofilizace) (Kadlec, 2003).

3.1.1 Sušení vzduchem

3.1.1.1 Výroba sušených potravin

Rychlost sušení ovlivňuje teplota vzduchu, jeho relativní vlhkost a rychlost proudění vzduchu. Teplo přiváděné vzduchem je absorbováno sušenou potravinou a odpovídá jednak teplu potřebnému k ohřevu potravin na teplotu sušení, a hlavně představuje výparné teplo nutné ke změně skupenství vody. Vlhká potravina má tendenci uvolnit tolik vodní páry, aby se vlhkost okolního prostředí dostala do rovnováhy s vlhkostí potravin. Mezi sušenou potra-

vinou a proudícím vzduchem je vrstva nepohybujícího se vzduchu, tzv. mezní vrstva. Rychlost proudění vlhkosti z potraviny je přímo úměrná rozdílu mezi vlhkostí vzduchu nad potravinou a vlhkostí proudícího vzduchu a nepřímo úměrná tloušťce mezní vrstvy. Obdobně i rychlost sdílení tepla je přímo úměrná rozdílu teplot potraviny a sušícího vzduchu a nepřímo úměrná tloušťce mezní vrstvy. Tloušťka mezní vrstvy závisí na rychlosti proudícího vzduchu. Pokud je rychlost proudění nízká, je tloušťka mezní vrstvy větší a přestup tepla i vodní páry je pomalý. Čím rychleji proudí sušící vzduch, tím tenčí je mezní vrstva, a tudíž i vyšší rychlost sušení (Kadlec, 2003).

Podle rychlosti odpařování vody lze proces sušení rozdělit do dvou fází:

- konstantní rychlosti
- klesající rychlosti sušení

Fáze konstantní rychlosti sušení pokračuje do kritického bodu obsahu vody. Po tuto dobu se voda dostává na povrch potraviny a ten zůstává vlhký. V praxi mají různé části potraviny různou rychlost sušení, ale celkově je rychlost sušení až do konce první fáze přibližně stejná (Kadlec, 2003). Po dosažení kritické vlhkosti materiálu poklesne vlhkost jeho povrchu natolik, že při dalším sušení již bude tenze par nad povrchem materiálu vždy nižší než nad povrchem vody. Vlhkost povrchu materiálu a tím i rychlost sušení je pak závislá na poměru rychlosti difuze vlhkosti materiálem a rychlostí difuze do sušícího vzduchu (Dobiáš, 2004). Jakmile se obsah vody sníží pod kritický bod, rychlost sušení začíná zvolna klesat a dosahuje nuly při rovnovážném obsahu vody (tj. vlhkost potraviny je v rovnováze s vlhkostí sušícího vzduchu) (Kadlec, 2003).

Potraviny, které nejsou hygroskopické, mají druhou fázi sušení jednoduchou, u hygroskopických potravin je tato fáze sušení komplikovanější. Během druhé fáze sušení poklesne rychlost pohybu vody k povrchu potraviny pod rychlost odpařování vody z povrchu do okolního vzduchu se vysušuje (za předpokladu, že teplota, vlhkost a proudění vzduchu jsou konstantní). Povrchová teplota potraviny vzrůstá a dosahuje až teploty sušícího vzduchu. Většina případů poškození potraviny teplem nastává právě ve druhé fázi sušení, proto je nutné teplotu sušícího vzduchu řídit. Druhá fáze sušení je obvykle nejdelší fází sušení potravin. V této fázi se voda pohybuje z vnitřních částí potraviny na povrch na základě následujících mechanismů:

- pohyb na základě kapilárních sil (porézní potraviny)

- difuze kapalin v důsledku rozdílu koncentrací rozpuštěných látek v různých místech potraviny
- difuze kapalin, které jsou adsorbovány v povrchových vrstvách pevných složek potraviny
- difuze vodní páry v prostorech vyplněných vzduchem způsobená rozdílnou koncentrací vodních par

Hlavním faktorem je obvykle teplota sušícího vzduchu a velikost sušených potravin (Kadlec, 2003).

3.1.1.2 Vlastnosti sušeného ovoce

Jedním z požadavků na sušené ovoce je odejmout právě tolik vody, kolik je nutné pro daný účel. Nedosušené ovoce se při skladování snadno kazí, zbytečně dlouho sušené ovoce trpí ztrátami na jakosti (ztráty termolabilních látek - vitamíny, barviva apod., ztráta bobtnavosti). Ovoce sušené při vysokých teplotách bývá velmi tvrdé, zhnědlé, karamelizací nahořklé a mívá pozměněnou chuť. Čím je ovoce zahřáto na nižší teplotu, tím je méně změněno, a proto se doporučuje, aby teplota v moderních sušárnách nepřestoupila podle okolností 57 - 82 °C, resp. 85 - 90 °C (Dobiáš, 2004).

Při klasickém sušení dochází při záhřevu k denaturaci bílkovin, klesá jejich stravitelnost a tím i využitelnost v lidském organismu (Dobiáš, 2004).

Podle vyhlášky č. 397/2021 sb. se sušeným ovocem rozumí ovoce konzervované sušením bez použití přírodních sladidel. Další požadavky na sušené ovoce dle této vyhlášky jsou v tabulce 4.

Tabulka 4: Požadavky na sušené ovoce dle vyhlášky MZe č. 397/2021 sb.:

Potravina	Konzistence a vzhled	Barva	Chuť a vůně
sušené ovoce	dostatečně vysušené, bez známek poškození škůdci s ojedinělým výskytem cizích příměsí a nevyzrálých plodů, bez znečištění zeminou či prachem	odpovídající danému druhu ovoce sušeného bez známek poškození sluncem	typická pro daný druh ovoce, bez cizích pachů a chutí

3.1.2 Sublimační sušení

Sublimační sušení neboli lyofilizace, patří mezi komerčně využívané postupy sušení (Kadlec, 2003). Je považována za jednu z nejlepších metod, při které zůstanou zachovány organoleptické a nutriční hodnoty. Lyofilizované produkty jsou charakteristické nízkou vodní aktivitou, malou změnou objemu a tvaru, vysokou rehydratační kapacitou a pórovitostí (Ayala, 2010).

3.1.2.1 Výroba lyofilizovaných potravin

Malé kousky potravin určené k sušení jsou rychle zmrazeny tak, aby se minimalizovalo poškození struktury potravin krystaly ledu (Kadlec, 2003). Kousky potravin se zmrazí na teplotu $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, většinou přímo v komoře lyofilizátoru (Dobiáš, 2004). Potom se vytvoří tlak nižší než tlak vodní páry při trojném bodu vody (610,5 Pa). Za těchto podmínek voda ze zmrazené potravin odchází sublimací přímo z ledu (Kadlec, 2003). Sušená hmota si tak zachovává svoji texturu. Potřebné teplo se přivádí vedením nebo mikrovlnným záhřevem. Sublimační fáze sušení eliminuje škodlivé biochemické a fyzikálně chemické reakce (oxidace, koagulace), které by mohly probíhat zpomalenou nízkou teplotou, a má trvat tak dlouho, dokud se z potravin neodesublimuje všechen přítomný led (Goliáš, 2014). Fáze sublimací probíhá do obsahu vody kolem 15 %, potom následuje dosušení desorpcí až do obsahu vody 2 % (Kadlec, 2003). Jakmile se potravina vysuší, zruší se v lyofilizátoru vakuum vpuštěním inertního plynu (dusík, CO_2) a balí se co nejrychleji do hermetických obalů, popřípadě se ještě předtím slisují. Hermeticky zabalené výrobky nevyžadují skladování za nízkých teplot. Při styku s vodou je rehydratace rychlá a úplná (Goliáš, 2014).

3.1.2.2 Vlastnosti lyofilizovaných potravin

Lyofilizace je považována za nejlepší proces dehydratace, protože snižuje senzoricke a nutriční degradaci potravin. Když se z předmraženého produktu odstraňuje voda, vytváří se porézní struktura, jejímž výsledkem je dehydratovaný produkt, který má lepší vlastnosti, když je rehydratován. Lyofilizace má tendenci zachovat strukturu produktu (Zotarelli, 2012). Jak již bylo uvedeno, je pozitivním rysem sublimačního sušení maximální zachování nutričních složek sušených potravin. Je však důležité uvědomit si, že při zpracování mikrobiálně kontaminované suroviny je záměr šetrnější také ke kontaminaci. Klasické sušení sice nezabíjí, ale zvýšená teplota má mírný inaktivační účinek na mikroorganismy. Sublimační sušení ovlivňuje jen minimálně stravitelnost bílkovin (Dobiáš, 2004).

Lyofilizace je považována za nejlepší dehydratační techniku, protože takto sušené potraviny mají jen drobné změny v barvě, chemickém složení a struktuře. Mikroorganismy však nepoškozuje, nebo jen velmi málo. Hlavními příčinami zdravotních rizik jsou různé důvody, jako je neschopnost dostatečného odvlhčení během procesu, nevhodné skladování po technologické úpravě, nevhodný výběr balení a vysoké počáteční zatížení mikroorganismů (Alp, 2021).

Rozdíly mezi klasickým sušením a lyofilizací byly přehledně sestaveny do tabulky 5.

Tabulka 5: Rozdíly mezi klasickým sušením a lyofilizací (Kadlec, 2003)

Klasické sušení	Lyofilizace
Úspěšné pro snadno sušitelné potraviny (ovoce, zelenina, obilí).	Úspěšné pro většinu potravin, ale použití je omezeno na typy, které jsou obtížně sušitelné konvenčně.
Není příliš vhodné pro sušení masa.	Úspěšné pro sušení vařeného i syrového masa.
Rozsah teplot 37 – 93 °C.	Teploty sušení jsou pod bodem mrazu.
Sušení probíhá za atmosférického tlaku.	Sušení probíhá za nízkého tlaku (27 – 133 Pa).
Odpařování probíhá z povrchu potraviny.	Voda sublimuje z povrchu ledu.
Rozpuštěné látky se pohybují v potravine, může docházet ke tvrdnutí.	Maximální pohyb rozpuštěných látek.
Pevné potraviny mohou být poškozeny, mohou se sesychat.	Maximální strukturální změny a sesychání.
Pomalá a neúplná dehydratace.	Rychlá a úplná dehydratace.
Pevné nebo porézní částice mají i po rehydrataci vyšší hustotu než původní materiál před sušením.	Porézní částice mají nižší hustotu než v původní potravine.
Vůně a chuť je obvykle změněna.	Vůně a chuť je obvykle neporušena.
Barva je obvykle tmavší.	Barva je obvykle neporušena.
Dochází k poklesu nutriční hodnoty.	Nutriční hodnota zůstává zachována.
Nízká cena procesů i zařízení.	Vysoká cena zařízení, nákladný provoz.

3.1.3 Využití dehydratovaných potravin

Výhodou tohoto způsobu konzervace je nízká hmotnost a objem výrobku a s tím spojené nižší náklady na balení, skladování i přepravu (Ratti, 2009).

Dehydratované potraviny jsou vnímány jako osvědčení pomocníci domácí kuchyně. Na svoji příležitost ke zpracování vydrží čekat déle než čerstvé potraviny a oproti mraženým či chlazeným potravinám nepotřebují ke svému uskladnění specifické podmínky a speciální technické zařízení. Jejich dalším bonusem je rychlá příprava, ale i rozrůstající se nabídka různých formátů a chutí (Procházková, 2018).

V současné době je v České republice sublimační sušení často využívanou technologií. Tato metoda přináší řadu výhod – výrobek si zachovává původní chuť, barvu, vůni i nutriční hodnotu. Při správném skladování má i větší trvanlivost. Oblastí, která v poslední době prošla velikými změnami, je použití přídatných látek při výrobě dehydratovaných výrobků. Výrobní technologie již nevyžadují přidávání konzervačních látek pro zajištění zdravotní nezávadnosti a prodloužení trvanlivosti, ale neobejde se bez přídavku látek pro zlepšení konzistence, antioxidantů, stabilizátorů a chuťových látek. Roste zájem např. o bezpečkové dehydratované potraviny (Procházková, 2018).

Lyofilizace je časově náročný a poměrně nákladný proces, což omezuje jeho použití na produkty s vysokou přidanou hodnotou (Zotarelli, 2012).

Lyofilizované potraviny jsou zařazeny ve výzbroji armády NATO. Vývoj bojových dávek potravin (BDP) byl zahájen v ČR po roce 1998 a byly stanoveny následující požadavky:

- Dodržení požadavků standardu STANAG 2937
- Zajistit dodržení energetické a nutriční hodnoty u BPD pro vševojskové použití odpovídající hodnotám základní stravní dávky (ZSD) vyhlášky Ministerstva obrany ČR č. 272/199 sb.
- Doba minimální trvanlivosti všech potravinových komponent byla stanovena 26 měsíců
- Zajistit kompletaci dávky do skupinového obalu a použít na balení potravin funkční obaly s vyhovujícími bariérovými vlastnostmi.

Předpis STANAG 2937 (Standard Agreement) byl úředně vyhlášen předsedou Military Agency for Standardization, tj. úřadem pro vojenskou standardizaci, na základě pravomoci, kterou mu udělil vojenský výbor NATO (NATO Military Committee). Cílem je dosáhnout požadované nutriční hodnoty bojových dávek, standardizace potravinových komponent a tím i možnost zaměnitelnosti dávek mezi armádami NATO. Bojová dávka pro jednotlivce (CRI) má zajišťovat kompletní zdravou stravu pro jednoho vojáka na jeden den, přičemž se

neočekává, že by se tato dávka používala více než 30 po sobě jdoucích dní. Energetický obsah bojové dávky by měl být minimálně 3200 kcal (13,4 MJ) a v maximální míře odpovídat velikosti energetického výdaje osoby, která je ve službě a vykonává nepřetržitou namáhavou činnost. Dehydratované pokrmy jsou zařazeny do druhé skupiny CRI, tvoří hlavní jídlo a skládá se z dehydratovaných komponent podle přesné receptury. K rehydrataci pokrmu se používá horká voda. Dehydratované pokrmy jsou zabaleny ve speciálním vícevrstevném obalu a ohřev pokrmu se provádí v obalu zalitím horkou vodou. Vyhláška MO ČR 266/199sb. a 272/1999 sb. stanovuje způsob a formy poskytování naturálního stravování vojáků ve vojenské službě a vojáků v záloze povoláných na vojenské cvičení. BPD mohou být využity i při řešení krizových situací na území ČR. Tyto potraviny jsou v současné době doplněny o vegetariánské pokrmy a jídla respektující náboženské požadavky (Hrabě, 2006).

4 MIKROORGANISMY VE STERILOVANÝCH DEHYDRATOVANÝCH POTRAVINÁCH

4.1 Sterilované potraviny

Proti působení tepla jsou nejvíce rezistentní sporogenní termofilní anaerobní mikroorganismy, jejichž spory snášejí podle okolností teplotu 100 °C několik desítek minut (Steinhauser, 1995).

Na nedostatečnou sterilizaci poukazuje důkaz sporotvorných bakterií jako jediného původce mikrobiálního kažení. Nejčastěji přežívají spory termofilních bakterií. Jejich minimální růstová teplota je vyšší než 40 °C, proto se jimi způsobené kažení konzerv vyskytuje především v tropech. Sporotvorné bakterie především *Clostridium*, tvoří při fermentaci plyny H₂ a CO₂, což způsobuje bombáže obalů, nepříjemný zápach, změny barvy a textury potraviny. Slabé kysání bez tvorby plynu způsobuje *Weizmannia* (dříve *Bacillus*) *coagulans* (Görner, 2004).

V konzervách s nízkým obsahem kyselin bývají izolovány tři převládající druhy mikroorganismů odolných vůči teplu *Geobacillus stearothermophilus*, *Moorella thermoacetica* a *Thermoanaerobacterium* spp. Jedná se o sporotvorné bakterie, které způsobují kažení potravin. V tepelně upravených potravinách jsou bakterie tvořící spory považovány za nejvíce rizikové. Bakterie způsobující kažení potravin jsou nyní klasifikovány do tří odlišných řádů, k nimž se přidávají nedávno popsané *Thermoanaerobacterales*. Do řádu *Caryophanales* (dříve *Bacillales*) jsou zařazeny aerobní tyčinky rodů *Bacillus*, *Geobacillus*, *Anoxybacillus*, *Alicyclobacillus*, *Paenibacillus* a dalších rodů vyčleněných z rodu *Bacillus*, zatímco u řádu *Eubacteriales* (dříve *Clostridiales* a *Desulfuromaculales*) byly hlášeny případy kontaminace anaerobními druhy rodu *Clostridium* a dalšími rody vyčleněnými z tohoto rodu. Řád *Thermoanaerobacterales* zahrnuje především termofilní anaeroby, dříve řazené pod *Clostridiales* (nyní *Eubacteriales*), ale také některé dnes již zastaralé rody jako *Acetogenium* a *Thermobacteroides* (nyní jsou oba tyto rody zařazeny do rodu *Thermoanaerobacter*). Tento řád je velmi rozmanitý, s případovými zprávami o kontaminaci *Moorella* (dříve známý jako rod *Clostridium*), *Thermoanaerobacter*, *Thermoanaerobacterium*, *Caldanaerobacter*, *Caldanaerobius* a *Gelria*. Kažení potravin je způsobeno klíčením a vyrůstáním spor, což jsou klíčové faktory stability a nestability tepelně upravených potravin. Zkažení potravin je charakterizováno změnami textury a zápachu, kolísáním pH a produkcí plynu a závisí hlavně na druhu a potravinové matici (André, 2017).

V kyselých potravinách se může pomnožit termofilní sporulant *Weizmannia* (dříve *Bacillus*) *coagulans* nebo mezofilní druhy rodu *Bacillus*, jako je *Paenibacillus* (dříve *Bacillus*) *macerans*, *Paenibacillus* (dříve *Bacillus*) *polymyxa*. *Clostridium pasteurianum* tvoří v konzervách plyn a kyselinu máselnou (Görner, 2004).

Jestliže se konzervy skladují při pokojových teplotách, mohou se jejich kažení účastnit mezofilní sporetvorné bakterie jako *Clostridium sporogenes* a toxin tvořící *Clostridium botulinum* typ A a B (Görner, 2004).

Při netěsnostech obalu se mikroorganismy dostávají do konzerv po jejich sterilaci v důsledku podtlaku, který vznikne při chlazení. V úvahu přichází např. *Enterobacteriaceae*, bakterie mléčného kvašení nebo kvasinky. Plísně jsou náročné na kyslík, a proto se vyskytují jen při velkých netěsnostech. Nejsou vyloučeni ani původci alimentárních intoxikací a toxikoinfekcí *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, salmonely a jiné (Görner, 2004).

4.2 Dehydratované potraviny

Požadavek na absolutní bezpečnost potravin má kořeny v naší instinktivní netolerantnosti ke všemu, co přestupuje naše osobní hranice a co nás může atakovat zevnitř. Takový atak nemusí být zrovna formou akutní otravy, ale může způsobit pouze malou chemickou změnu způsobenou produkovaným toxinem nebo karcinogenní látkou, jejichž efekt se může projevit za řadu let. Z toho vyplývá, že zdravotní riziko z požívání potravin je téměř neomezené, pokud se nevěnuje dostatečná pozornost odstranění všech příčin a faktorů, které mohou při technologickém procesu kvalitu a zdravotní nezávadnost potravin negativně ovlivnit. Biologická nebezpečí jsou vzhledem k možným následkům a počtu postižených nejvýznamnější (Kadlec, 2009).

Sušené potraviny jsou potraviny s nízkou aktivitou vody, která se pohybuje od 0,03 do 0,7. Vzhledem k tomu, že tyto produkty mají nízký obsah zbytkové vody, inhibují růst mikroorganismů a jsou obecně považovány za bezpečné vůči bakteriím přenášenými potravinami. Existuje však řada hlášených případů nemocí přenášených potravinami, které byly způsobeny konzumací sušených potravin kontaminovaných *Salmonella* spp., *Cronobacter* spp., *Staphylococcus* spp. a *E. coli*. Výzkum odhalil, že patogeny přenášené potravinami, včetně

Salmonella, mohou v sušených potravinách přežívat. Mezi předpokládané mechanismy používané těmito patogeny k přežití patří akumulace molekul osmoprotektivních látek, tvorba biofilmu včetně zapouzdření a filamentace (Chitrakar, 2019).

Kontaminace těchto produktů může být způsobena neadekvátními hygienickými postupy, kontaminovaným vybavením, nedostatkem specifických znalostí o hygieně osob, manipulací s potravinami nebo nevhodnými podmínkami skladování (Chitrakar, 2019).

Z hlediska mikrobiální inaktivace je suché teplo méně účinné než vlhké teplo, protože buněčné proteiny, které jsou důležitou složkou při udržování životaschopnosti buněk, jsou více stabilní v suchém stavu. Během sušení může odstranění vody indukovat DNA a rozpad RNA, denaturaci proteinů, cytoplazmatickou změnu membrány a poškození buněčné stěny (Chitrakar, 2019).

V potravinách s nízkou vlhkostí se dostává do popředí zájmu vědců *Salmonella*. Přestože se *Salmonella* nemnoží v prostředí s vodní aktivitou nižší než 0,92, mohou přežít toto prostředí po velmi dlouhou dobu. Dehydratace navíc činí bakterie rodu *Salmonella* odolnější vůči dalším stresům způsobeným zpracováním potravin. Vysušená *Salmonella* může přežít při velmi vysoké teplotě, když je vystavena suchému teplu. Bylo zjištěno, že *Salmonella* spp. přežila téměř 5 minut při pražení kakaových bobů teplotu 130 °C (Chitrakar, 2019).

Závažné onemocnění z potravin může způsobovat rod *Cronobacter*. Je uveden mezi patogeny v kategorii vážné nebezpečí pro omezené populační skupiny, které představují kojenci a lidé s oslabenou imunitou. Ve srovnání s nebezpečím alimentárního onemocnění způsobeného *Salmonella* spp. je u zdravých osob a dětí velmi malé (Chitrakar, 2019).

V potravinách jsou schopné přežít i některé sporotvorné patogenní mikroorganismy (např. *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*). Tyto populace se však musí rozmnožit na relativně vysoké populace, než jsou schopny produkovat toxiny způsobující onemocnění (Chitrakar, 2019).

Podle nejnovějších výzkumů lze dojít k závěru, že sušené potraviny nejsou ze své podstaty mikrobiologicky bezpečné a vyžadují další překážky k dosažení mikrobiální bezpečnosti (Chitrakar, 2019).

Obecně platí, že většina sušeného ovoce má dostatečně nízkou a_w inhibovat bakteriální růst (Montville, 2012).

Na čerstvém ovoci se mohou vyskytovat patogenní mikroorganismy, jako jsou *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*. Skupina *Pseudomonas* a *Enterobacteriaceae* jsou hlavní části přirozené mikrobiální mikroflóry nacházející se na povrchu rostlin a jsou normálně pro člověka nepatogenní. Počet bakteriálních mikroorganismů se pohybuje mezi 10^4 a 10^8 CFU/g v závislosti na ročním období a klimatických podmínkách. Bakterie lze nalézt v malém počtu i ve vnitřních tkáních ovoce v důsledku příjmu kontaminované vody při zavlažování nebo mytí (Rai, 2014).

V ovoci i zelenině se nachází mnoho sloučenin, které mohou zvýšit přežití mikroorganismů během dehydratace. Během sušení čistých kultur prokazatelně zvyšují přežití cukry, polypeptidy, polyalkoholy, aminokyseliny, glycerol a karboxylové kyseliny. Ovoce bohaté na kyseliny snižuje pH, což v kombinaci s tepelným namáháním urychluje usmrcení mikroorganismů. Při přežívání mikroorganismů při sušení potravin se dá tedy očekávat velká variabilita v závislosti na jejich struktuře a složení (Chitrakar, 2019).

Hlavními původci kažení ovoce jsou zástupci rodů plísní *Penicillium*, *Aspergillus*, *Sclerotinia*, *Botrytis* a *Rhizopus* (Rai, 2014).

Hlavním rezervoárem plísní je půda, z níž se dostávají do vzduchu a na organický materiál, proto se často vyskytují jako vzdušná kontaminace. Vzhledem k přísně aerobní povaze se mohou rozmnožovat většinou pouze na povrchu napadeného materiálu. Jsou nenáročné na uhlíkaté živiny a mají schopnost využívat vzdušnou vlhkost. Mají schopnost rozmnožovat se za nízké vodní aktivity, za velmi nízkého pH i za nízké teploty. Na rozdíl od bakterií se plísně rozmnožují mnohem pomaleji, a proto mohou konkurovat bakteriím pouze při extrémních podmínkách. Většina plísní nepřežívá teplotu 70 -75 °C (Šilhánková, 2008).

Populace kvasinek a plísní na sušeném ovoci jsou obvykle průměrné 10^3 CFU/g. Mezi kvasinky spojené s kažením sušeného ovoce patří *Zygocharomyces rouxii* a druhy *Hanseniaspora*, *Candida*, *Debaryomyces* a *Pichia*. Formy schopné růstu pod $a_w = 0,85$ zahrnují několik druhů *Penicillium* a druhy *Aspergillus* (zejména série *Aspergillus strictus*), *Eurotium* spp. (série *Aspergillus glaucus*) a *Wallemia sebi* (Montville, 2012).

Některé mikroskopické vláknité houby produkují toxické látky, mykotoxiny. Ty jsou považovány za jednu z nejnebezpečnějších látek mikrobiálního světa. Mykotoxiny poškozují různými mechanismy některé orgány a tkáně teplokrevných živočichů. V současné době je známo více než 450 druhů mykotoxinů. Nejvýznamnější mykotoxiny jsou produkovány zá-

stupci rodů *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Myrothecium*, *Penicillium*, *Phoma* a *Stachybotrys*. Nejznámější mykotoxiny jsou aflatoxiny (B, B₂, G₁, G₂, M₁, M₂), ochratoxin A, fumosiny B₁, B₂), citrinin, zearaleon, deoxinivalenol, toxiny T-2 a HT-2. Mykotoxiny se nejčastěji vyskytují v obilí a výrobcích z něho, v cereáliích, v ořechovinách, sušeném ovoci, koření, pivu a vínu, kávě, ovoci a ovocných šťávách, v mléčných a masových výrobcích (Světlíková, 2020).

Téměř všechny mykotoxiny poškozují játra a ledviny, negativně působí na imunitní systém a některé jsou potenciálně karcinogenní. I přijímání malých dávek mykotoxinů po delší dobu může ohrozit zdraví. To je důvod, proč orgány úřední kontroly potravin sledují množství mykotoxinů v potravinách. Také Evropská unie v rámci svojí legislativy (Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, Nařízení Komise (ES) č. 1126/2007) přikazuje kontrolování potravin na výskyt mykotoxinů (Světlíková, 2020).

K oznamování přímého nebo nepřímého rizika pro lidské zdraví pocházejícího z potravin nebo krmiva slouží systém rychlého varování pro potraviny a krmiva RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed). Tento systém umožňuje rychlé a účinné sdílení informací o nebezpečných potravinách nebo krmivech mezi členy systému: Evropskou komisí, členskými státy EU a EFTA (Island, Lichtenštejnsko a Norsko) a Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA). Systém byl zřízen na základě článku 50 Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin (RASFF, 2002).

Přibližně 1/3 informací v systému RASFF se týká mykotoxinů (Světlíková, 2020).

Kažení ovoce působením plísní je spojené s pektolytickou a celulólytickou aktivitou, která způsobuje změkčení a oslabení rostlinných struktur. Tyto struktury jsou důležitými bariérami, které zabraňují invazi a růstu kontaminujících mikroorganismů v produktech (Rai, 2014).

Většina studií naznačuje, že pokud jsou potraviny předem ošetřeny kyselinou askorbovou, disiřičitanem sodným nebo jsou aplikovány různé kombinované metody, jako je UV záření, superkritický oxid uhličitý (SCO₂), sušení nízkotlakou přehřátou párou (LPSSD) a sušení pomocí infračerveného záření (IR), mohou být účinné při inaktivaci mikroorganismů (Alp, 2021).

Pro dekontaminaci plísní a degradaci aflatoxinu v sušených plodech se využívá UV záření, na bakteriální spory se využívá IR teplo, což vedlo k vynikající účinnosti při inaktivaci zejména vysoce tepelně odolných mikrobiálních spor (*Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger* (Alp, 2021).

4.3 Indikátorové mikroorganismy

Mikroflóra potravin se při získávání a technologickém zpracování mění v širokých kvantitativních a kvalitativních hranicích. Z důvodu zdravotní bezpečnosti, zachování správných technologických postupů a trvanlivosti potravin se musí potraviny pravidelně mikrobiologicky vyšetřovat. V kontrolní praxi však není možné vyšetřovat potraviny na všechny nežádoucí mikroorganismy. Časem byly vytypovány některé druhy, rody a mikrobiální skupiny a jejich numerické limity, které poskytují informaci o mikrobiologickém stavu a mikrobiologických procesech probíhajících ve vyšetřovaných potravinách. Tyto mikroorganismy a jejich počty se nazývají indikátorové mikroorganismy a indikátorové limity (Görner, 2004).

Indikátorové bakterie a jejich počty, které informují o primární a sekundární kontaminaci surovin a potravin, ploch stýkajících se s potravinami a o zachování zásad správné výrobní praxe jsou:

- Celkový počet mikroorganismů (CPM)
- Počet koliformních bakterií (KFB)
- Počet bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae* (EBA)
- Počet enterokoků (ENT)
- Počet psychrotrofních bakterií (PTB)
- Počet termorezistentních bakterií (TRB)
- Počet termofilních bakterií (TFB)

Indikátorové mikroorganismy a jejich počty informující převážně o kažení potravin jsou:

- Počet kvasinek a plísní (KAP)
- Počet aerobních sporotvorných bakterií (AES)
- Počet anaerobních sporotvorných bakterií (ANS)
- Počet proteolytických bakterií
- Počet bakterií rodu *Proteus*
- CPM, PTB, KFB, EBA (Görner, 2004)

Negativní význam kvasinek a plísní spočívá především ve schopnosti způsobovat kažení potravin svou proteolytickou a lipolytickou činností, u plísní je riziko tvorby mykotoxinů. Kvasinky a plísně je vhodné využít jako indikátory mikrobiologické jakosti potravin u kysaných mléčných výrobků, potravin rostlinného původu, potravin s nízkou aktivitou vody (sušené potraviny), skladovaných mražených výrobků, másla a margarínů a u výrobků studené kuchyně (majonézové saláty, majonéza apod.). Významným indikátorem kažení potravin jsou dále proteolytické bakterie, především grampozitivní anaerobní sporuláty (rod *Clostridium*), enterokoky a z gramnegativních psychrotrofních bakterií to jsou především rody *Pseudomonas* a *Proteus*. Indikátorový význam psychrotrofních bakterií spočívá v informaci o mikrobiální kontaminaci potravin z pohledu možnosti jejich skladování při chladírenských teplotách. Jedná se především o gramnegativní tyčinky rodů *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Alteromonas*, *Vibrio*, *Serratia* a také grampozitivní bakterie rodu *Bacillus* a *Listeria* (Bursová, 2014).

Čeleď *Enterobacteriaceae* zahrnuje mnoho rodů, včetně těch, které se vyznačují fermentací laktózy (např. *Escherichia* a *Enterobacter*) a ty které nefermentují laktózu (např. enteropatogenní *Proteus* a *Serratia*, stejně jako *Salmonella* a *Shigella*) (Modi, 2009). Jedná se o gramnegativní nesporulující aerobní a fakultativně anaerobní pohyblivé nebo nepohyblivé krátké tyčinky, patří sem nepatogenní, podmíněně patogenní a vysloveně patogenní druhy. Jejich indikátorový význam je třeba chápat ve specifických souvislostech s jejich vlastnostmi, charakterem vyšetřovaného materiálu a technologií jeho získání, opracování a zpracování (Görner, 2004).

Anaerobní sporotvorné bakterie (ANS) nejsou ve všeobecnosti v potravinách vítané. V prostředí rostou velmi dobře ve společnosti aerobních sporotvorných bakterií, aerobních hnilobných bakterií a kvasinek, které jim v prostředí spotřebují vzdušný kyslík a organické kyseliny. Spory ANS na rozdíl od vegetativních forem snášejí dobře vzdušný kyslík, bez omezení jejich schopnosti klíčit a měnit se ve vegetativní formy. Mají v oblibě vyšší mezofilní teploty a jejich spory v kyselém prostředí neklíčí ($\text{pH} < 5$). Patří sem především bakterie rodu *Clostridium* (Görner, 2004).

Přítomnost a počet aerobních sporotvorných bakterií indikuje stupeň primární a sekundární kontaminace surovin, potravin a předmětů denního užívání mikroorganismy z vnějšího prostředí. Vyskytují se v tepelně upravených nebo nedostatečně sterilovaných pokrmech nebo při nevhodném skladování. Jedná se převážně o příslušníky rodu *Bacillus* (Görner, 2004).

5 MOŽNOSTI DETEKCE MIKROORGANISMŮ V DEHYDROVANÝCH A STERILOVANÝCH POTRAVINÁCH

Základním a nejčastěji používaným postupem sloužícím k přímému průkazu infekčního agens jsou kultivační metody. Pro přípravu kultivačních půd je ideální agar, což je polysacharid původem z mořských řas. Rozpouští se asi při 90 °C a tuhne přibližně okolo 35 až 45 °C. Dodnes využívané Petriho misky zavedl v roce 1887 Richard Petri, spolupracovník Roberta Kocha, německého mikrobiologa a zakladatele bakteriologie (Votava, 2000).

Kultivační metody umožňují jak kvantitativní, tak i kvalitativní stanovení. Konvenční kultivační metody jsou dobře zavedené, jednoduché a levné. Mezi jejich nevýhody, zejména při stanovení patogenních mikroorganismů, patří vizuální detekce růstu a nezbytnost kultivace v několika živných médiích. To má za následek zvýšenou pracnost, subjektivní hodnocení výsledků a zejména dlouhou dobu stanovení (Bursová, 2014).

Za posledních 30 let se zdvojnásobil počet uznaných potravinářských patogenů. Potravinoví mikrobiologové stále studují pouze mikroorganismy, které lze pozorovat pod mikroskopem a na agarovém médiu v Petriho miskách. Odborníci tvrdí, že pouze 1 % všech bakterií v biosféře lze zjistit kultivačními metodami (Montville, 2012).

Cesta k bezpečnosti potravin založená na systému HACCP, vyžaduje nutnost rychlejších a spolehlivějších metod detekce mikroorganismů. Kromě výskytu nových alimentárních patogenů, které způsobují onemocnění z potravin, mohou mikroorganismy způsobit i kažení potravin, což může způsobit významné ekonomické ztráty. Důležité je proto najít způsoby detekce patogenních mikroorganismů i mikroorganismů způsobujících kažení v potravinách v počátečních růstových fázích (Hameed, 2018).

Potraviny jsou složité systémy, jsou směsí tuků, uhlohydrátů, proteinů, konzervačních a jiných chemických látek. Mohou být pevné suché, kapalné nebo polotuhé konzistence. Tyto atributy ztěžují zpracování vzorku pro mikrobiologickou analýzu. I když jsou tyto překážky při zpracování vzorku překonány, komplikují detekční proces potravinářské patogeny, které mohou být na velmi nízké úrovni. Významného pokroku bylo dosaženo vývojem rychlých detekčních metod (Montville, 2012).

Mezi rychlé metody detekce patří metody založené na sekvenci nukleových kyselin (PCR, real-time PCR, multiplexní PCR, sekvence nukleových kyselin), technologie založené na biosenzorech a imunologické metody (ELISA) (Hameed, 2018).

V posledních 20 letech došlo k explozi testů založených na nukleových kyselinách (RNA a DNA) pro diferenciaci a identifikaci potravinářských patogenů. Metody DNA zahrnují PCR, gelovou elektroforézu v pulzním poli, ribotypizaci, plazmatické střední typizace a náhodně amplifikovanou polymorfni DNA. Některé z těchto metod byly automatizovány a sady jsou k dispozici pro usnadnění získání čisté DNA. Nejrozšířenější a nejpoužívanější metodou je PCR. Tato metoda je tříkrokový proces, který je založen na amplifikaci a specifické segmentaci buněčné DNA. V současné době existuje pouze několik komerčně dostupných PCR souprav pro identifikace potravinářských patogenů. Přestože je test extrémně citlivý, vybavení potřebné pro provedení testu je drahé, vyžadována je odbornost a testy PCR jsou ovlivněny komplexními složkami jídla (Montville, 2012). Za snížení citlivosti nebo úplné selhání reakce mohou být odpovědné bakteriální enzymy, polysacharidy, proteiny, lipidy a další složky potravin (Bursová, 2014).

Rychlou a velmi přesnou identifikaci a typizaci mikroorganismů poskytuje hmotnostní spektrometrie s laserovou desorpčí a ionizací za účasti matrice s průletovým analyzátozem MALDI-TOF MS (matrix assisted laser desorption/ionization time-of-flight Mass Spectrometry) je ionizační technika, která umožňuje analytické stanovení biomolekul tvorbou iontů (Hameed, 2018). Hmotnostní spektrometrie MALDI-TOF patří mezi chemotaxonomické metody. Proces identifikace je založen na analýze ribozomálních a dalších proteinů v buňce (Bursová, 2014). Další ionizační technikou v hmotnostní spektrometrii je elektrosprejová ionizace (ESI-MS), která využívá k tvorbě iontů elektrospreje, ve kterém se z kapaliny vytvoří jemný aerosol (Hameed, 2018).

Za nový přístup k rychlé detekci patogenů v potravinách jsou považovány biosenzory. Biosenzory mohou převádět biologické, chemické nebo biochemické signály na měřitelné elektrické signály, obsahují biologický detekční materiál kombinovaný s chemickým nebo fyzikálním převodníkem. Slovo biosenzor označuje efektivní a kreativní analytické zařízení, které má biologické funkce snímání s širokou škálou aplikací, jako je např. bezpečnost potravin, monitorování životního prostředí, biomedicína a objev léků. Jsou široce používány při identifikaci a detekci bakterií a přilákaly veliký zájem jako jedny z nejučinnějších a nejpresnějších metod analýzy potravin a monitorování jejich bezpečnosti. Využívají se při monitorování v místě detekce a tím poskytují podrobnosti v reálném čase během celého výrobního procesu. Biosenzory jsou kategorizovány v závislosti na principu jejich činnosti. Příklady biosenzorů zahrnují elektrochemické, mechanické, biologické, akustické senzory, povrchové plazmové rezonance a optické biosenzory. Chen a kolektiv (Chen, 2018) vytvořili

polyanilin uhlíkové nanotrubičky jako redoxní nanosondu připojenou k signální sondě pro zesílení elektrochemického signálu pro detekci *Mycobacterium tuberculosis*. Jednorázový potenciometrický biosenzor na bázi papíru byl navržen pro detekci *Salmonella Typhimurium*. K získání výsledků stačilo méně než 5 minut (Ali, 2020).

Pokroky v mikrovýrobě a v mikrofluidice a vývoj technologie lab-on-a-chip (LOC) nabídly v poslední době nové možnosti v mnoha oblastech a také v mikrobiologii a monitorování potravinové bezpečnosti. Ve skutečnosti je LOC nejvhodnějším přístupem k řešení problému izolace bakterií díky vyššímu poměru povrchu k objemu v mikrokanálu (který zvyšuje aktivní plochu mikrozařízení pro zachycení buněk) a dává možnost integrovat další komponenty, jako jsou mikropilíře, mikrofiltry a mixéry, které zvyšují možnost zachycení buněk. V budoucnu budou biosenzory integrovány s dalšími moduly, aby bylo možné provádět všechny analytické postupy na stejném čipu (Poltronieri, 2014).

Například Jiang (Jiang, 2014) se posunul k takové integrované platformě představením levného miniaturizovaného a citlivého bakteriálního senzoru založeného na elektrické impedanční spektroskopii spojené s platformou smartphonu. Navržená platforma se skládá ze vzájemně propojených elektrod na mikrostrukturálním silikonovém substrátu a mikrofluidní komory na bázi nanoporézního filtračního papíru, který se používá k předkoncentraci bakterií v roztocích vzorků, což snížilo detekční limit na 10 bakteriálních buněk/ml (Poltronieri, 2014).

Za zmínku stojí i několik dalších metod, jako jsou luminiscenční testy, průtoková cytometrie a impedance. Zvláštní význam pro potravinářský průmysl EU mají metody založené na bioluminiscenci, které mohou poskytnout rychlý odhad celkového mikrobiálního zatížení (Montville, 2012). Přítomnost konkrétních typů bakterií nelze určit, ale množství produkovaného světla je přímo úměrné koncentraci ATP vstupujícího do reakce a souvisí s počtem metabolicky aktivních buněk ve vzorku (Bursová, 2014).

Budoucí rychlé testy budou pravděpodobně založené na nanotechnologiích (Montville, 2012).

Bakteriální vyšetření potravin je časově poměrně zdlouhavé. Tuto nevýhodu mohou nahradit systémy, které potřebu mikrobiologického zkoušení omezují díky tomu, že jsou schopné předvídat pravděpodobnost růstu mikroorganismů v konkrétní potravine na základě hodnot určitých parametrů. To umožňuje obor tzv. prediktivní mikrobiologie, která využívá matematicky modelované programy, vycházející ze znalostí problematiky vnitřních a vnějších

faktorů. Programy využívané v prediktivní mikrobiologii umožňují díky využití regresních rovnic předvídat pravděpodobnost růstu mikroorganismů nebo produkce toxinu v závislosti na výrobních a skladovacích podmínkách (Bursová, 2014).

Každý mikroorganismus má své přesně definované nároky a pomnožuje se jen při určitých hodnotách vnitřních a vnějších faktorů. Interpretaci těchto dat lze úspěšně předpovídat, zda dojde k rozvoji určitého mikroorganismu nebo k jeho inhibici, případně k produkci bakteriálních toxinů. Tyto programy jsou nejčastěji zaměřeny na předpověď růstu patogenních mikroorganismů (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Clostridium botulinum*, apod.). Výsledkem použití programů je vytvoření růstové křivky pro zvolenou bakterii, která je znázorněna na základě konkrétních vložených hodnot vybraných vnitřních a vnějších faktorů dané potraviny. Křivky bývají často doprovázené také údaji o délce lag-fáze či generační době. V případě modelace odumírání bakterií při tepelném opracování potravin programy poskytují termoinaktivační přímky. Programy prediktivní mikrobiologie umožňují výrobcům potravin předpovídat následky případných změn prostředí na bezpečnost a trvanlivost potravin, včetně návrhů vhodných úprav podmínek prostředí u nově vyvíjených výrobků. Dále programy umožňují objektivně stanovit podmínky technologických operací při výrobě potravin s ohledem na mikrobiologické požadavky systému Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). Pomocí zmíněných programů je také možné odhadnout následky odchylek parametrů v procesu zpracování a uskladnění mikrobiologicky rizikových produktů (Bursová, 2014).

Mikrobiologická kritéria se používají k rozlišení mezi přijatelným a nepřijatelným produktem nebo mezi přijatelnými a nepřijatelnými postupy zpracování potravin. Počty a typy mikroorganismů spojené s potravou lze použít k posouzení její mikrobiologické bezpečnosti a kvality. Bezpečnost je určena nepřítomností, přítomností nebo úrovní patogenů nebo jejich toxinů. Množství mikroorganismů způsobujících kažení potravin odráží mikrobiologickou kvalitu nebo nezávadnost potraviny. Indikátorové mikroorganismy mohou být použity k posouzení mikrobiologické kvality nebo bezpečnosti. Konkrétně se mikrobiologická kritéria využívají k posouzení bezpečnosti potravin, dodržování správné výrobní praxe, skladování potravin podléhajících kažení a určení vhodnosti potraviny nebo její složky pro konkrétní účel. Vhodně aplikovaná mikrobiologická kritéria zajišťují bezpečnost a kvalitu potravin (Montville, 2012).

Výsledky vyšetření závisejí na použité analytické metodě, a proto by měla být s každým mikrobiologickým kritériem spjata určitá referenční metoda. Provozovatelé potravinářských podniků by však měli mít možnost používat jiné analytické metody, než jsou metody referenční, zejména pak rychlejší metody, pokud ovšem používání těchto alternativních metod vede k rovnocenným výsledkům. K zajištění harmonizovaného provádění musí být pro každé kritérium rovněž vymezen plán odběru vzorků. Je však nutné umožnit používání jiných plánů odběru vzorků a vyšetření, včetně používání alternativních indikátorových organismů, za předpokladu, že tyto plány poskytují rovnocenné záruky bezpečnosti potravin (Nařízení Komise (ES) č. 2073/2005, 2005).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo ověření mikrobiální bezpečnosti dehydrovaných a sterilovaných pokrmů. Byly použity nepřímé kultivační metody stanovení počtu buněk. Metoda vychází ze základního empiricky ověřeného předpokladu, že z jedné životaschopné buňky vyrůstá 1 kolonie. Pomocí metody byl zjišťován celkový počet buněk indikátorových mikroorganismů, počítáním kolonií vyrostlých na agarových půdách.

Dílčí cíle práce byly stanoveny takto:

- Stanovení mikrobiologické jakosti vzorků ovoce a pokrmů
- Porovnání mikrobiologické kvality vzorků upravených různými konzervačními metodami
- Mikrobiologická analýza vzorků po termostatové zkoušce
- Stanovení mikrobiologické kvality vzorků po dvou měsících skladování při různých teplotách
- Formulace závěrů týkajících se mikrobiologické jakosti a možností využití

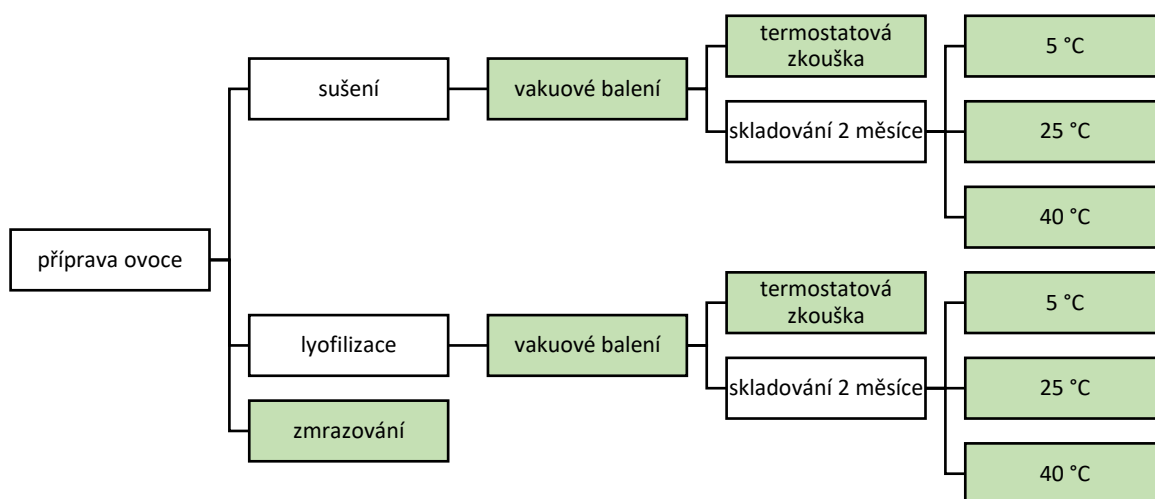
7 STANOVENÍ PŘÍTOMNOSTI MIKROORGANISMŮ VE VYBRANÝCH DEHYDROVANÝCH A STERILOVANÝCH POKRMECH

7.1 Použité vzorky potravin

Všechny testované vzorky potravin byly vyrobeny na Katedře logistiky Univerzity obrany v Brně a měly by sloužit jako podklad pro vývoj nových bojových dávek potravin.

7.1.1 Ovoce

Vzorky po podbarvených technologických operacích (obrázek 4) byly podrobeny mikrobiologickému rozboru. Bylo použito 5 druhů ovoce, v sušeném a lyofilizovaném stavu (obrázek 5-8), po termostatové zkoušce a po skladování po dobu 2 měsíců při různých teplotách. Pro porovnání byla provedena mikrobiologická analýza vzorků ovoce vstupujících do procesu sušení a lyofilizace. Parametry sušení a lyofilizace byly uspořádány do tabulky 6. Výsledky byly zapsány do tabulek.



Obrázek 4: Schéma experimentu – ovoce

Tabulka 6: Charakteristika vzorků ovoce

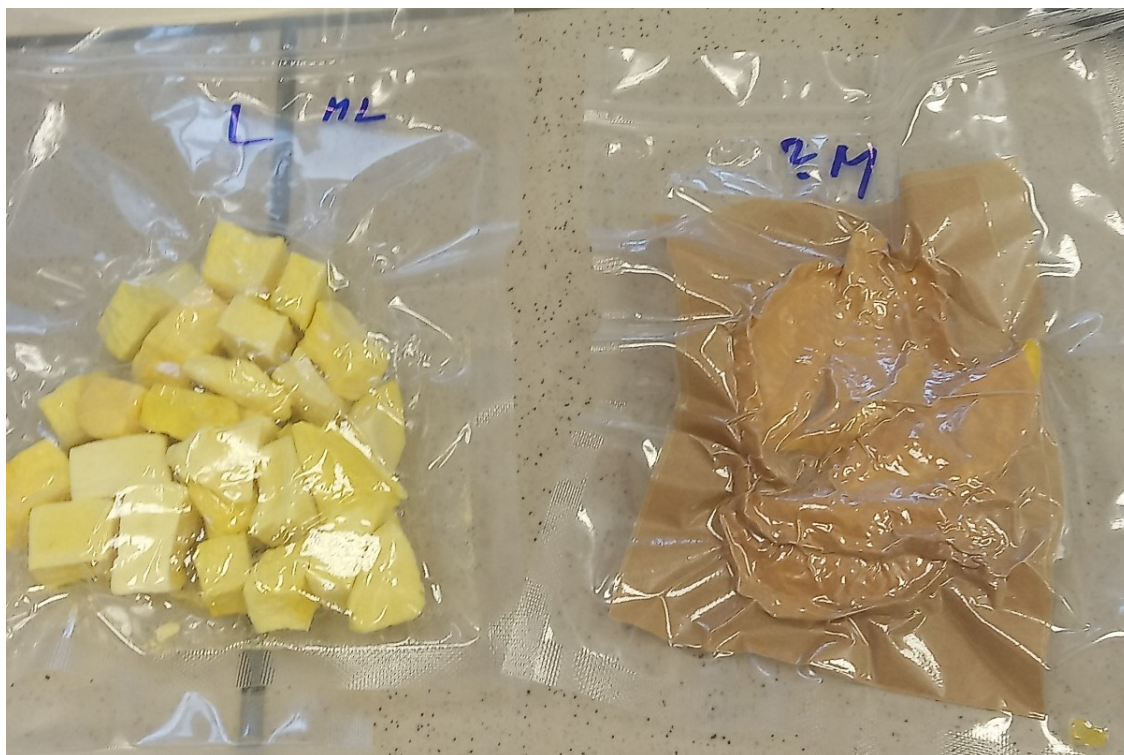
Ovoce	Parametry sušení/lyofilizace	Úbytek vody během sušení [%]
Banán sušený	čas sušení 23 hodin/teplota 55 °C	73,5
Banán lyofilizovaný	tlak 34 Pa/čas chlazení 10 hod/čas sušení 35 hod	73,5
Kiwi sušené	čas sušení 35 hodin/ teplota 55 °C	83,7
Kiwi lyofilizované	tlak 34 Pa/čas chlazení 10 hod/čas sušení 35 hod	84,7
Mango sušené	čas sušení 35 hodin/teplota 55 °C	86,0
Mango lyofilizované	tlak 34 Pa/čas chlazení 10 hod/čas sušení 35 hod	83,7
Ananas sušený	čas sušení 45 hodin/teplota 55 °C	86,0
Ananas lyofilizovaný	tlak 34 Pa/čas chlazení 10 hod/čas sušení 35 hod/čas dosušení 7 hod	86,3
Pitaya sušená	čas sušení 52 hodin/teplota 55 °C	86,1
Pitaya lyofilizovaná	tlak 34 Pa/čas chlazení 7 hod/čas sušení 35 hod	86,6



Obrázek 5: Vzorky banánu vlevo sušený, vpravo lyofilizovaný



Obrázek 6: Vzorky kiwi – vlevo lyofilizované, vpravo sušené



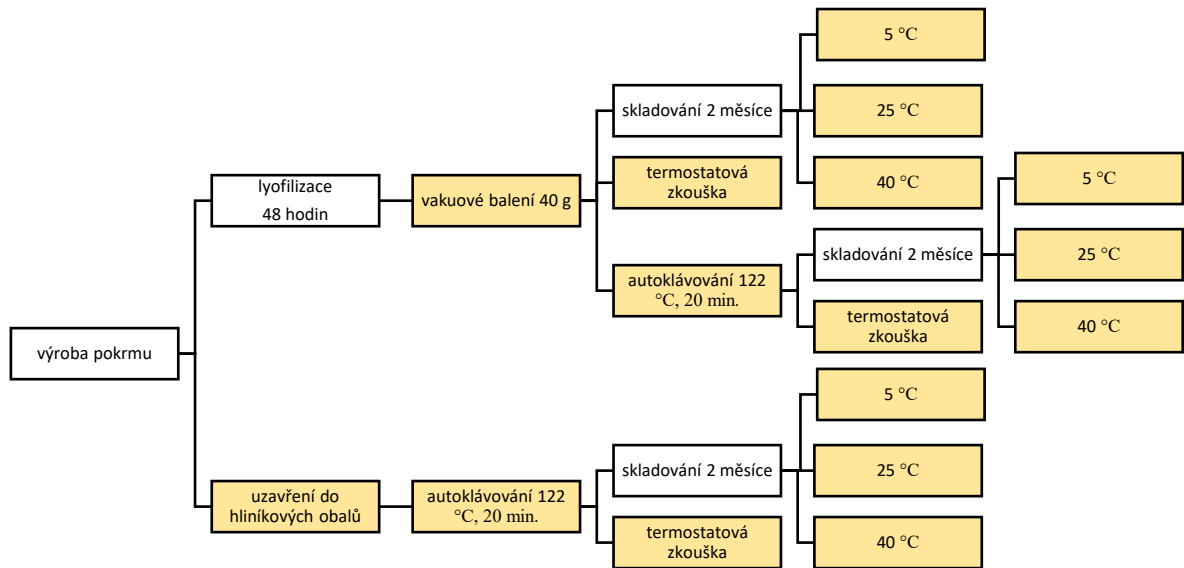
Obrázek 7: Vzorky manga – vlevo lyofilizované, vpravo sušené



Obrázek 8: Vzorky pitaya – vlevo sušená, vpravo lyofilizovaná

7.1.2 Pokrmy

Vzorky po podbarvených technologických operacích (obrázek 9) byly podrobeny mikrobiologické analýze. Bylo použito 7 pokrmů, z toho 2 byly vegetariánské. Všechny pokrmy byly po uvaření balené v hliníkových konzervách, část zůstala nesterilovaná a část byla konzervována sterilací. Nevegetariánské pokrmy byly dále sušeny lyofilizací, vakuově zabaleny do sáčku a část byla sterilována autoklávováním. Sterilované a lyofilizované vzorky byly podrobeny termostátové zkoušce a skladování po dobu dvou měsíců při různých teplotách. Výsledky byly zapsány do tabulek.



Obrázek 9: Schéma experimentu – pokrmy

Kuskus s kuřecím masem

- sterilovaná a nesterilovaná konzerva, lyofilizovaný vzorek a lyofilizovaný sterilovaný vzorek
- složení: Kuřecí prsní řízky, mražená zelenina, cibule, česnek, kuskus, pepř, sůl, olivový olej, máslo, sójová omáčka
- návod k přípravě:
 - konzerva - ohřev celé konzervy v horké vodě
 - lyofilizovaný pokrm (lyofilizovaný sterilovaný) – přelítí obsahu sáčku horkou vodou v poměru 1:1



Obrázek 10: Kuskus s kuřecím masem



Obrázek 11: Kuskus s kuřecím masem – sterilovaný vlevo, lyofilizovaný vpravo

Hovězí guláš s bramborem

- sterilovaná a nesterilovaná konzerva, lyofilizovaný vzorek a lyofilizovaný sterilovaný vzorek
- složení: hovězí krk, morkové kosti, cibule, česnek, sladká paprika, majoránka, kmín, sůl pepř, hladká mouka, sádlo, brambory pozdní
- návod k přípravě:
 - konzerva - ohřev celé konzervy v horké vodě
 - lyofilizovaný pokrm (lyofilizovaný sterilovaný) – přelití obsahu sáčku horkou vodou v poměru 1:1



Obrázek 12: Hovězí guláš s bramborem



Obrázek 13: Hovězí guláš s bramborem - sterilovaný vlevo, lyofilizovaný vpravo

Hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem

- sterilovaná a nesterilovaná konzerva, lyofilizovaný vzorek a lyofilizovaný sterilovaný vzorek
- složení: klobása, půlený žlutý hrách, majoránka, sádlo, česnek, pepř, cibule, sterilované okurky, vejce
- návod k přípravě:
 - konzerva - ohřev celé konzervy v horké vodě
 - lyofilizovaný pokrm (lyofilizovaný sterilovaný) – přelití obsahu sáčku horkou vodou v poměru 1:1



Obrázek 14: Hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem



Obrázek 15: Hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem - sterilovaný vlevo, lyofilizovaný vpravo

Rýžový nákyp s ovocem

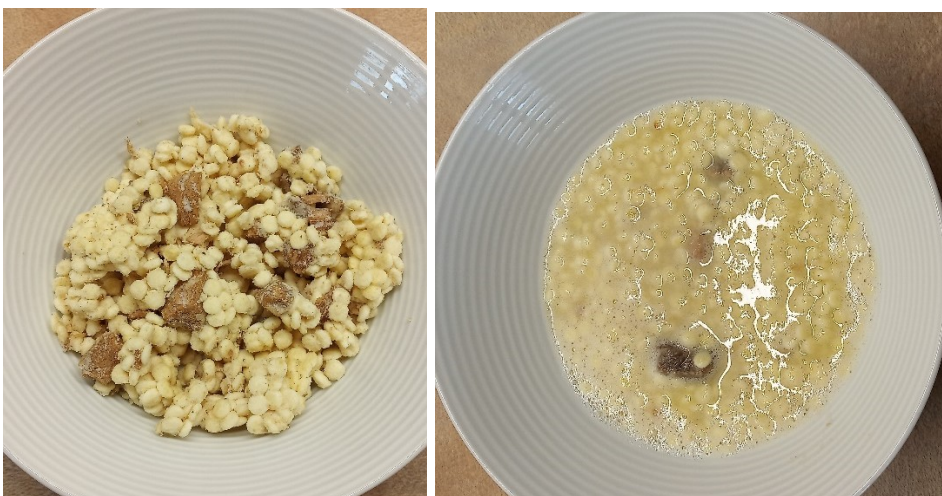
- sterilovaná a nesterilovaná konzerva, lyofilizovaný vzorek a lyofilizovaný sterilovaný vzorek
- složení: meruňkový kompot, jahodový kompot, švestky, rýže kulatozrná, mléko, máslo, smetana, cukr, vejce
- návod k přípravě:
 - konzerva - ohřev celé konzervy v horké vodě
 - lyofilizovaný pokrm (lyofilizovaný sterilovaný) – přelití obsahu sáčku horkou vodou v poměru 1:1



Obrázek 16: Rýžový nákyp s ovocem - lyofilizovaný

Vepřová kýta na smetaně s tarhoňou

- sterilovaná a nesterilovaná konzerva, lyofilizovaný vzorek a lyofilizovaný sterilovaný vzorek
- složení: vepřová kýta, sůl, pepř, sladká paprika, smetana, olej, cibule, hladká mouka, tarhoňa
- návod k přípravě:
 - konzerva - ohřev celé konzervy v horké vodě
 - lyofilizovaný pokrm (lyofilizovaný sterilovaný) – přelití obsahu sáčku horkou vodou v poměru 1:1



Obrázek 17: Vepřová kýta na smetaně s tarhoňou - lyofilizovaná

Bulgur se zeleninou

- vegetariánský pokrm
- nesterilovaná a sterilovaná konzerva
- složení: bulgur, hrášek, kukuřice, žampiony, mrkev, pepř, sůl
- návod k přípravě:
 - konzerva - ohřev celé konzervy v horké vodě



Obrázek 18: Bulgur se zeleninou

Vegetariánské chilli

- vegetariánský pokrm
- nesterilovaná a sterilovaná konzerva
- složení: fazole, paprika, česnek, drcená rajčata, chilli omáčka, sůl, pepř
- návod k přípravě:
 - konzerva - ohřev celé konzervy v horké vodě



Obrázek 19: Vegetariánské chilli

7.2 Druhy zjišťovaných mikroorganismů

Ve vzorcích potravin byly sledovány skupiny indikátorových mikroorganismů. Sledované mikroorganismy a použité kultivační půdy byly sestaveny do tabulky 7.

Tabulka 7 : Sledované skupiny mikroorganismů a kultivační půdy

Skupina mikroorganismů	Kultivační půda
Celkový počet mikroorganismů	MPA
Počet kvasinek a plísní	ChYGA
Aerobní sporulující bakterie	MPA
Anaerobní sporulující bakterie	RCA
Enterobakterie	ENDO

7.3 Kultivační půdy

Nutrient Agar - masopeptonový agar (MPA)

Jedná se o univerzální médium, které svým složením vyhovuje požadavkům na výživu širokého spektra mikroorganismů. Obsahuje výtažek z masa, pepton, sůl a agar, bývá základem pro další média (Kopecká, 2016).

Dehydratovaný Nutrient Agar firmy HiMedia Laboratories byl použitý pro detekci celkového počtu mikroorganismů a pro detekci aerobních sporulujících bakterií.

Složení:

masový pepton	5 g/l
hovězí extrakt	1,5 g/l
kvasničný extrakt	1,5 g/l
chlorid sodný	5 g/l
agar	15 g/l

Konečné pH (při 25 °C) $7,4 \pm 0,2$

Příprava:

Navážit 28,0 g přípravku do 1000 ml destilované vody a zahřívat do úplného rozpuštění. Sterilizovat v autoklávu. Před naléváním na Petriho misky důkladně promíchat.

Reinforced Clostridial Agar (RCA)

Půda je vhodná pro kultivaci a stanovení počtů *Clostridium* spp. a dalších anaerobních bakterií. Reinforced Clostridial Agar obsahuje enzymatický hydrolyzát kaseinu a hovězí extrakt jako zdroje uhláku, dusíku, vitamínů a minerálů. Kvasničný extrakt dodává vitaminy B-komplexu, které stimulují růst bakterií. Zdrojem sacharidů je dextróza. Osmotickou rovnováhu udržuje chlorid sodný. V nízkých koncentracích rozpustný škrob detoxikuje vedlejší produkty metabolismu. Cystein hydrochlorid je redukční činidlo, octan sodný působí jako pufr. Jedná se o krémový až žlutý prášek. Připravené médium tvoří na Petriho miskách světle žlutý čirý až mírně opalizující gel (M154, 2019).

Složení:

enzymatický hydrolyzát kaseinu	10 g/l
hovězí extrakt	10 g/l
kvasničný extrakt	3 g/l
dextróza	5 g/l
chlorid sodný	5 g/l
octan sodný	3 g/l
škrob	1 g/l
L-cystein hydrochlorid	0,5 g/l
agar	13,5 g/l

Konečné pH (při 25°C) $6,8 \pm 0,2$

Příprava:

Navážit 51,0 g přípravku do 1000 ml destilované vody a zahřívát do úplného rozpuštění. Sterilizovat v autoklávu. Před naléváním na Petriho misky důkladně promíchat.

Endův agar (ENDO)

Je selektivně diagnostická půda pro střevní bakterie (čeleď Enterobacteriaceae), obsahuje laktózu. Indikátorem jejího kvašení je bazický fuchsin odbarvený siřičitanem sodným. Je-li laktóza kvašena, mění se barva světle fialovočervená do temné fialové (detekce aldehydů Schiffovým činidlem). Bakterie, které kvasí laktózu, mají tmavě fialově zabarvené kolonie. Bakterie, které laktózu nezkvašují, mají kolonie růžové (Kopecká, 2016).

Pro detekci a rozlišení laktóza-pozitivních a laktóza-negativních koliformních bakterií byl použitý Endo Agar firmy HiMedia Laboratories.

Složení:

masový pepton	10 g/l
laktóza	10 g/l
siřičitan sodný	2,5 g/l
hydrogenfosforečnan (di)draselný	3,5 g/l
bazický fuchsin	0,5 g/l
agar	15 g/l

Konečné pH (při 25°C) $7,5 \pm 0,2$

Příprava:

Navážit 41,5 g přípravku do 1000 ml destilované vody a zahřívát do úplného rozpuštění. Sterilizovat v autoklávu. Před naléváním na Petriho misky důkladně promíchat.

Chloramphenicol Yeast Glucose Agar (ChYGA)

Selektivně diagnostická půda s glukózou, kvasničným extraktem a chloramfenikolem pro selektivní izolaci a stanovení počtů kvasinek a plísní. Médium obsahuje kvasničný extrakt, který poskytuje dusíkaté živiny a vitaminy B-komplexu. Zdrojem energie je dextróza. Chloramfenikol je termostabilní antibiotikum, které potlačuje doprovodnou bakteriální mikroflóru. Tím se zlepšuje skladovatelnost připraveného média a připravené médium může být používáno po dobu minimálně 4 měsíců (M1008, 2019).

Pro detekci počtu kvasinek a plísní byl použitý dehydratovaný Chloramphenicol Yeast Glucose Agar firmy HiMedia Laboratories.

Složení:

kvasničný extrakt	5 g/l
dextróza	20 g/l
chloramfenikol	0,1 g/l
agar	14,9 g/l

Konečné pH (při 25°C) $6,6 \pm 0,2$

Příprava:

Navážit 40,0 g přípravku do 1000 ml destilované vody a zahřívát do úplného rozpuštění. Sterilizovat v autoklávu. Před naléváním na Petriho misky důkladně promíchat.

7.4 Metodika stanovení

Pro stanovení indikátorových mikroorganismů byla použita nepřímá kultivační kvantitativní metoda stanovení počtu buněk. Inokulum bylo zaočkováno na předsušené agarové plotny a rozetřeno hokejkou.

7.4.1 Použité pomůcky a zařízení

Pomůcky: nůžky, pinzety, lžice, hokejky, mikrobiologické zkumavky s kovovým víčkem, odměrný válec, uzavíratelné láhve pro přípravu kultivačních médií, mikropipety se sterilními plastovými špičkami Discovery Comfort (HTL, Poland), Petriho misky, sterilní fyziologický roztok

7.4.2 Přístrojové vybavení

Plynový kahan, homogenizátor Stomacher (Seward Ltd., United Kingdom), třepačka Vortex Mixer VX-200 (Labnet International), Autokláv H+P Varioklav (H+P Labortechnik AG, Germany, Biological thermostat BT 120 (Laboratorní přístroje Praha), CO₂ anaerobní komora Series (Sheldon Manufacturing), třepačka Multi-Shaker PSU 20 (Biosan), laboratorní váhy (440-45N, KERN & Sohn GmbH, Germany), vodní lázeň WB-14 s teplotou řízenou termostatem (Mettler GmbH, Germany), očkovací box laminární Biohazard MSC 12 (Thermo Scientific, Germany), počítač kolonií vč. lupy se stativem (Schütt Labortechnik GmbH D-37079 Göttingen, Germany)

7.4.3 Příprava kultivačních půd

Kultivační půdy byly připraveny z komerčních dehydratovaných směsí podle návodu. Směsi byly naváženy na laboratorních vahách a doplněny do 400 ml. Jejich sterilita byla zajištěna sterilizací vlhkým teplem (autoklávováním) při přetlaku 1,1- 0,15 MPa a teplotě 120 °C po dobu 20 minut. Po vytemperování na 45 – 55 °C byly půdy rozlity za aseptických podmínek ve vydezinfikovaném boxu do Petriho misek tak, aby vznikla vrstva nejméně 2 mm vysoká. Půdy byly ponechány ve vodorovné poloze až do zatuhnutí a potom byly popsány a inkubovány v obrácené poloze po dobu 2-3 dní, tak aby došlo k předsušení půdy, které je nutné k povrchovému očkování. Případná mikrobiální kontaminace se projeví právě při této inkubaci. Takto připravené půdy byly uchovávány v temnu v chladničce.

7.4.4 Příprava vzorků, očkování, kultivace

Konzervy v hliníkových obalech byly otevřeny v blízkosti kahanu, asepticky bylo naváženo 5 g vzorku (vždy ze dvou balení), doplněno fyziologickým roztokem v poměru 1 : 9 a řádně homogenizováno ve Stomacheru.

Vzorky sušené, lyofilizované a mražené byly otevřeny v blízkosti kahanu, asepticky bylo naváženo 5 g vzorku (vždy ze dvou balení), doplněno fyziologickým roztokem v poměru 1 : 9. Vzory byly uzavřeny a 5 minut třepány na třepačce.

Ředění vzorků:

Bylo použito desítkové ředění. Vzorek potravin byl sterilně v blízkosti kahanu v boxu odebrán pipetou do 1. sterilní zkumavky. Do 2. připravené sterilní zkumavky s 4,5 ml fyziologického roztoku bylo asepticky odebráno 0,5 ml vzorku z 1. zkumavky a obsah zamíchán ve Vortexu. Stejným způsobem bylo provedeno i třetí ředění. Zkumavky byly označeny.

Očkování:

Pro očkování byly použity pevné půdy a vzorky byly nanесeny metodou roztěru na povrch. Vzorky byly očkovány asepticky v boxu na příslušné půdy. Na každou misku byl pipetován 0,1 ml vzorku, který byl následně rozetřen sterilní hokejkou krouživým pohybem po celém povrchu misky. Od každého ředění byly naočkovány 2 Petriho misky, které byly řádně popsány názvem půdy, typem vzorku a ředěním. Misky byly kultivovány v termostatu dnem vzhůru po stanovenou dobu a za stanovené teploty podle tabulky 8.

Tabulka 8: Skupina mikroorganismů, teplota, doba kultivace

Mikroorganismy	Teplota kultivace [°C]	Doba kultivace [hodiny]
Celkový počet mikroorganismů	30	48
Počet kvasinek a plísní	23	120
Aerobní sporulující bakterie	30	48
Anaerobní sporulující bakterie	30	72
Enterobakterie	37	24 - 48

Vzorky pro detekci sporulujících bakterií byly před očkovaním zahřáty ve vodní lázni řízené termostatem na teplotu 80 °C po dobu 10 minut, z důvodu inaktivace vegetativních forem. Vzorky byly rychle zchlazeny a potom asepticky očkovány na příslušné Petriho misky. Vzorky pro detekci anaerobních sporulujících bakterií byly kultivovány v aerostatu.

Hodnocení:

Byly spočítány počty kolonií na miskách obou ředění a průměrná hodnota zapsána do tabulky. Následně byl vypočítán počet kolonie tvořících jednotek v 1 ml (CFU/ml).

$$\text{Výpočet CFU/ml} = \frac{\text{průměrný počet kolonií}}{\text{ředění}} \cdot \frac{1 \text{ (ml)}}{\text{pipetovaný objem (ml)}}$$

Výsledky, kdy na Petriho miskách nevyrostly žádné kolonie, byly do tabulek ve výsledkové části zapsány zkratkou nd (nedetekováno).

7.4.5 Termostatová zkouška

Termostatová zkouška spočívá ve vystavení konzervovaných výrobků teplotě a době vhodné pro růst mikroorganismů.

Dle legislativy byly vzorky výrobků umístěny v termostatu při teplotě 37 °C po dobu 10 dnů. Po termostatové zkoušce byly výrobky podrobeny opět mikrobiologickému rozboru již výše zmíněným způsobem.

7.4.6 Skladování vzorků

Vzorky byly dále skladovány po dobu 2 měsíců při různých teplotách 5 °C, 25 °C a 40 °C. Po skladování byly vzorky opět podrobeny mikrobiologickému rozboru a výsledky zapsány do tabulek.

8 VÝSLEDKY

8.1 Mikrobiologická analýza sušeného a lyofilizovaného ovoce

Byla provedena mikrobiologická analýza pěti vzorků sušeného a lyofilizovaného ovoce (viz. kapitola 7 v metodické části). Zároveň byla z důvodu mikrobiální zátěže provedená i analýza původní suroviny (ovoce před sušením/lyofilizací). Výsledky byly zapsány do tabulek 9 - 18.

Tabulka 9: Mikrobiologická analýza - pitaya sušená (PS)

	původní surovina [CFU/g]	sušená [CFU/g]	sušená po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	9.10 ²	4.10 ²	1,2. 10 ³	2,1.10 ³	3,5.10 ³	1,4.10 ³
Enterobakterie (ENDO)	3,5.10 ²	nd	nd	50	50	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	1.10 ²	2.10 ²	5.10 ²	1,5.10 ²	4,5.10 ²	50
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	1.10 ²	3,5.10 ²	nd	1,5.10 ²	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	7.10 ²	1.10 ²	6.10 ²	4.10 ²	2,5.10 ²	1,5.10 ²

Tabulka 10: Mikrobiologická analýza - pitaya lyofilizovaná (PL)

	původní surovina [CFU/g]	lyofilizovaná [CFU/g]	lyofilizovaná po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	9.10 ²	6,4.10 ³	7,2.10 ³	1,3.10 ⁴	1,3.10 ⁵	4,5.10 ²
Enterobakterie (ENDO)	3,5.10 ²	2,7.10 ³	nd	1,2.10 ³	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	1.10 ²	1,8.10 ³	3.10 ³	3.10 ²	nd	1.10 ²
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	3.10 ²	3,2.10 ³	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	7.10 ²	2,8.10 ³	1.10 ²	4,3.10 ³	3,5.10 ²	nd

Z výsledků uvedených v tabulce 9 vyplývá, že u pitaye byl zjištěn výskyt kvasinek a plísní, enterobakterií a aerobních sporulátů. Po sušení se počet mikroorganismů výrazněji nezměnil, nebyly detekovány enterobakterie a ve velmi nízkém množství byly detekovány anaerobní sporuláty, po termostátové zkoušce a době skladování nedošlo k významnému nárůstu počtu mikroorganismů (MO). Po lyofilizaci pitaye (tabulka 10) byly detekovány o řád vyšší počty MO, po termostátové zkoušce ani po době skladování nedošlo k významnému nárůstu počtu MO.

Tabulka 11: Mikrobiologická analýza - banán sušený (BS)

	původní surovina [CFU/g]	sušená [CFU/g]	sušená po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	nd	$8,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	$5,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	$2,5 \cdot 10^2$	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	$1 \cdot 10^2$	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	50	50	$1,5 \cdot 10^2$	nd

Tabulka 12: Mikrobiologická analýza - banán lyofilizovaný (BL)

	původní surovina [CFU/g]	lyofilizovaná [CFU/g]	lyofilizovaná po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	nd	$9 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	nd	$1,5 \cdot 10^2$	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	$1 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	$2 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	nd

Z výsledků uvedených v tabulce 11 vyplývá, že u banánu nebyl u výchozí suroviny detekován žádný indikátorový MO. Po sušení se počet mikroorganismů výrazněji nezměnil, po termostátové zkoušce a době skladování byly detekovány plísně a kvasinky, po době skladování při teplotě 25 °C sporuláty ve velmi nízkém množství. Po lyofilizaci banánu (tabulka 12) došlo k detekci nízkého množství kvasinek a plísní a aerobních sporulátů. Termostátová zkouška ani doba skladování neprokázala žádnou mikrobiální zátěž. Lze konstatovat, že banán, sušený i lyofilizovaný vakuově balený je z mikrobiálního hlediska velmi kvalitní ovoce, téměř nepodléhající procesům mikrobiálního kažení.

Tabulka 13: Mikrobiologická analýza - kiwi sušené (KS)

	původní surovina [CFU/g]	sušená [CFU/g]	sušená po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	2,5.10 ²	6.10 ²	5.10	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	1,5.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	1,5.10 ²	nd	50	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	2,5.10 ²	1,1.10 ³	nd	nd	nd	nd

Tabulka 14: Mikrobiologická analýza - kiwi lyofilizované (KL)

	původní surovina [CFU/g]	lyofilizovaná [CFU/g]	lyofilizovaná po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	2,5.10 ²	1,5.10 ⁴	50	1,2.10 ⁴	1,8.10 ³	2.10 ²
Enterobakterie (ENDO)	1,5.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	1,5.10 ²	nd	nd	1.10 ²	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	1,5.10 ²	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	2,5.10 ²	1,1.10 ³	nd	7,5.10 ²	1.10 ²	nd

Z výsledků uvedených v tabulce 13 vyplývá, že u kiwi byl zjištěn výskyt kvasinek a plísní, enterobakterií a aerobních sporulátů. Po sušení nebyly indikovány žádné indikátorové mikroorganismy, po termostátové zkoušce byly indikovány aerobní sporuláty. Po době skladování nebyly detekovány žádné mikroorganismy. Po lyofilizaci kiwi (tabulka 14) došlo k výskytu plísní a kvasinek, jejichž počet se skladováním nevyšil.

Tabulka 15: Mikrobiologická analýza - mango sušené (MS)

	původní surovina [CFU/g]	sušená [CFU/g]	sušená po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	$4,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2$	nd	$1 \cdot 10^2$
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	$6,1 \cdot 10^2$	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	50	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	$5 \cdot 10^2$	nd	nd	$1 \cdot 10^2$	50	nd

Tabulka 16: Mikrobiologická analýza - mango lyofilizované (ML)

	původní surovina [CFU/g]	lyofilizovaná [CFU/g]	lyofilizovaná po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	$4,5 \cdot 10^2$	$6,2 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Enterobakterie (ENDO)	nd	$5 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	$2 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	50
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	$5 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	nd

Z výsledků uvedených v tabulce 15 je patrné, že mango obsahovalo ve výchozí surovině kvasinky a plísně. Po usušení kromě nízkého celkového počtu mikroorganismů nebyl detekován žádný indikátorový mikroorganismus. Po termostátové zkoušce byly detekovány enterobakterie, po skladování velmi nízký počet plísní. Po lyofilizaci (tabulka 16) byly detekovány enterobakterie, aerobní sporuláty a také kvasinky a plísně. Množství kvasinek a plísní se nezvýšilo ani po termostátové zkoušce a skladování. Po skladování při 40 °C byly ve velmi nízkém množství detekovány aerobní sporuláty.

Tabulka 17: Mikrobiologická analýza - ananas sušený (AS)

	původní surovina [CFU/g]	sušená [CFU/g]	sušená po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	1,7.10 ³	2,2.10 ³	1,1.10 ⁴	2,9.10 ³	2,9.10 ³	8.10 ²
Enterobakterie (ENDO)	2,3.10 ³	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	3,4.10 ²	6,5.10 ²	3,5.10 ²	nd	3.10 ²
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	2,4.10 ³	2,7.10 ³	3,1.10 ³	3.10 ²	4,2.10 ³	3,5.10 ²

Tabulka 18: Mikrobiologická analýza - ananas lyofilizovaný (AL)

	původní surovina [CFU/g]	lyofilizovaná [CFU/g]	lyofilizovaná po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	1,7.10 ³	4,1.10 ²	2,5.10 ²	2,4.10 ⁴	3,1.10 ³	1.10 ²
Enterobakterie (ENDO)	2,3.10 ³	nd	nd	4,6.10 ³	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	50	1,5.10 ²	50	4.10 ²	50
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	2,4.10 ³	2,9.10 ³	2,5.10 ²	1,4.10 ⁴	2,5.10 ³	50

Z výsledků v tabulce 17 vyplývá, že u ananasu byly detekovány enterobakterie a kvasinky a plísně. Ve vzorcích sušeného ananasu byly kromě celkového počtu mikroorganismů zjištěny aerobní sporuláty a kvasinky a plísně. Výskyt těchto mikroorganismů potvrdila i termostatová zkouška. Po době skladování obsahovaly vzorky kvasinky a plísně a aerobní sporuláty. Ve vzorcích lyofilizovaného ananasu (tabulka 18) byly kromě celkového počtu mikroorganismů zjištěny aerobní sporuláty a kvasinky a plísně, po termostatové zkoušce obsahovaly vzorky opět kvasinky a plísně a aerobní sporuláty. Vzorky po skladování obsahovaly kvasinky a plísně a také aerobní sporuláty. Vzorky skladované při 5 °C obsahovaly navíc ještě enterobakterie.

8.2 Mikrobiologická analýza pokrmů

Byla provedena mikrobiologická analýza sedmi vzorků pokrmů (viz. kapitola 7 v metodické části) konzervovaných sterilací, lyofilizací a lyofilizací se sterilací. Z toho byly 2 vzorky vegetariánské konzervované pouze sterilací. Zároveň byla z důvodu mikrobiální zátěže provedená analýza nesterilovaného pokrmu. Výsledky byly zapsány do tabulek 19 - 35.

Tabulka 19: Mikrobiologická analýza - kuskus s kuřecím masem v konzervě

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	sterilovaná konzerva [CFU/g]	sterilovaná konzerva po termostatové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	1,1.10 ³	nd	nd	50	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	6.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	50	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 20: Mikrobiologická analýza - kuskus s kuřecím masem lyofilizovaný

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný [CFU/g]	lyofilizovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	1,1.10 ³	4.10 ²	1.10 ²	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	6.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	50	nd	nd	50	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	1.10 ²	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 21: Mikrobiologická analýza - kuskus s kuřecím masem lyofilizovaný sterilovaný

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	1,1.10 ³	1,5.10 ²	nd	nd	nd	50
Enterobakterie (ENDO)	6.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	50	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Z tabulky 19 lze vyčíst, že v nesterilovaném pokrmu, který obsahoval kuskus s kuřecím masem, byly detekovány enterobakterie a aerobní sporuláty. Ve sterilované konzervě nebyly detekovány žádné indikátorové mikroorganismy ani po termostátové zkoušce, ani po době skladování. Kuskus s kuřecím masem lyofilizovaný (tabulka 20) měl výbornou mikrobiologickou stabilitu, byl detekován pouze nízký celkový počet MO a při teplotě skladování 5 °C byly detekovány sporuláty. V konzervě kuskusu s kuřecím masem, který byl konzervován

lyofilizací a sterilací byl detekován pouze nízký celkový počet MO, který byl detekován i po době skladování při 40 °C (tabulka 21).

Tabulka 22: Mikrobiologická analýza - hovězí guláš s bramborem v konzervě

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	sterilovaná konzerva [CFU/g]	sterilovaná konzerva po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	50	nd	nd	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 23: Mikrobiologická analýza - hovězí guláš s bramborem lyofilizovaný

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný [CFU/g]	lyofilizovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	50	$1 \cdot 10^2$	nd	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 24: Mikrobiologická analýza -hovězí guláš s bramborem lyofilizovaný sterilovaný

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	50	nd	nd	50	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

V tabulce 22 - 24 je vidět, že hovězí guláš s bramborem byl téměř sterilní, kromě nízkého celkového počtu mikroorganismů u nesterilovaného pokrmu, lyofilizovaného vzorku, lyofilizovaného vzorku po době skladování při 5 °C a 25 °C a lyofilizovaného sterilovaného vzorku po době skladování při 5 °C, nebyly detekovány žádné indikátorové mikroorganismy.

Tabulka 25: Mikrobiologická analýza - hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem v konzervě

	Nesterilovaný pokrm [CFU/g]	sterilovaná konzerva [CFU/g]	sterilovaná konzerva po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	$4,5 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	50	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 26: Mikrobiologická analýza - hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem lyofilizovaný vzorek

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný [CFU/g]	lyofilizovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	4,5.10 ²	1,5.10 ⁴	1,9.10 ⁴	6,1.10 ³	1,9.10 ⁴	4.10 ²
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	50	50	50	nd	1.10 ²	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	50
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	nd	50	nd	nd

Tabulka 27: Mikrobiologická analýza -hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem lyofilizovaný sterilovaný vzorek

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	4,5.10 ²	nd	nd	50	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	50	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Z výsledků v tabulce 25 vyplývá, že hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem obsahovala nízký celkový počet mikroorganismů a aerobní sporuláty. Ve sterilované konzervě nebyly detekovány žádné indikátorové mikroorganismy. U lyofilizovaného vzorku (tabulka 26) byly detekovány kromě celkového počtu mikroorganismů ještě aerobní sporuláty.

Jejich výskyt potvrdila i termostatová zkouška, ale vlivem vhodného balení nedošlo k nárůstu. Po skladování byly detekovány sporuláty a kvasinky a plísně ve velmi nízkém množství. Vzorek hrachové kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem lyofilizovaný sterilovaný (tabulka 27) obsahoval pouze nízký celkový počet mikroorganismů. Jiné mikroorganismy nebyly detekovány.

Tabulka 28: Mikrobiologická analýza - rýžový nákyp s ovocem v konzervě

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	sterilovaná konzerva [CFU/g]	sterilovaná konzerva po termostatové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	nd	nd	50	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 29: Mikrobiologická analýza - rýžový nákyp s ovocem lyofilizovaný

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný [CFU/g]	lyofilizovaný po termostatové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	nd	$2,5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$	nd	50	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 30: Mikrobiologická analýza - rýžový nákyp s ovocem lyofilizovaný sterilovaný

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Z výsledků v tabulce 28 je zřejmé, že v rýžovém nákypu nesterilovaném baleném v hliníkovém obalu s přivařitelným víčkem nebyly detekovány žádné mikroorganismy, ve sterilovaném vzorku taktéž nebyly zjištěny žádné mikroorganismy. V lyofilizovaném vzorku (tabulka 29) byl prokázán pouze nízký celkový počet mikroorganismů a ve vzorku lyofilizovaném sterilovaném (tabulka 30) nebyl detekován žádný mikroorganismus ani po termostátové zkoušce, ani po době skladování.

Tabulka 31: Mikrobiologická analýza - vepřová kýta na smetaně s tarhoňou v konzervě

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	sterilovaná konzerva [CFU/g]	sterilovaná konzerva po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	$5,2 \cdot 10^5$	nd	nd	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	$9 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	$3 \cdot 10^3$	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 32: Mikrobiologická analýza - vepřová kýta na smetaně s tarhoňou lyofilizovaný vzorek

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný [CFU/g]	lyofilizovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	$5,2 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^2$
Enterobakterie (ENDO)	$9 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	50	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	50	50	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	$3 \cdot 10^3$	nd	nd	nd	nd	nd

Tabulka 33: Mikrobiologická analýza - vepřová kýta na smetaně s tarhoňou lyofilizovaný sterilovaný vzorek

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný [CFU/g]	lyofilizovaný sterilovaný po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	$5,2 \cdot 10^5$	nd	nd	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	$9 \cdot 10^2$	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísně(ChYGA)	$3 \cdot 10^3$	nd	nd	nd	nd	nd

Ve vzorku vepřové kýty na smetaně s tarhoňou (tabulka 31) byly detekovány enterobakterie a kvasinky a plísně. U sterilovaného vzorku nebyl zjištěn výskyt žádného indikátorového mikroorganismu. Ve vzorku konzervovaném lyofilizací (tabulka 32) byly kromě celkového počtu mikroorganismů detekovány i anaerobní sporuláty. Po době skladování byly detekovány celkové počty mikroorganismů na nízké úrovni a při skladování vzorku při teplotě

25 °C byly detekovány ještě aerobní sporuláty. Mikrobiologická analýza vzorku lyofilizovaného sterilovaného (tabulka 33) neodhalila žádné mikroorganismy.

Tabulka 34: Mikrobiologická analýza - bulgur se zeleninou v konzervě

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	sterilovaná konzerva [CFU/g]	sterilovaná konzerva po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	5,9.10 ⁴	nd	nd	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	5,3.10 ⁴	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	8.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	9.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Z tabulky 34 vyplývá, že v nesterilovaném pokrmu bulguru se zeleninou byly detekovány enterobakterie, aerobní a anaerobní sporuláty. Ve sterilovaném vzorku nebyly zjištěny žádné mikroorganismy.

Tabulka 35: Mikrobiologická analýza - vegetariánské chilli v konzervě

	nesterilovaný pokrm [CFU/g]	sterilovaná konzerva [CFU/g]	sterilovaná konzerva po termostátové zkoušce [CFU/g]	po době skladování 2 měsíce		
				5 °C [CFU/g]	25 °C [CFU/g]	40 °C [CFU/g]
Celkový počet mikroorganismů (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Enterobakterie (ENDO)	1.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Aerobní sporuláty (MPA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Anaerobní sporuláty (RCA)	1.10 ²	nd	nd	nd	nd	nd
Kvasinky a plísňe(ChYGA)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Ve vzorku vegetariánského chilli byly detekovány enterobakterie (tabulka 35), ve vzorku konzervovaném sterilací nebyl zjištěn žádný z indikátorových organismů.

9 DISKUZE

9.1 Legislativní požadavky

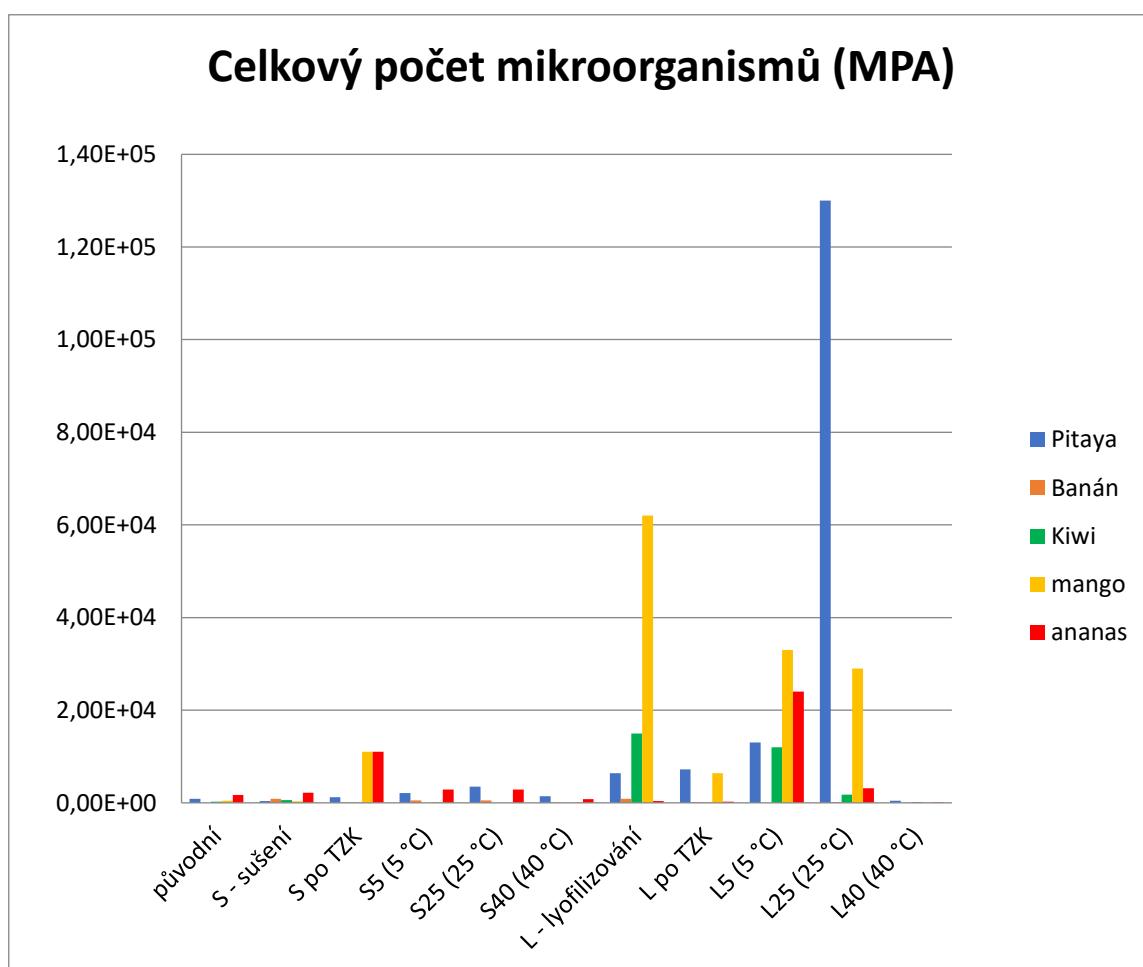
Mikrobiologickým kritériem se rozumí kritérium vymezující přijatelnost produktu, partie potravin nebo procesu na základě nepřítomnosti, přítomnosti či počtu mikroorganismů a/nebo na základě množství jejich toxinů/metabolitů na jednotku/y hmotnosti, objemu, plochy či partie (Nařízení Komise (ES) č. 2073/2005, 2005).

Podle ČSN 56 9609 tepelně opracované výrobky hermeticky balené, konkrétně konzervy sterilované musí splňovat podmínky obchodní sterility. Obchodní sterilita dle této normy je nepřítomnost životaschopných MO, které by se mohly za podmínek oběhu množit, a nepřítomnost mikroorganismů vyvolávajících onemocnění z potravin. Pro sušené ovoce musí být splněn požadavek na přítomnost plísní max. 10^4 a *E. coli* 10^3 (ČSN 56 9609, 2008)

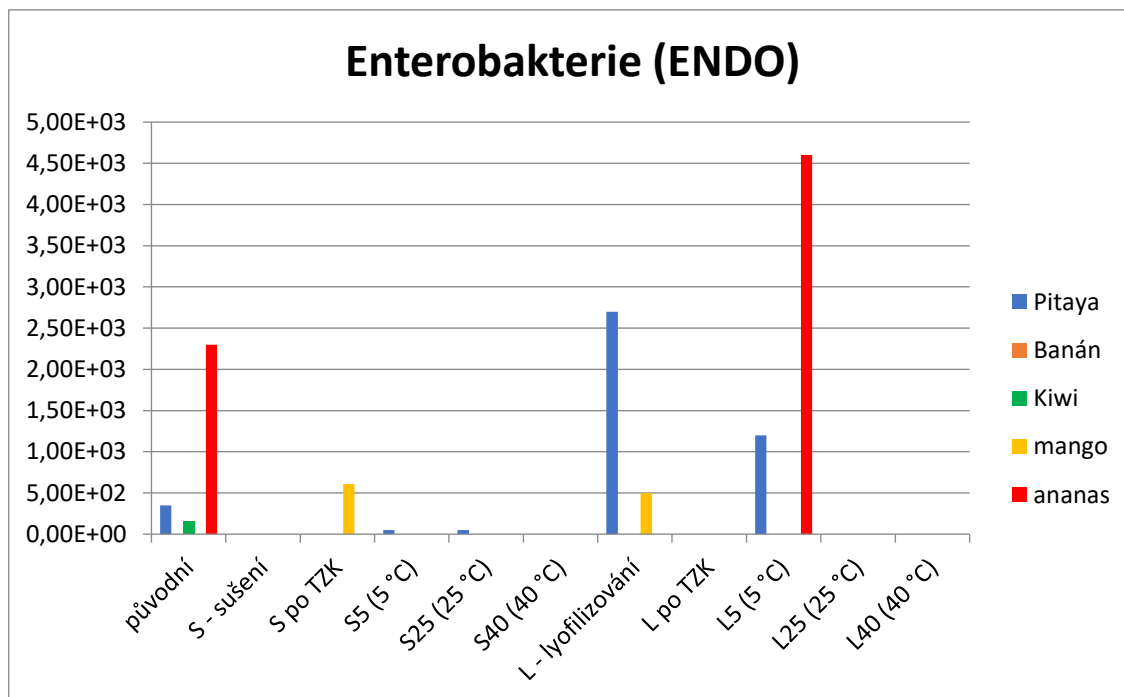
Nepřítomnost životaschopných mikroorganismů, které by se mohly za podmínek oběhu množit, znamená, že při termostátové zkoušce v uzavřených obalech nedojde po 7 až 10denní inkubaci při 35 °C až 37 °C k většímu počtu zvýšení mikroorganismů než na 10^2 . Zkoušení obchodní sterility se provádí před uvedením výrobků do oběhu, popřípadě v indikovaných případech. Mikrobiologická kritéria by měla být provozovateli potravinářského podniku aplikována jako dodatečná kritéria k požadavkům, které jsou stanoveny příslušnými právními předpisy ke stanovení požadavků a vyšetřování konečných výrobků jako jedno z opatření k ověřování nebo validaci plánu HACCP (ČSN 56 9609, 2008).

9.2 Mikrobiologická analýza sušeného a lyofilizovaného ovoce

Z grafu na obrázku 20 je patrné, že v lyofilizovaném ovoci byl detekován vyšší celkový počet MO než v ovoci sušeném. Sušení probíhá při vyšších teplotách než lyofilizace, čímž dochází k inaktivaci vyššího počtu mikroorganismů než při lyofilizaci. Nejvyšší celkový počet mikroorganismů obsahovala pitaya skladovaná při 25 °C. Tato teplota je vhodná pro růst širokého spektra mikroorganismů, jedná se především o psychrotrofní a mezofilní mikroorganismy a vypovídá o primární nebo sekundární kontaminaci potravin.

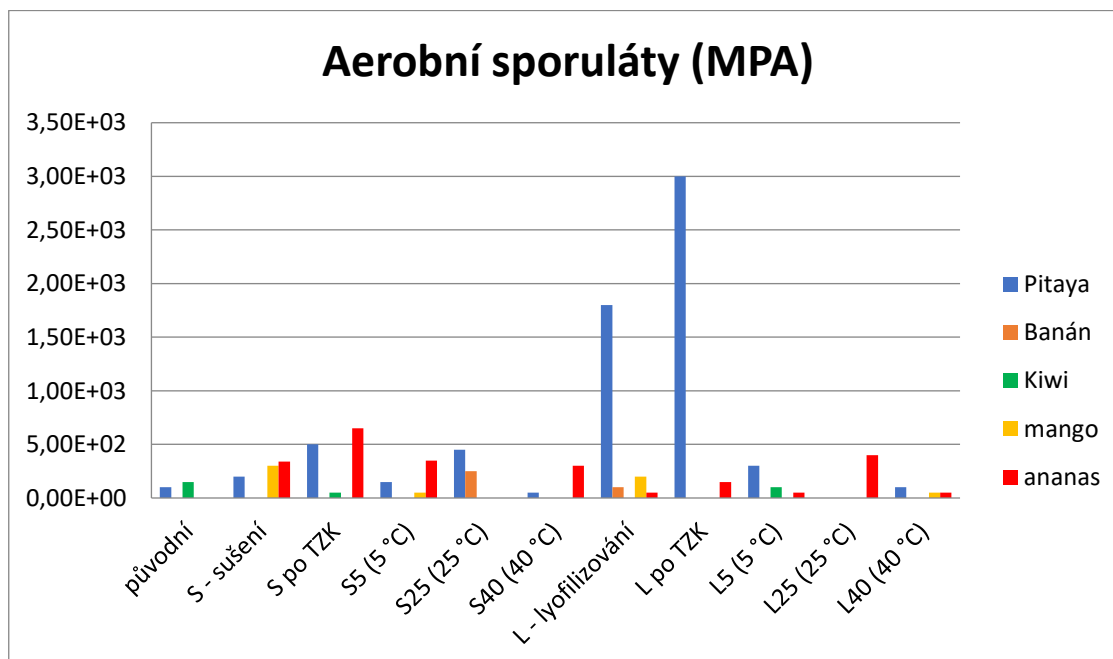


Obrázek 20: Celkový počet mikroorganismů v ovoci



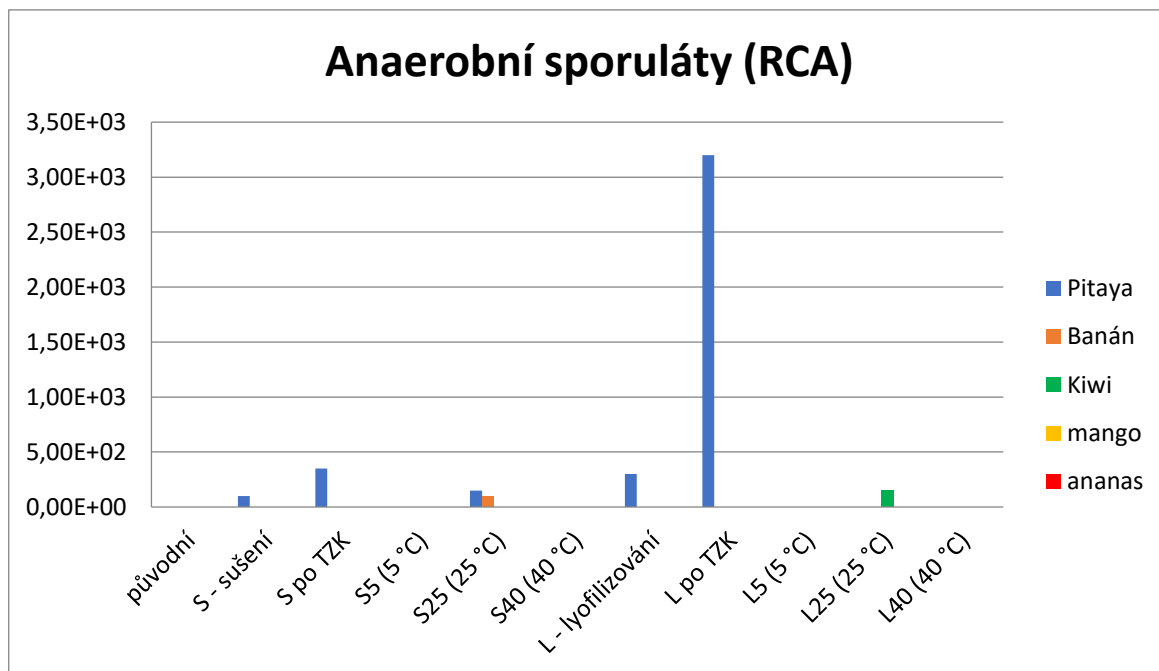
Obrázek 21: Enterobakterie v ovoci

Enterobakterie (obrázek 21) byly detekovány ve vzorcích ananasu, pitaye a manga, což by mohlo být indikátorem informujícím o kažení potravin, nebo sekundární kontaminaci výrobního zařízení či obalů nebo špatné sanitaci výrobních provozů a nedodržení postupů správné výrobní praxe.



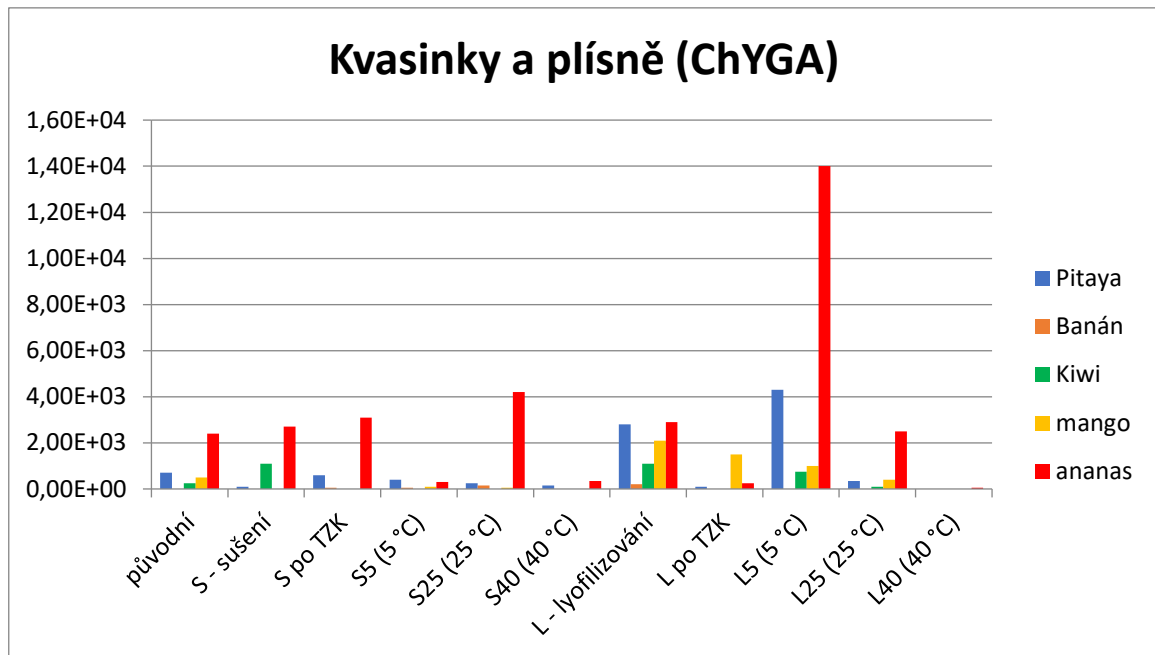
Obrázek 22: Aerobní sporuláty v ovoci

Nejvíce aerobních sporulátů (obrázek 22) bylo detekováno ve vzorcích lyofilizované pitaye. Termostátová zkouška výskyt aerobních sporulátů ve vzorcích pitaye potvrdila, což indikuje stupeň kontaminace z prostředí. Většina aerobních sporulátů má proteolytické vlastnosti, lze tedy podle jejich počtu posuzovat skladovatelnost potraviny (Görner, 2004).



Obrázek 23 : Anaerobní sporuláty v ovoci

Anaerobní sporuláty (obrázek 23) byly detekovány především ve vzorcích pitaye. Tyto mikroorganismy rostou často ve společnosti aerobních sporulátů a hnilobných bakterií a kvasinek, které jim v prostředí spotřebují vzdušný kyslík, což platí i v tomto případě. Vyskytují se v půdě, prachu, vodních sedimentech a také ve výkalech (Görner, 2004). Anaerobní mikroorganismy informují o kažení potravin.



Obrázek 24: Kvasinky a plísňe v ovoci

Z obrázku 24 je vidět, že kvasinky a plísňe (viz foto v Příloze I) se vyskytovaly především ve vzorcích ananasu, pitaye a manga. Vyznačují se výraznou proteolytickou, lipolytickou a sacharolytickou činností, a nízkými nároky na přítomnost využitelné vody, jsou původcem kažení potravin a vypovídají o mikrobiologické jakosti potravin (Görner, 2004). Z výsledků lze usoudit, že nejlepší mikrobiologickou jakost měl banán, vzorky pitaye byly nejspíše kontaminovány z vnějšího prostředí a ve vzorcích byly zachyceny stopy již počínajících rozkladných procesů a kažení potravin.

Je třeba říci, že pro mikrobiologickou analýzu byly vybrány vzorky exotického ovoce, které se u nás nepěstuje, ale obsahuje významné nutriční látky, a ne vždy je dostupné v čerstvém stavu. V této kapitole je velmi důležité zmínit se i obsahu vitamínů a minerálních látek v těchto druzích ovoce, které by mohly celoročně obohatit jídelníček, zlepšit kondici a fyzickou zdatnost vojáků ČR, a také významně přispět ke zlepšení zdravotního stavu obyvatelstva a snížení civilizačních chorob.

Banán je plod banánovníku (*Musa*), což je rod bylin z čeledi banánovníkovitých (*Musaceae*), rostoucí v tropických oblastech. Jedná se o protáhlé žluté ovoce rostoucí v trsech. Banány vynikají obsahem vitamínu B6. Asi tři středně velké banány poskytnou doporučenou denní dávku tohoto vitamínu pro dospělého muže, jakož i podstatné množství vita-

minu C, B1, B2, E a kyseliny listové. Jsou bohaté na minerální látky, ze kterých je nejcenější draslík, hořčík a železo. Díky vysokému obsahu draslíku jsou po avokádu a datlích třetím nejlepším zdrojem tohoto prvku mezi čerstvým ovocem. Ve významném množství obsahují rozpustnou i nerozpustnou vlákninu. Banány obsahují i malé množství serotoninu, což je látka syntetizovaná z tryptofanu. Rozšiřuje cévy, zmírňuje bolesti a má antidepresivní účinky (Pamplona-Roger, 2005).

Kiwi je exotické ovoce, plod popínavých dřevin rodu *Actinidia*, pocházející z úpatí Himalájí. Má slupku pokrytou chloupky a dužinu, v níž je přes 200 drobných jedlých semínek. Poskytuje více vitamínu C než mnohé citrusové plody (Pamplona Roger, 2005). Obsahuje rutin, významný bioflavonoid, který zesiluje vstřebatelnost vitamínu C. Mimo jiné, rutin také zajišťuje odpovídající elasticitu cévní stěny, chrání ji před lomivostí, díky čemuž pak eliminuje ukládání LDL cholesterolu a vytváření tzv. aterosklerotických pásů. Kiwi je ovoce s nejnižším obsahem sodíku a nejvyšším obsahem draslíku, výrazně zmírňuje oxidativní stres, poškozování volnými radikály, v lidské plazmě. Zajímavý je také obsah železa, jehož vstřebatelnost je podmíněna přítomností vitamínu C, mědi a kyseliny listové, což kiwi skvěle splňuje (Bowden, 2011).

Kiwi je též velmi bohaté na vitamin E a obsahuje velké množství vitamínu B1, B2, B6, niacinu a vitamínu A. Kiwi patří k nejlepším zdrojům kyseliny listové ze všech druhů čerstvého ovoce (Pamplona-Roger, 2005).

Mango je tropické ovoce, plod mangovníku (asi 20 m vysoký strom), patří do rodu *Mangifera*. Mango má největší podíl vitamínu A ze všech druhů ovoce. Obsahuje až 16 druhů karotenoidů důležitých pro tvorbu vitamínu A. Nejhojněji je zastoupený betakaroten. Karotenoidy jsou účinné antioxidanty a spolu s vitamínem C a E přispívají ke kvalitě pokožky, zpomalují stárnutí a brání oxidaci lipoproteinů přenášejících cholesterol v krevním řečišti, a tím zabraňují jeho usazování ve stěnách arterií. Dále obsahuje významné množství vitamínu B1, B2, B6 a niacinu. Z minerálních látek je v něm nejhojněji zastoupen draslík a menší podíl má hořčík a železo. Mango má diuretické (močopudné) účinky. Je poměrně bohaté na draslík, ale chudé na sodík. Doporučuje se při vysokém krevním tlaku, protože ho pomáhá regulovat. Dále obsahuje nevyživné složky, jako např. rozpustnou vlákninu (pektin), organické kyseliny (citronovou a jablečnou) a taniny. V mangu bylo také identifikováno 41 aromatických substancí, díky nimž má toto ovoce svoji jedinečnou vůni (Pamplona-Roger, 2005).

Ananas (druhový název *Ananas comosus*) je tropická rostlina s jedlými plody. Je považován za hospodářsky nejvýznamnější rostlinu z čeledi *Bromeliaceae* na světě. Plodenství ananasu vzniká splynutím sousedních bobulí, vyvíjejících se ze semeníků jednotlivých květů, uspořádaných kolem osy květenství, která tvoří zdřevnatělé vřeteno ananasu. Plod je pokryt tuhou kožovitou voskovitou kůrou, vytvářející typickou šestiúhelníkovou strukturu jeho povrchu. Na jedné rostlině se vytváří pouze jediné plodenství, po jehož dozrání rostlina obvykle hyne. Zralé ovoce obsahuje 14 % cukru, kyselinu citrónovou, jablečnou a enzym bromelain, který štěpí proteiny a podporuje trávení stejným způsobem jako žaludeční pepsin. Ananas obsahuje 81,2 až 86,2 % vlhkosti a 13 až 90 % pevných látek, z nichž 85 % představují sacharidy, zatímco vláknina tvoří 2-3 %. Čerstvý ananas obsahuje minerální látky jako je vápník, chlór, draslík, fosfor a sodík. Ananasová šťáva obsahuje kyselinu askorbovou a je tak dobrým zdrojem vitamínu C, který napomáhá vstřebávání železa. Obsahuje několik prvků jako měď a mangan, který slouží k tvorbě kostí a k tvorbě a aktivaci určitých enzymů. Vysoký obsah manganu znamená, že je dobrou volbou pro zvýšení kvality spermií (Farid Hossain, 2015).

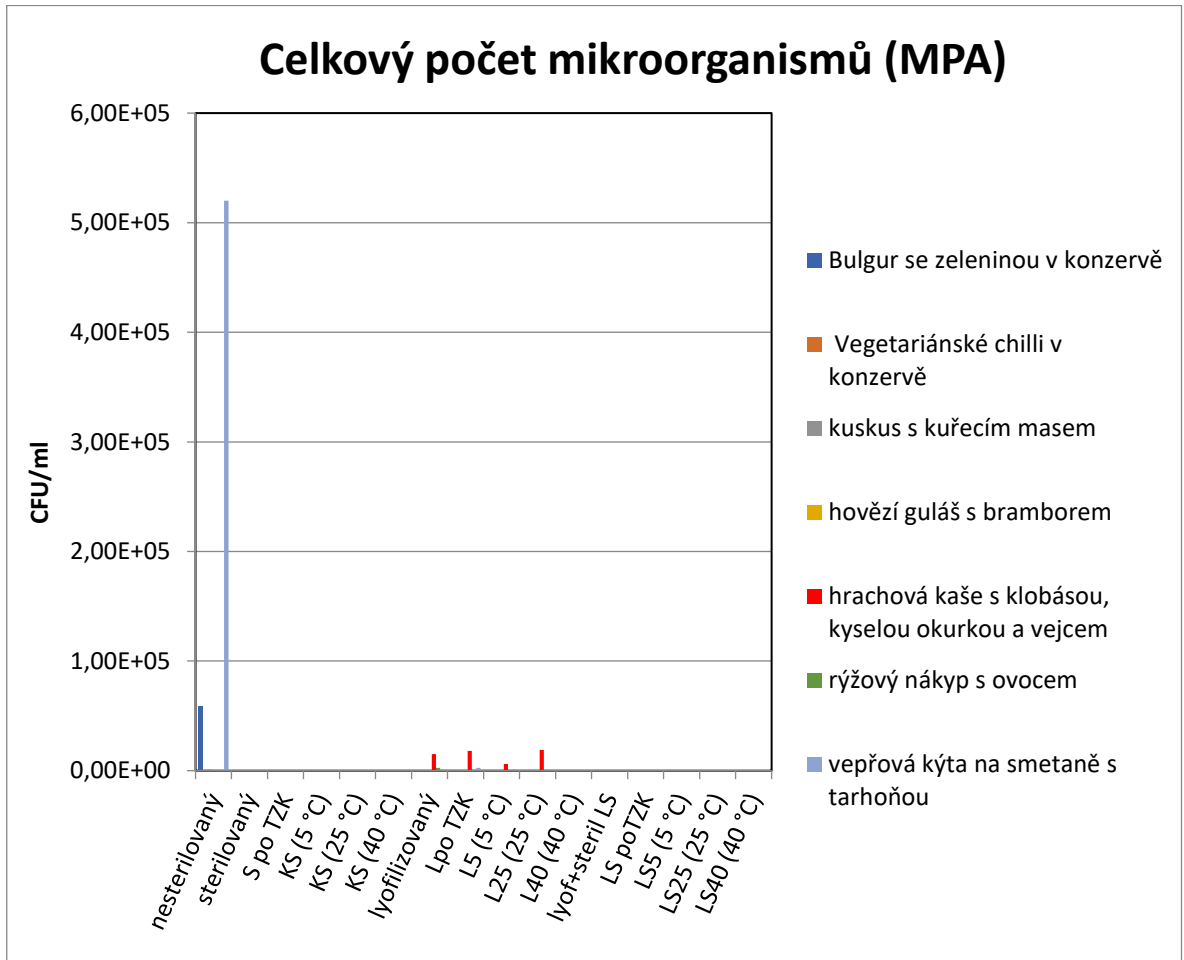
Zralý ananas má zanedbatelné množství tuků a proteinů, velký podíl vitamínu C, B1 a B6 a je též dobrým zdrojem kyseliny listové. Je dokázáno, že ananas zabraňuje tvorbě nitrosaminů. Tyto karcinogenní látky vznikají v žaludku během chemické reakce, k níž dochází mezi dusitany a některými proteiny (Pamplona-Roger, 2005).

Pitaya je ovoce známé pod komerčním názvem pitaya, pitahaya nebo dračí ovoce je plod kaktusu z rodu *Hylocereus* původem z Ameriky. Má 14 druhů a roste v tropických a subtropických deštných pralesích. Běžně se také pěstuje v zahradách ve střední Americe, kde se využívá jako potravina i jako lék. Je rozšířené od pobřeží Floridy po Brazílii. Ovocná dužnina je bohatá na vlákninu, vitamin C a E, minerální látky, lykopen a fytoalbumin, což řadí ovoce mezi antioxidanty (Ortiz-Hernández, 2012).

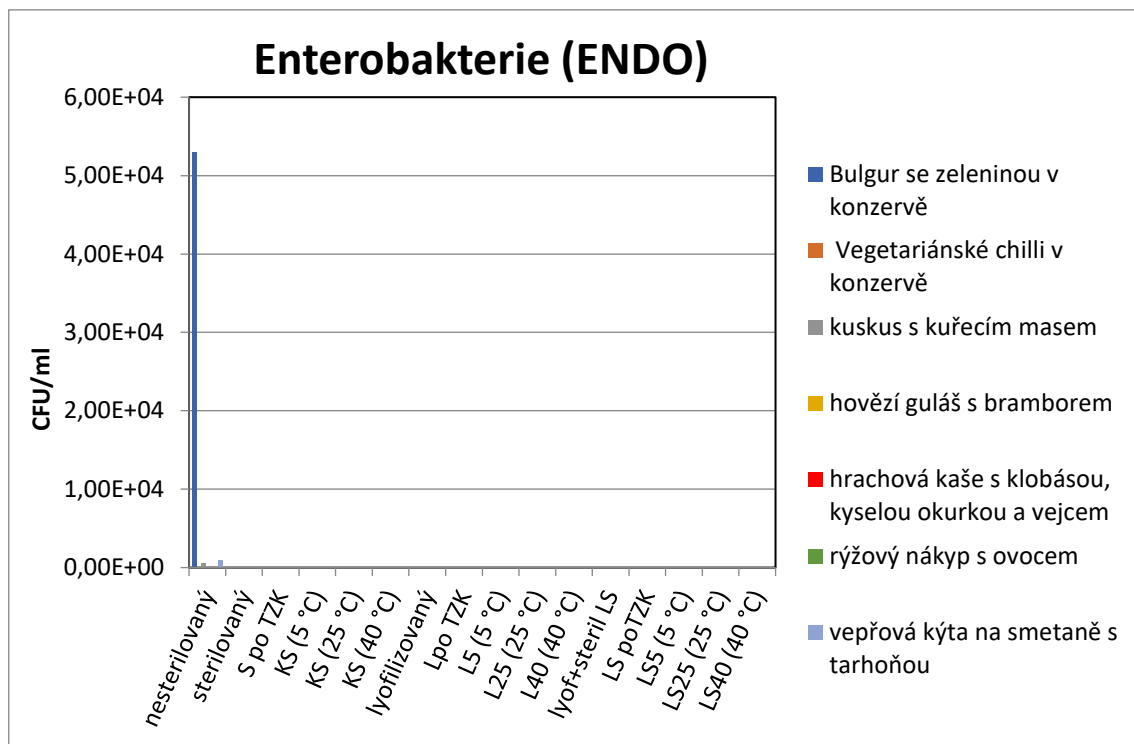
9.3 Mikrobiologická analýza pokrmů

Z obrázků počtu indikátorových mikroorganismů (obrázek 23 -27), které byly detekovány v pokrmech je zřejmé, že nejvíce mikroorganismů obsahovaly nesterilované pokrmy, enterobakterie byly detekovány pouze v nesterilovaných pokrmech. Sporuláty byly zjištěny v nesterilovaných pokrmech a ve velmi malém množství v pokrmech lyofilizovaných. Kvasinky a plísně byly detekovány pouze u nesterilovaného pokrmu vepřová kýta na smetaně

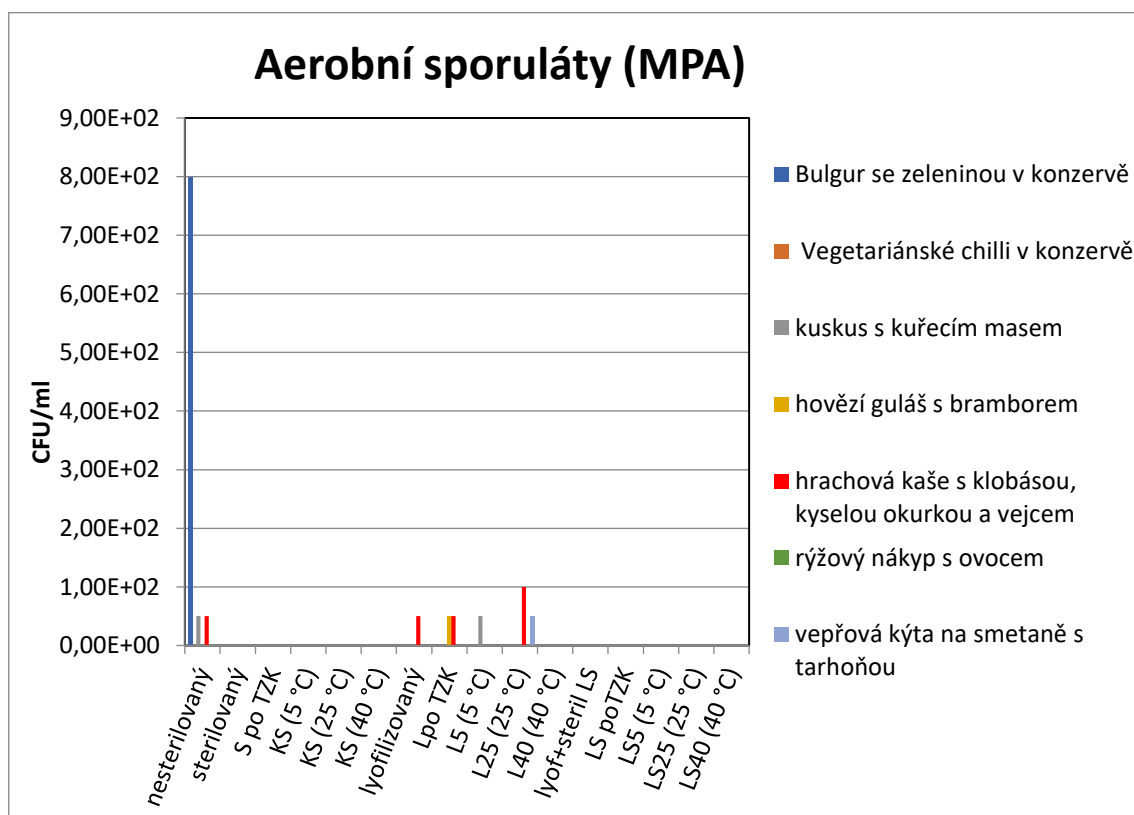
s tarhoňou a lyofilizované hrachové kaši s klobásou, kyselou okurkou a vejcem v nízkém množství.



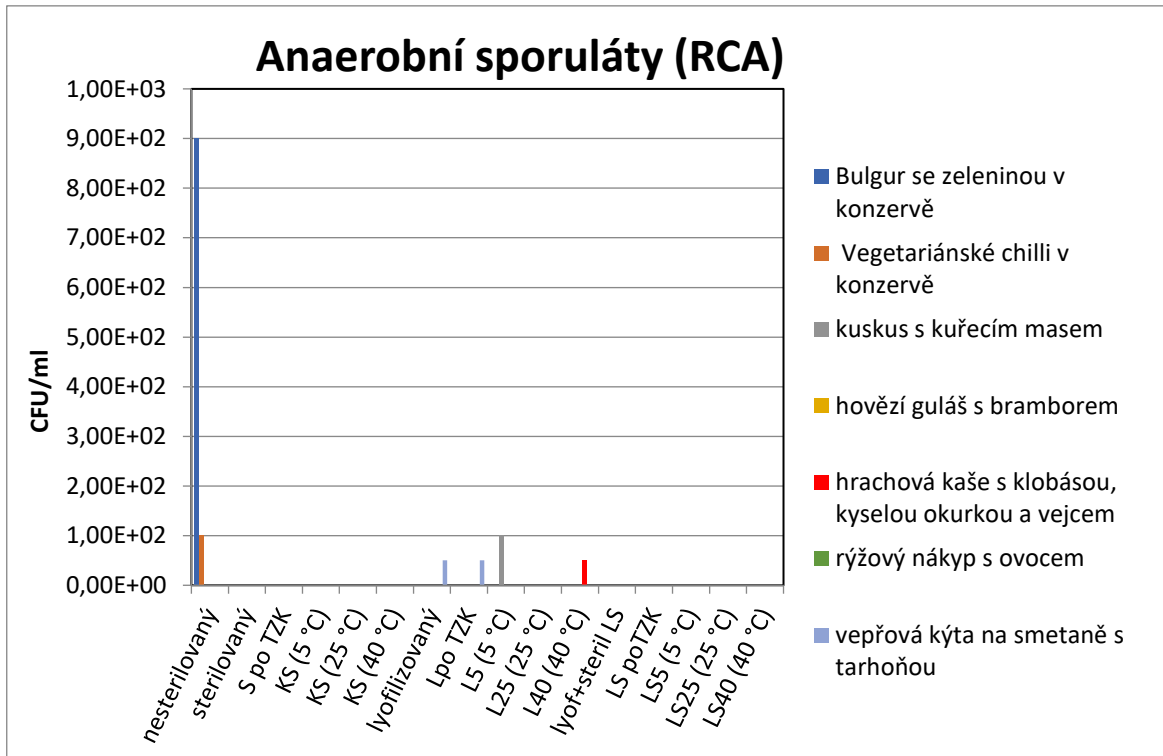
Obrázek 25: Celkový počet MO v pokrmech



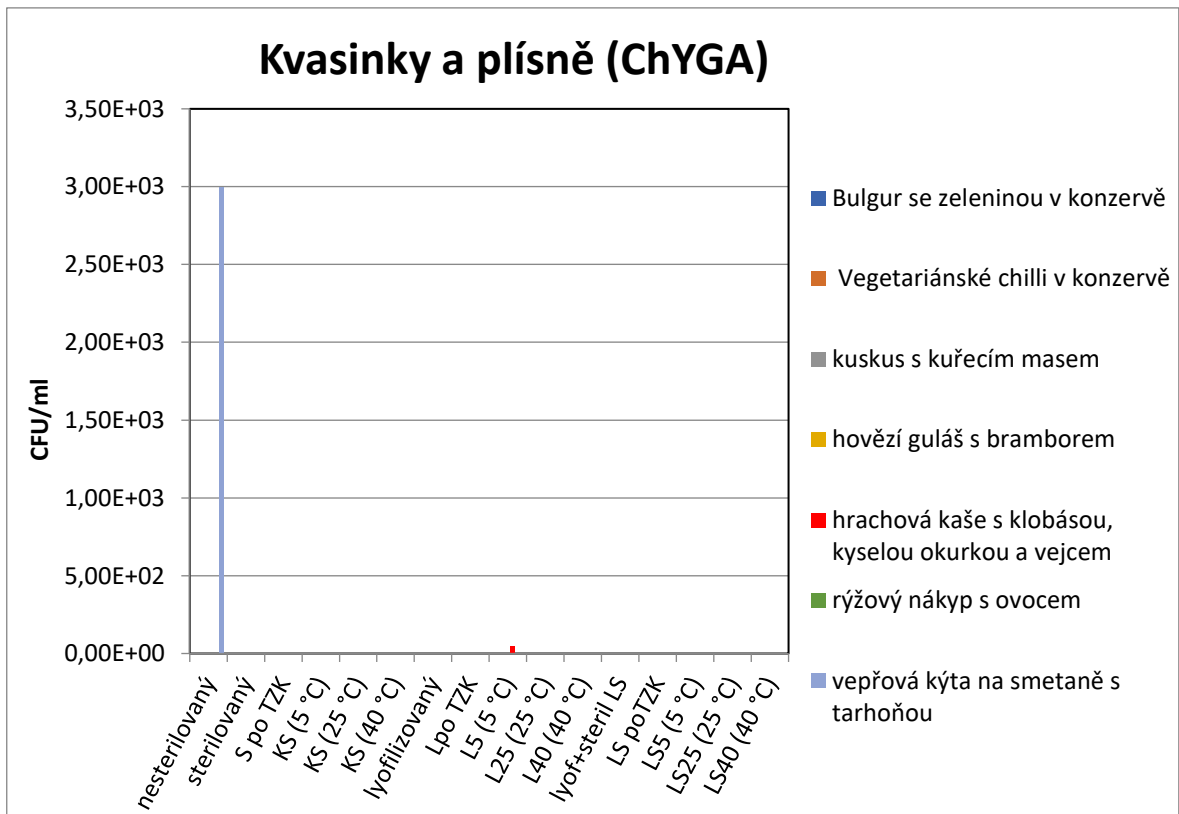
Obrázek 26: Enterobakterie v pokrmech



Obrázek 27: Aerobní sporuláty v pokrmech



Obrázek 28: Anaerobní sporuláty v pokrmech



Obrázek 29: Kvasinky a plísňe v pokrmech

Bezpečností dehydratovaných potravin se ve svém článku zabývá Chitrakar a kol. (2019). Zabývá se vlivem sušení na přežívání patogenních mikroorganismů, protože existuje mnoho hlášených případů nemocí způsobených potravinami, které byly způsobeny konzumací sušených potravin kontaminovaných *Salmonella* spp., *Cronobacter* spp., *Staphylococcus* spp. a *Escherichia coli*. Dospěl k závěru, že sušené potraviny nejsou ze své podstaty bezpečné a vyžadují další překážky k dosažení mikrobiální bezpečnosti. Přežití mikroorganismů během dehydratace může zvýšit mnoho sloučenin nacházejících se v ovoci, jako jsou cukry, polypeptidy, polyalkoholy, aminokyseliny, glycerol a karboxylové kyseliny. Kyseliny z ovoce bohatého na kyseliny mohou naopak způsobit snížení pH, což v kombinaci s tepelným namáháním může urychlit usmrcení mikroorganismů. Lze tedy očekávat velikou variabilitu přežívání mikroorganismů při sušení. K inaktivaci mikrobiální populace na požadovanou úroveň jsou zapotřebí různé přípravné operace, jako je použití NaCl, kyseliny citronové, askorbové, disířičitanu sodného, síry nebo využití procesu blanširování. Velmi důležité je provádění analýzy rizik a kritických kontrolních bodů (HACCP), správná výrobní praxe, sanitace a hygiena zaměstnanců a zamezení kontaminací. Vysoce odolný vůči vysušenému prostředí se zdá být *Cronobacter* spp. a proto vysušené potraviny vyžadují přísnější mikrobiální normy pro využití sušených potravin pro kojence a některých konkrétních skupin obyvatel (Chitrakar, 2019).

Mikrobiologickou bezpečností potravin s nízkou aktivitou vody se zabývá také Beuchat a kol. (2013). Závěrem jeho článku je, že je prakticky nemožné eliminovat patogeny v sušených potravinách, aniž by se zhoršila jejich organoleptická kvalita. Konkrétní opatření by se proto měla zaměřit na prevenci kontaminace, což je často mnohem větší výzva než navrhnout účinná kontrolní opatření pro potraviny s vysokou aktivitou vody. Cílem by mělo být rozšířit znalosti o chování alimentárních patogenů v těchto potravinách s konečným cílem vyvinout a implementovat intervence, které sníží alimentární onemocnění související s touto kategorií potravin. Mikroorganismy, ať už patogenní nebo způsobující kažení, se mohou do produktů dostat prostřednictvím surovin nebo kontaminací během nebo po výrobním procesu. Těmto cestám musí být účinně zabráněno. Doporučuje se vyčlenit zdroje na audity dodavatelů, zejména na látky, které jsou považovány za látky představující vysoké bezpečnostní riziko. Může být vhodnější zaměřit analýzu na detekci indikátorů potenciální přítomnosti patogenů než na přítomnost patogenů, protože to nevyžaduje specializované laboratoře pro biologickou bezpečnost a metody výpočtu jsou obvykle levnější. Měly by být vyvinuty

metodiky pro zlepšení citlivosti a rychlosti testů pro resuscitaci vysušených buněk potravinových patogenů, pokud jsou přítomny v dehydratovaných potravinách ve velmi nízkém počtu. Konečný produkt musí být bezpečný, i když spotřebitel nedodrží pokyny na etiketě nebo obecně uznávané postupy (Beuchat, 2013).

Duan (2007) se věnoval technologii lyofilizace pomocí mikrovlnné trouby a charakteristikám zelí dehydratovaného touto technologií. Tato technologie se nazývá microwave freeze drying (MFD). Bylo zjištěno, že MFD má výrazný sterilační účinek, ve srovnání s tradiční metodou lyofilizace. Pravděpodobným důvodem byla příliš dlouhá sublimační fáze při klasické metodě, což vedlo k nárůstu mikroorganismů. Pro sterilační účinek může MFD kombinovat sušení a sterilaci, což je výhoda oproti tradiční lyofilizaci. Výsledkem bylo sice snížení vitamínu C oproti tradiční metodě, ale rozdíl byl velmi malý. Tato metoda nejen, že dokáže dobře udržet kvalitu produktu, ale také výrazně zvýšit rychlost sušení. Jedním z problémů, který se vyskytuje při využití metody MFD je nerovnoměrné rozložení teploty v upravovaných potravinách. Kromě toho hrany a ostroúhlé části materiálů absorbují mikrovlnnou energii více než jiné části a v důsledku toho se mohou přehřívat a může dojít ke zhoršení kvality (Duan, 2007).

9.4 Shrnutí

Vyšší mikrobiální kontaminaci měly vzorky ovoce oproti vzorkům pokrmů, které byly nejdříve vařeny a potom dále konzervovány. Ze vzorků ovoce měly nejnižší mikrobiální kontaminaci banány, nejvyšší vzorky pitaye. V ovoci se vyskytovaly především kvasinky a plísně, a to především ve vzorcích ananasu.

Z uvedených výsledků vyplývá, že ovoce sušené i lyofilizované vyhovuje mikrobiologickým kritériím a je bezpečné. Výsledky potvrdily, že abiotické metody konzervace (sterilace), při vhodně stanoveném režimu sterilace a dodržení zásad správné hygienické praxe, jsou mikrobiologicky naprosto bezpečné. Mikroorganismy v těchto výrobcích nebyly detekovány. Pokrmy konzervované anabiotickými metodami (lyofilizace) obsahovaly nízké počty mikroorganismů a splňují legislativní požadavky na mikrobiologickou bezpečnost.

Pokrmy po sterilaci měly nižší mikrobiologickou kontaminaci než pokrmy nesterilované. Pokrmy sterilované a lyofilizované sterilované byly téměř sterilní, pokrmy lyofilizované měly velmi nízkou mikrobiální kontaminaci. Parametry mikrobiální kontaminace se velmi

mírně zhoršily po termostatové zkoušce a po 2 měsících skladování. Z výsledků také vyplývá důležitost kvalitní původní suroviny s přijatelnými mikrobiologickými hodnotami. Jen díky kvalitní vstupní surovině je možné vyrobit kvalitní dehydratované a sterilované výrobky.

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala mikrobiologickou analýzou druhů ovoce, které se u nás nepěstuje a v čerstvém stavu nemusí být vždy dostupné. Je však nutričně velmi hodnotné především obsahem vitamínů a minerálních látek, a proto by mohlo významně obohatit jídelníček. Trvanlivost ovoce byla zvýšena dehydratací a pro udržení vlastností byly vzorky vakuově zabaleny, čímž získaly další přidanou hodnotu, jakou je nízká hmotnost a výborná skladovatelnost. Mikrobiologickým rozborem bylo prokázáno, že vzorky odpovídají mikrobiologickým kritériím a splňují požadavky na kvalitu. Vzorky upravené lyofilizací měly lepší organoleptické vlastnosti než vzorky sušené.

Práce se rovněž zabývala pokrmy a jejich mikrobiologickými parametry. Bylo prokázáno, že sterilace autoklávováním významně sníží počet mikroorganismů v těchto pokrmech. Mikrobiologická kritéria splnily jak vzorky sterilované, které byly mikrobiologicky téměř sterilní, tak i vzorky lyofilizované a lyofilizované sterilované. Vzorky lyofilizované měly lepší organoleptické charakteristiky než vzorky lyofilizované sterilované, které byly tmavší a mírně spečené. Kuskus i bulgur jsou méně využívané pšeničné produkty, které by mohly významně zpestřit jídelníček nejen vojákům. Hovězí guláš je klasický pokrm obsahující nutričně významné hovězí maso a je vhodnou alternativou pro osoby, které mají rády klasickou českou kuchyni.

Takto upravené ovoce i pokrmy by mohly při dodržení postupů správné výrobní praxe a systému HACCP obohatit jídelníček vojáků armády ČR, pomoci v krizových situacích, zpestřit jídelníček cestovatelů apod. Takto upravené ovoce je využitelné i v domácnostech, kde může sloužit jako nutričně bohatá náhrada cukrovinek a pokrmy mohou sloužit jako rychlá alternativa pro přípravu nutričně vyvážených pokrmů pro časově vytížené domácnosti, manažery apod.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALI, Athmar A., Ammar B. ALTEMIMI, Nawfal ALHELFI a Salam A. IBRAHIM, 2020. Application of Biosensors for Detection of Pathogenic Food Bacteria: A Review. *Biosensors* [online]. 10(6) [cit. 2022-04-12]. ISSN 2079-6374. Dostupné z: doi:10.3390/bios10060058
- ALP, Duygu a Özcan BULANTEKIN, 2021. The microbiological quality of various foods dried by applying different drying methods: a review. *European Food Research and Technology* [online]. 247(6), 1333-1343 [cit. 2022-03-30]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-021-03731-z
- ANDRÉ, Stéphane, Tatiana VALLAEYS a Stella PLANCHON, 2017. Spore-forming bacteria responsible for food spoilage. *Research in Microbiology* [online]. 168(4), 379-387 [cit. 2022-04-11]. ISSN 09232508. Dostupné z: doi:10.1016/j.resmic.2016.10.003
- AYALA, Alfredo, 2010. LIOFILIZACIÓN DE PITAHAYA AMARILLA (*Sclerocybe megalanthus*). *Scielo Analytic* [online]. Colombia: Escuela de Ingeniería de Alimentos, 2010, 17(2) [cit. 2022-03-19]. ISSN 0121-4004. Dostupné z: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042010000200002
- BEUCHAT, LARRY R., EVANGELIA KOMITOPOULOU, HARRY BECKERS, ROY P. BETTS, FRANÇOIS BOURDICHON, SÉAMUS FANNING, HAN M. JOOSTEN a BENNO H. TER KUILE, 2013. Low-Water Activity Foods: Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection* [online]. 76(1), 150-172 [cit. 2022-05-07]. ISSN 0362-028X. Dostupné z: doi:10.4315/0362-028X.JFP-12-211
- BLACKBURN, Clive de W., 2006. *Food spoilage microorganisms*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited. ISBN 978-1-85573-966-6.
- BOWDEN, Jonny, 2011. *150 nejzdravějších potravin na světě: pravdivě a objektivně o tom, co je třeba jíst a proč*. Praha: Fortuna Libri. Fortuna praxis. ISBN 978-80-7321-534-7.

- BURSOVÁ, Šárka, 2014. *Mikrobiologické laboratorní metody*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-675-9.
- BURSOVÁ, Šárka, Lenka NECIDOVÁ a Marta DUŠKOVÁ, 2014. *Mikrobiologie potravin a mikrobiologické laboratorní metody: Obecná mikrobiologie*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita. ISBN 978-80-7305-742-8.
- ČSN 56 9609, 2008. *Pravidla správné hygienické a výrobní praxe - Mikrobiologická kritéria pro potraviny.: Principy stanovení a aplikace*. Praha: Český normalizační institut.
- DOBIÁŠ, Jaroslav, 2004. *Technologie zpracování ovoce a zeleniny I.: Syllabus textů k přednáškám z předmětu*. Praha: VŠCHT.
- DRDÁK, M., 1996. *Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočíšnych surovín cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé centrum. ISBN 80-967-0641-1.
- DUAN, Xu, Min ZHANG a Arun S. MUJUMDAR, 2007. Studies on the Microwave Freeze Drying Technique and Sterilization Characteristics of Cabbage. *Drying Technology* [online]. **25**(10), 1725-1731 [cit. 2022-05-08]. ISSN 0737-3937. Dostupné z: doi:10.1080/07373930701591044
- FARID HOSSAIN, Md., 2015. Nutritional Value and Medicinal Benefits of Pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* [online]. **4**(1) [cit. 2022-04-09]. ISSN 2327-2694. Dostupné z: doi:10.11648/j.ijnfs.20150401.22
- FELLOWS, P., 2000. *Food processing technology: Principles and practice*. 2. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited. ISBN 0-8493-0887-9.
- GOLIÁŠ, Jan, 2014. *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-195-6.
- GÖRNER, Fridrich a Ľubomír VALÍK, 2004. *Aplikovaná mikrobiológia požívatin: princípy mikrobiológie požívatin, potravinársky významné mikroorganizmy a ich skupiny, mikrobiológia potravinárskych výrob, ochorenia mikrobiálneho povodu, ktorých zárodoky sú prenášané požívatinami*. Bratislava: Malé centrum. ISBN 80-967064-9-7.
- HAMEED, Saima, Lijuan XIE a Yibin YING, 2018. Conventional and emerging detection techniques for pathogenic bacteria in food science: A review. *Trends in Food*

- Science & Technology* [online]. 81, 61-73 [cit. 2022-04-13]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2018.05.020
- HAN, Jung H., 2005. *Innovations in Food Packaging* [online]. Department of Food Science, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada: Academic Press [cit. 2022-02-24]. ISBN 978-0-12-311632-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-311632-1.X5031-1>
- HRABĚ, Jan, František BUŇKA a Jiří FRYČ, 2006. Dávky potravin pro armádu ČR a krizové situace. In: *Konzervářensko-potravinářské dny 2006: sborník přednášek*. Praha, s. 63-82. ISBN 80-7318-506-7.
- CHEN, Yuhan, Shuliang GUO, Min ZHAO, Pu ZHANG, Zhuliu XIN, Jiang TAO a Lijuan BAI, 2018. Amperometric DNA biosensor for Mycobacterium tuberculosis detection using flower-like carbon nanotubes-polyaniline nanohybrid and enzyme-assisted signal amplification strategy. *Biosensors and Bioelectronics* [online]. **119**, 215-220 [cit. 2022-04-27]. ISSN 09565663. Dostupné z: doi:10.1016/j.bios.2018.08.023
- CHITRAKAR, Bimal, Min ZHANG a Benu ADHIKARI, 2019. Dehydrated foods: Are they microbiologically safe?. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 59(17), 2734-2745 [cit. 2022-03-29]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2018.1466265
- INGR, Ivo, 2007. *Základy konzervace potravin*. Vyd. 3., přeprac. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-110-4.
- JIANG, Jing, Xinhao WANG, Ran CHAO, Yukun REN, Chengpeng HU, Zhida XU a Gang Logan LIU, 2014. Smartphone based portable bacteria pre-concentrating microfluidic sensor and impedance sensing system. *Sensors and Actuators B: Chemical* [online]. **193**, 653-659 [cit. 2022-04-27]. ISSN 09254005. Dostupné z: doi:10.1016/j.snb.2013.11.103
- KADIDLOVÁ, Helena, František BUŇKA a Jan HRABĚ, 2009. Výživová hodnota sterilovaných hotových pokrmů. *Výživa a potraviny* [online]. **64**(3), 71-74 [cit. 2022-04-15]. ISSN 1211-846X. Dostupné z: <https://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1000987>

- KADLEC, Pavel, 2002. *Technologie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-708-0509-9.
- KADLEC, Pavel, 2003. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-708-0527-7.
- KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2009. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- KLOTZ, Bernadette, D. Leo PYLE a Bernard M. MACKEY, 2007. New Mathematical Modeling Approach for Predicting Microbial Inactivation by High Hydrostatic Pressure. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. **73**(8), 2468-2478 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0099-2240. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.02211-06
- KOPECKÁ, Jana a Gabriela ROTKOVÁ, 2016. *Skripta ke cvičení z obecné mikrobiologie, cytologie a morfologie bakterií*. Brno: Tribun EU. ISBN 978-80-263-1123-2.
- LEWIS, Michael a Neil HEPPELL, 2000. *Continuous Thermal Processing of Foods: Pasteurization and UHT Sterilization*. Maryland: Aspen Publishers. ISBN 0-8342-1259-5.
- M1008 [online], 2019. HiMedia Laboratories [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://himedialabs.com/TD/M1008.pdf>
- M154 [online], 2019. HiMedia Laboratories [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://himedialabs.com/TD/M154.pdf>
- MODI, H. A., 2009. *MICROBIAL SPOILAGE OF FOODS*. India: Aavishkar Publishers. ISBN ISBN 978-81-7910-285-5.
- MONTVILLE, Thomas J., Karl R. MATTHEWS a Kalmia E. KNIEL, 2012. *Food Microbiology An Introduction*. 3. Washington, USA: ASM Press. ISBN 978-1-55581-720-6.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnic Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004, 2011. In: *Úř. věst. L 304*,

22.11.2011, s. 18-63. Lucembursko: Úřad pro publikace Evropské unie, 32011R1169. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/LSU/?uri=CELEX%3A32011R1169>

Nářízení Komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny, 2005. In: *Úř. věst. L 338 22.12.2005, s. 1*. Lucembursko: Úřad pro publikace Evropské unie, ročník 2005, 02005R2073-20190228. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02005R2073-20190228>

Nářízení Komise (EU) č. 10/2011 ze dne 14. ledna 2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami, 2011. In: *Úř. věst. L 12, 15.1.2011, s. 1-89*. Lucembursko: Úřad pro publikace Evropské unie, 32011R0010. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/LSU/?uri=CELEX:32011R0010>

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Yolanda Donají a José Alfredo, 2012. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. *Comunicata Scientiae* [online]. Brasil: Profa Cinobelina Elvas, **3**(4), 220-237 [cit. 2022-03-13]. ISSN 2177-5133. Dostupné z: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5022075>

PAMPLONA-ROGER, Jorge D., 2005. *Encyklopedie léčivých potravin*. Praha: Advent-Orion. New start. ISBN 80-717-2542-0.

PASCALL, Melvin A. a Jung H. HAN, 2018. *Packaging for Nonthermal Processing of Food*. Second Edition. USA: John Wiley. ISBN 978-1-11-912686-7.

POLTRONIERI, Palmiro, Valeria MEZZOLLA, Elisabetta PRIMICERI a Giuseppe MARUCCIO, 2014. Biosensors for the Detection of Food Pathogens. *Foods* [online]. **3**(3), 511-526 [cit. 2022-04-16]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: [doi:10.3390/foods3030511](https://doi.org/10.3390/foods3030511)

PROCHÁZKOVÁ, Simona, 2018. Dehydratované potraviny. *Retail News* [online]. Press21, 15.1.2018, **2017**(12) [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.retailnews.cz/2018/01/15/dehydratovane-potraviny-2/>

RAHMAN, M. Shafiur, 2007. *Handbook of Food Preservation*. 2. New York: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-57444-606-7.

RAI, V. Ravishankar a Jamuna A. BAI, 2014. *Microbial Food Safety and Preservation Techniques*. New York: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4665-9307-7.

- RASFF, 2002. *Informační centrum bezpečnosti potravin* [online]. Odbor bezpečnosti potravin Ministerstva zemědělství, 2002 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: [https://www.bezpecnostpotravin.cz/stranka/system-rychleho-varovani-pro-potravinu-a-krmiva-\(rasff\).aspx](https://www.bezpecnostpotravin.cz/stranka/system-rychleho-varovani-pro-potravinu-a-krmiva-(rasff).aspx)
- RATTI, Cristina, 2009. *ADVANCES in FOOD DEHYDRATION*. USA: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4200-5252-7.
- SKLÁRŠOVÁ, Božena, 2020. Ako môžu obaly znižovať množstvo potravinového odpadu. *Trendy v potravinárstve* [online]. Bratislava: Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum-Výskumný ústav potravinársky, **xxv.**(1) [cit. 2022-03-05]. ISSN 1336-085X. Dostupné z: <https://vup.sk/index.php?mainID=3&navID=20>
- STEINHAUSER, Ladislav, 1995. *Hygiena a technologie masa*. Brno: LAST. ISBN 80-9002-60-4-4.
- SVĚTLÍKOVÁ, Angela a Tomáš KUČTA, 2020. *Trendy v potravinárstve: Mykotoxíny v potravinách stále vyžadujú pozornosť* [online]. XXV. Bratislava: Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum [cit. 2022-04-11]. ISSN 1336-085X. Dostupné z: <https://www.vup.sk/index.php?mainID=3&navID=20>
- ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila, 2008. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3. [i.e. 4.], opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1703-1.
- TEWARI, Gaurav a Vijay K. JUNEJA, 2007. *Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation*. USA: Blackwell Publishing Professional. ISBN 978-0-8138-2968-5.
- VEGA-MERCADO, Humberto, M. MARCELA GÓNGORA-NIETO a Gustavo V. BARBOSA-CÁNOVAS, 2001. Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering* [online]. **49**(4), 271-289 [cit. 2022-03-29]. ISSN 02608774. Dostupné z: [doi:10.1016/S0260-8774\(00\)00224-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00224-7)
- VOTAVA, Miroslav, 2000. *Kultivační půdy v lékařské mikrobiologii*. Brno: Hortus. ISBN 80-238-5058-X.
- VYHLÁŠKA Č. 397/2021 SB., 2021. *Vyhláška o požadavcích na konzervované ovoce a konzervovanou zeleninu, skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich a banány*. 2003. MZe. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-397/zneni-20220101#p20_p20-1-1

- VYHLÁŠKA Č. 398/2016 SB., 2016. *Vyhláška o požadavcích na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dresinky a hořčici*. MZe. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-398?text=320%2F2015>
- WU, Dan, Fereidoun FORGHANI, Eric Banan-Mwine DALIRI, et al., 2020. Microbial response to some nonthermal physical technologies. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 95, 107-117 [cit. 2022-03-31]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: [doi:10.1016/j.tifs.2019.11.012](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.012)
- ZOTARELLI, Marta Fernanda, Barbara Daniela Almeida PORCIUNCULA a João Borges LAURINDO, 2012. A convective multi-flash drying process for producing dehydrated crispy fruits. *Journal of Food Engineering* [online]. Brazil: Federal University of Santa Catarina, 108(4) [cit. 2022-04-09]. ISSN 0260-8774. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.014>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AES	Aerobní sporotvorné bakterie
ANS	Anaerobních sporotvorné bakterie
a_w	Aktivita vody
BPD	Bojová dávka potravin
CFU	Colony forming unit (počet kolonie tvořících jednotek)
CPM	Celkový počet mikroorganismů
CRI	Cobat Ration Individual (bojová dávka pro jednotlivce)
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
ChYGA	Chloramfenicol Yeast Glucose Agar
EBA	Bakterie z čeledi <i>Enterobacteriaceae</i>
EFSA	European Food Safety Authority (Evropský úřad pro bezpečnost potravin)
EFTA	European Free Trade Association (Evropské sdružení volného obchodu)
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (enzymová imunoanalýza)
ENT	enterokoky
EU	Evropská unie
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points (systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů)
HIPEF	High Intensity Pulsed Electric Field (vysoko intenzivní pulzní elektrické pole)
IR	Infrared (infračervené záření)
KFB	Počet koliformních bakterií
kPa	Kilopascal
KS	Konzerva sterilovaná
LOC	Lab-on-a-chip (laboratoř na čipu)
L	Lyofilizované
LPSSD	Low-pressure superheated steam drying (sušení nízkotlakou přehřátou párou)

MFD	Microwave freeze drying (mikrovlnné mrazové sušení)
MO	Mikroorganismus
MPA	Masopeptonový agar
nd	nedetekováno
PCR	Polymerase chain reaction (polymerázová řetězová reakce)
PEF	Pulsed Electric Field (pulzní elektrické pole)
PTB	Počet psychrotrofních bakterií
RASFF	Rapid Alert System for Food and Feed (Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva)
RCA	Reinforced Clostridial Agar
RNA	Ribonukleová kyselina
SCO ₂	Superkritický oxid uhličitý
TFB	Termofilních bakterie
TZK	Termostatová zkouška
TRB	Termorezistentní bakterie
UV	Ultrafialové záření
ZSD	Základní strávní dávka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schématický průběh teploty a tlaku v autoklávu při nízkotlakém vzestupu a protitlakovém chlazení (Steinhauser, 1995)	24
Obrázek 2: Letaltní čára spor <i>Clostridium botulinum</i> (Šilhánková, 2008).....	26
Obrázek 3: Vliv teploty na projevy mikroorganismů (Kadlec, 2002)	28
Obrázek 4: Schéma experimentu – ovoce.....	54
Obrázek 5: Vzorky banánu vlevo sušený, vpravo lyofilizovaný	55
Obrázek 6: Vzorky kiwi – vlevo lyofilizované, vpravo sušené	56
Obrázek 7: Vzorky manga – vlevo lyofilizované, vpravo sušené	56
Obrázek 8: Vzorky pitaya – vlevo sušená, vpravo lyofilizovaná	57
Obrázek 9: Schéma experimentu – pokrmy.....	58
Obrázek 10: Kuskus s kuřecím masem	59
Obrázek 11: Kuskus s kuřecím masem – sterilovaný vlevo, lyofilizovaný vpravo....	59
Obrázek 12: Hovězí guláš s bramborem	60
Obrázek 13: Hovězí guláš s bramborem - sterilovaný vlevo, lyofilizovaný vpravo ..	60
Obrázek 14: Hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem	61
Obrázek 15: Hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem - sterilovaný vlevo, lyofilizovaný vpravo.....	62
Obrázek 16: Rýžový nákyp s ovocem - lyofilizovaný.....	63
Obrázek 17: Vepřová kýta na smetaně s tarhoňou - lyofilizovaná	63
Obrázek 18: Bulgur se zeleninou	64
Obrázek 19: Vegetariánské chilli.....	65
Obrázek 20: Celkový počet mikroorganismů v ovoci	88
Obrázek 21: Enterobakterie v ovoci	89
Obrázek 22: Aerobní sporuláty v ovoci	89
Obrázek 23 : Anaerobní sporuláty v ovoci	90
Obrázek 24: Kvasinky a plísňe v ovoci	91
Obrázek 25: Celkový počet MO v pokrmech	94
Obrázek 26: Enterobakterie v pokrmech	95
Obrázek 27: Aerobní sporuláty v pokrmech.....	95
Obrázek 28: Anaerobní sporuláty v pokrmech	96
Obrázek 29: Kvasinky a plísňe v pokrmech	96

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnoty „D“ a „z“ pro některé druhy mikroorganismů (Steinhauser, 1995)	25
Tabulka 2: Členění dehydratovaných výrobků, ochucovadel, studených omáček a dresinků na druhy a skupiny (Vyhláška MZE 398/2016, 2016)	31
Tabulka 3: Minimální hodnoty a_w pro růst mikroorganismů (Görner, 2004).....	32
Tabulka 4: Požadavky na sušené ovoce dle vyhlášky MZe č. 397/2021 sb.:	35
Tabulka 5: Rozdíly mezi klasickým sušením a lyofilizací (Kadlec, 2003)	37
Tabulka 6: Charakteristika vzorků ovoce	55
Tabulka 7 : Sledované skupiny mikroorganismů a kultivační půdy.....	65
Tabulka 8: Skupina mikroorganismů, teplota, doba kultivace, ředění	70
Tabulka 9: Mikrobiologická analýza - pitaya sušená (PS)	72
Tabulka 10: Mikrobiologická analýza - pitaya lyofilizovaná (PL).....	72
Tabulka 11: Mikrobiologická analýza - banán sušený (BS).....	73
Tabulka 12: Mikrobiologická analýza - banán lyofilizovaný (BL)	73
Tabulka 13: Mikrobiologická analýza - kiwi sušené (KS)	74
Tabulka 14: Mikrobiologická analýza - kiwi lyofilizované (KL).....	74
Tabulka 15: Mikrobiologická analýza - mango sušené (MS).....	75
Tabulka 16: Mikrobiologická analýza - mango lyofilizované (ML)	75
Tabulka 17: Mikrobiologická analýza - ananas sušený (AS)	76
Tabulka 18: Mikrobiologická analýza - ananas lyofilizovaný (AL).....	76
Tabulka 19: Mikrobiologická analýza - kuskus s kuřecím masem v konzervě	77
Tabulka 20: Mikrobiologická analýza - kuskus s kuřecím masem lyofilizovaný	78
Tabulka 21: Mikrobiologická analýza - kuskus s kuřecím masem lyofilizovaný sterilovaný	78
Tabulka 22: Mikrobiologická analýza - hovězí guláš s bramborem v konzervě	79
Tabulka 23: Mikrobiologická analýza - hovězí guláš s bramborem lyofilizovaný	79
Tabulka 24: Mikrobiologická analýza -hovězí guláš s bramborem lyofilizovaný sterilovaný	80
Tabulka 25: Mikrobiologická analýza - hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem v konzervě.....	80
Tabulka 26: Mikrobiologická analýza - hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem lyofilizovaný vzorek	81

Tabulka 27: Mikrobiologická analýza -hrachová kaše s klobásou, kyselou okurkou a vejcem lyofilizovaný sterilovaný vzorek	81
Tabulka 28: Mikrobiologická analýza - rýžový nákyp s ovocem v konzervě	82
Tabulka 29: Mikrobiologická analýza - rýžový nákyp s ovocem lyofilizovaný	82
Tabulka 30: Mikrobiologická analýza - rýžový nákyp s ovocem lyofilizovaný sterilovaný	83
Tabulka 31: Mikrobiologická analýza - vepřová kýta na smetaně s tarhoňou v konzervě	83
Tabulka 32: Mikrobiologická analýza - vepřová kýta na smetaně s tarhoňou lyofilizovaný vzorek.....	84
Tabulka 33: Mikrobiologická analýza - vepřová kýta na smetaně s tarhoňou lyofilizovaný sterilovaný vzorek	84
Tabulka 34: Mikrobiologická analýza - bulgur se zeleninou v konzervě.....	85
Tabulka 35: Mikrobiologická analýza - vegetariánské chilli v konzervě.....	85

SEZNAM PŘÍLOH

Foto 1: Plísně a kvasinky – kiwi sušené – 1. ředění	114
Foto 2: Plísně a kvasinky– kiwi lyofilizované – 1. ředění.....	114
Foto 3: Plísně a kvasinky – mango sušené po době skladování při 5 °C – 1. ředění	115
Foto 4: Plísně a kvasinky – ananas sušený po termostatové zkoušce – 1. ředění.....	115
Foto 5: Plísně a kvasinky – ananas sušený po termostatové zkoušce – 2. ředění.....	116
Foto 6: Plísně a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 5 °C – 1. ředění	116
Foto 7: Plísně a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 5 °C – 2. ředění	117
Foto 8: Plísně a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 25 °C – 2. ředění	117
Foto 9: Plísně a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 40 °C – 1. ředění	118
Foto 10: Plísně a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 5 °C – 1. ředění.....	118
Foto 11: Plísně a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 5 °C – 2. ředění.....	119
Foto 12: Plísně a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 25 °C – 1. ředění.....	119
Foto 13: Plísně a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 25 °C – 2. ředění.....	120
Foto 14: Plísně a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 40 °C – 1. ředění.....	120
Foto 15: Plísně a kvasinky – pitaya sušená po termostatové zkoušce – 1. ředění	121

PŘÍLOHA P I: UKÁZKY MO NA PETRIHO MISKÁCH - OVOCE

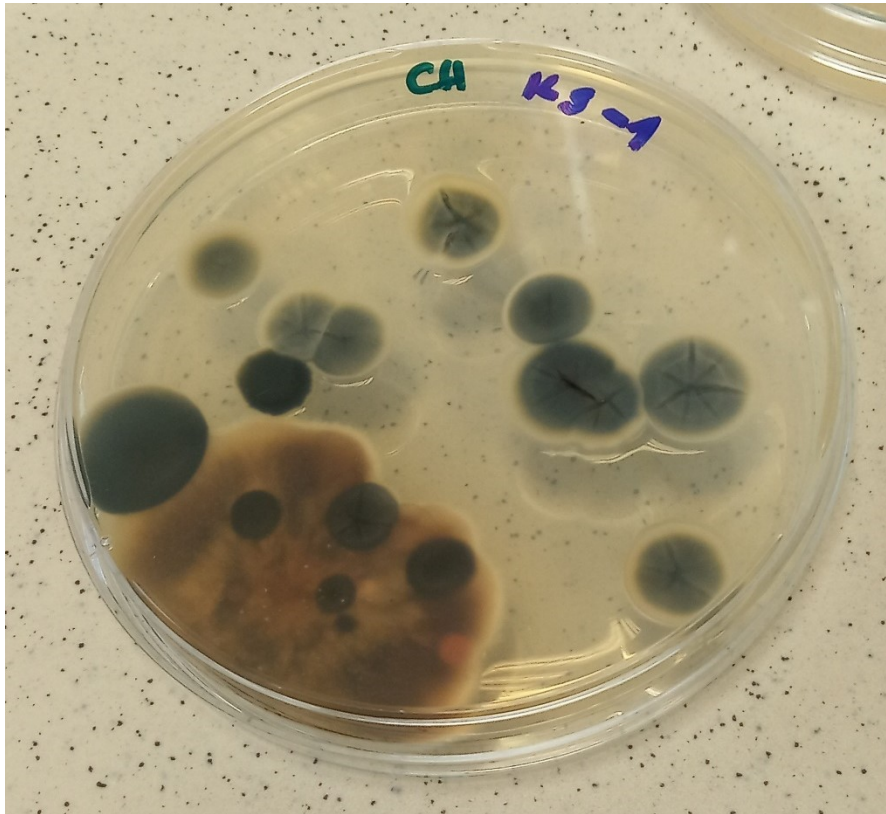


Foto 1: Plísňe a kvasinky – kiwi sušené – 1. ředění



Foto 2: Plísňe a kvasinky – kiwi lyofilizované – 1. ředění

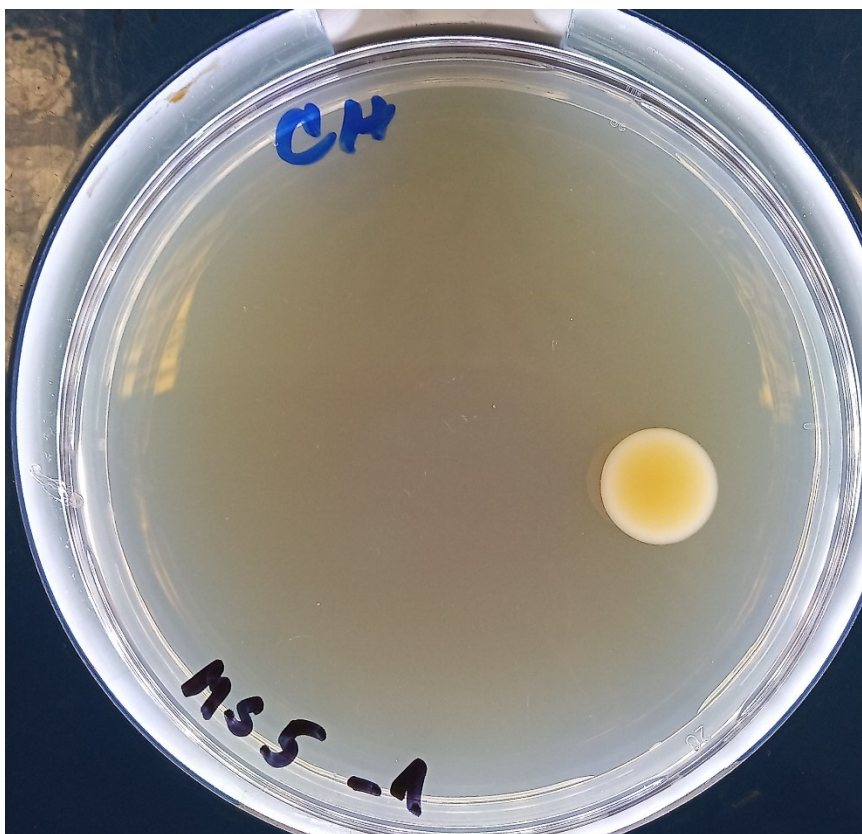


Foto 3: Plísňe a kvasinky – mango sušené po době skladování při 5 °C – 1. ředění



Foto 4: Plísňe a kvasinky – ananas sušený po termostátové zkoušce – 1. ředění

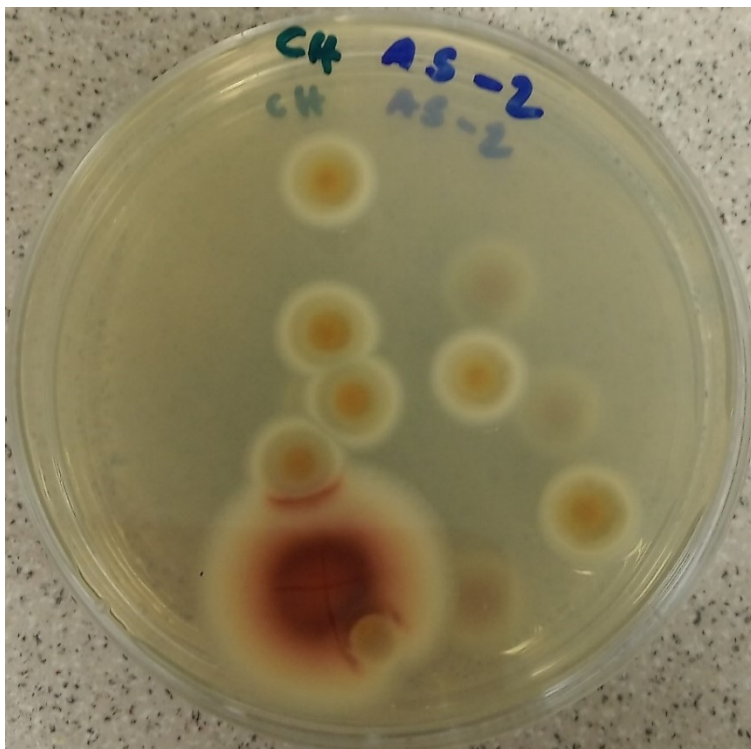


Foto 5: Plísňe a kvasinky – ananas sušený po termostátové zkoušce – 2. ředění

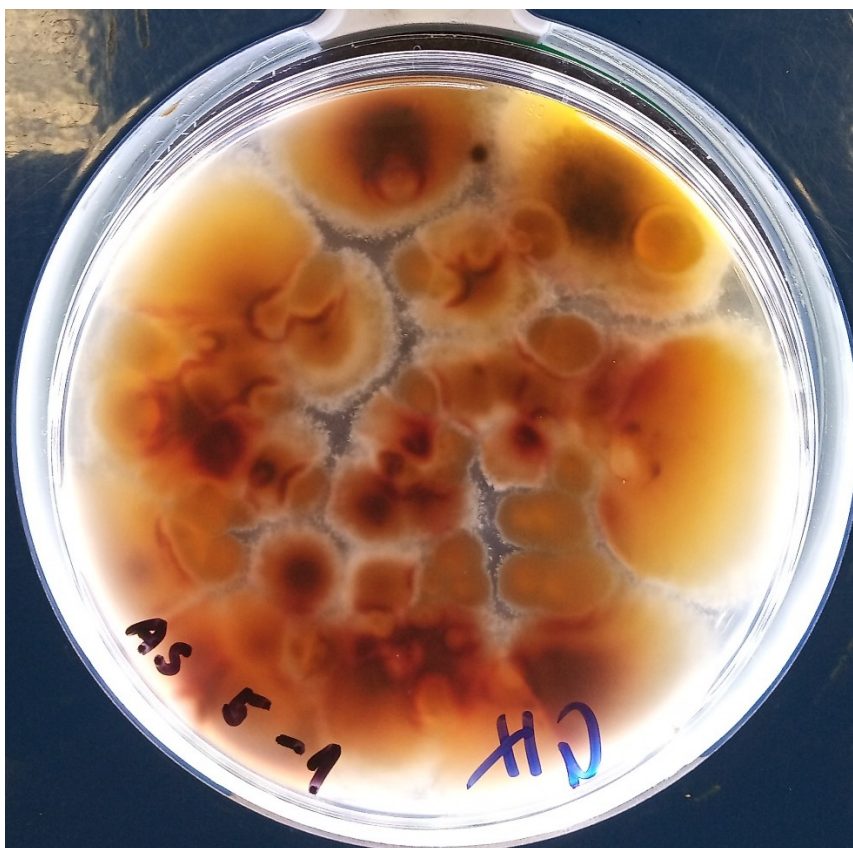


Foto 6: Plísňe a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 5 °C – 1. ředění

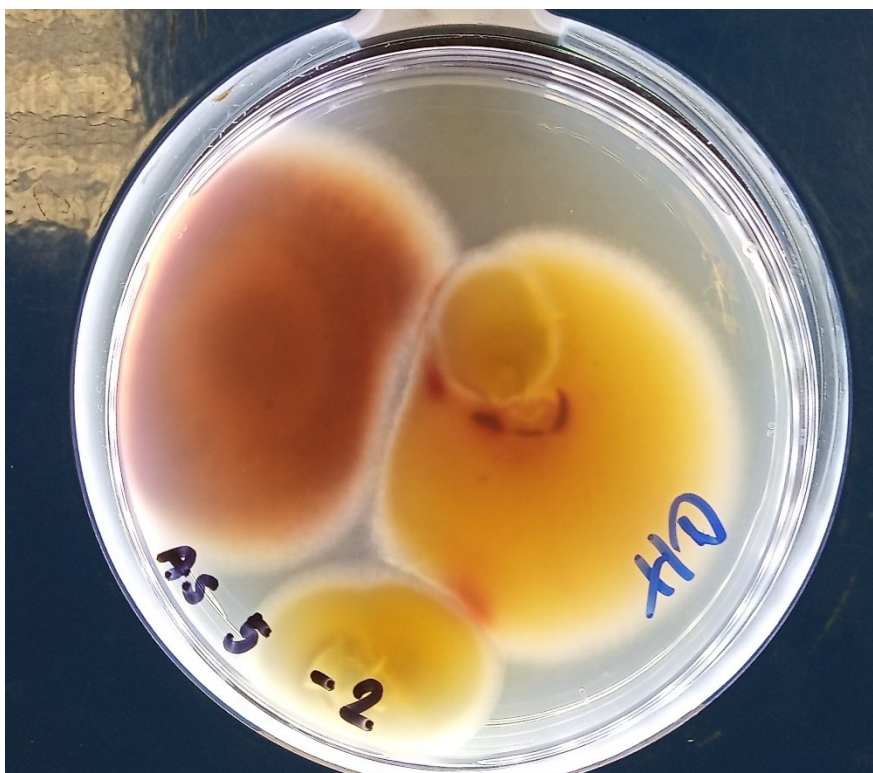


Foto 7: Plísňe a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 5 °C – 2. ředění

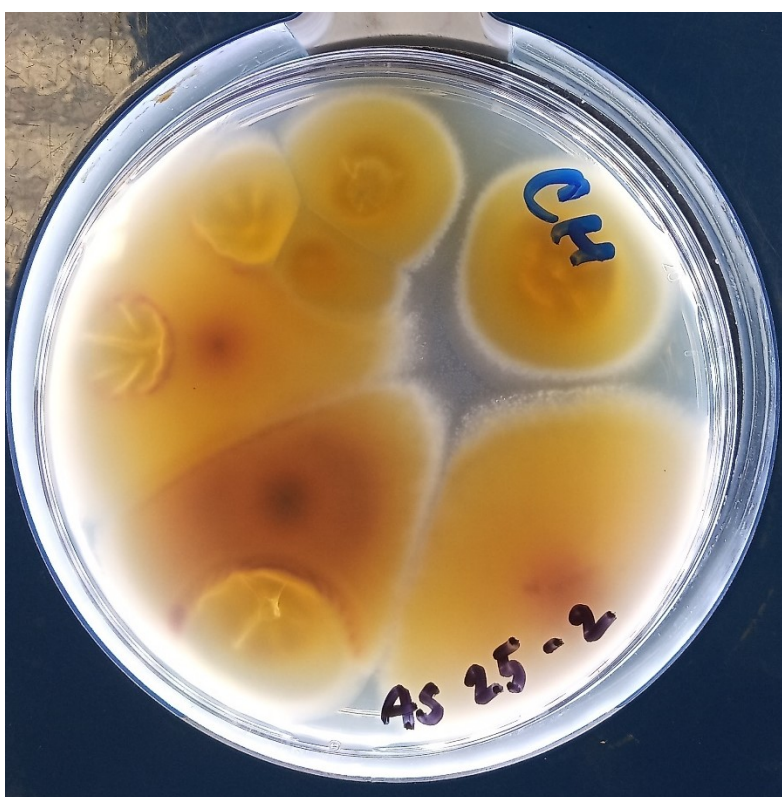


Foto 8: Plísňe a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 25 °C – 2. ředění

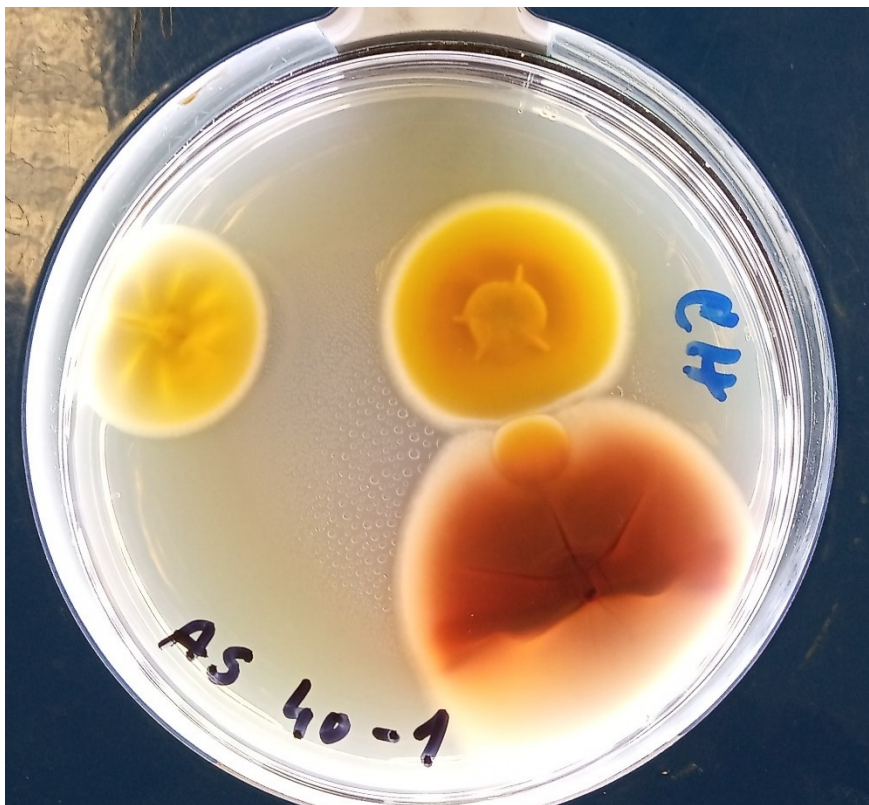


Foto 9: Plísňe a kvasinky – ananas sušený po době skladování při 40 °C – 1. ředění

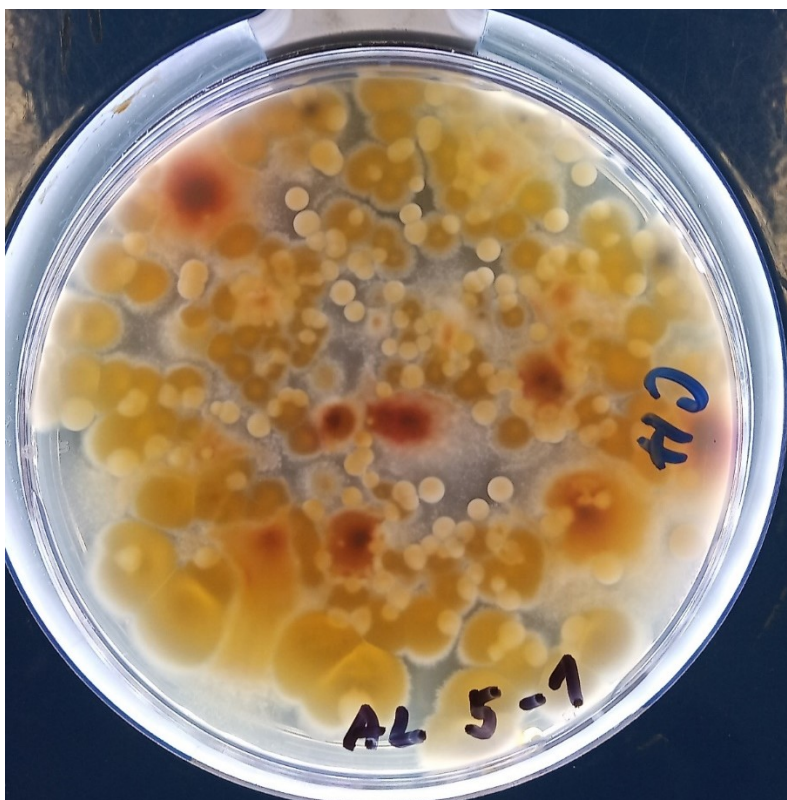


Foto 10: Plísňe a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 5 °C – 1. ředění

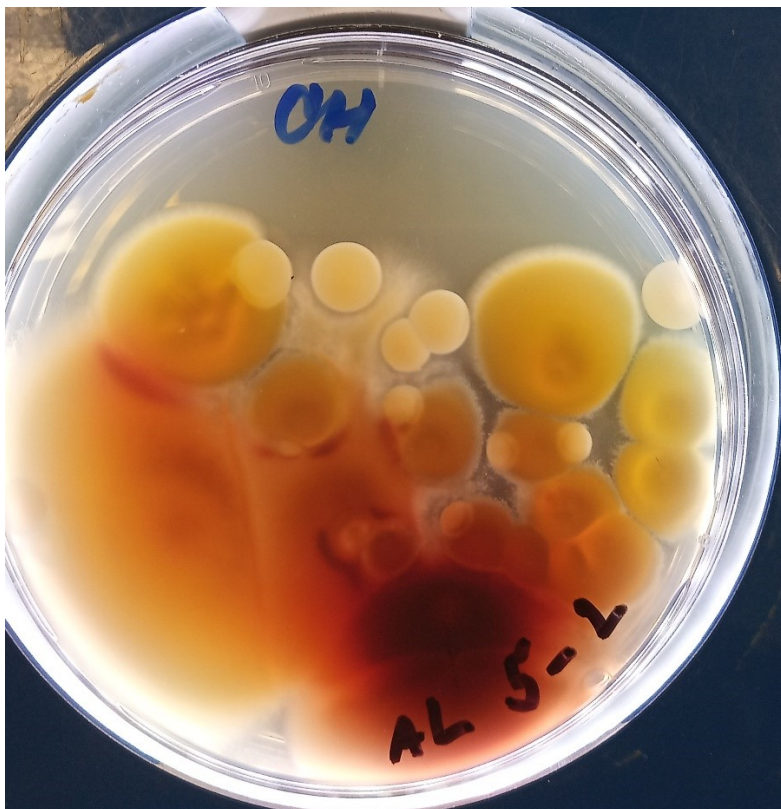


Foto 11: Plísňe a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 5 °C – 2. ředění

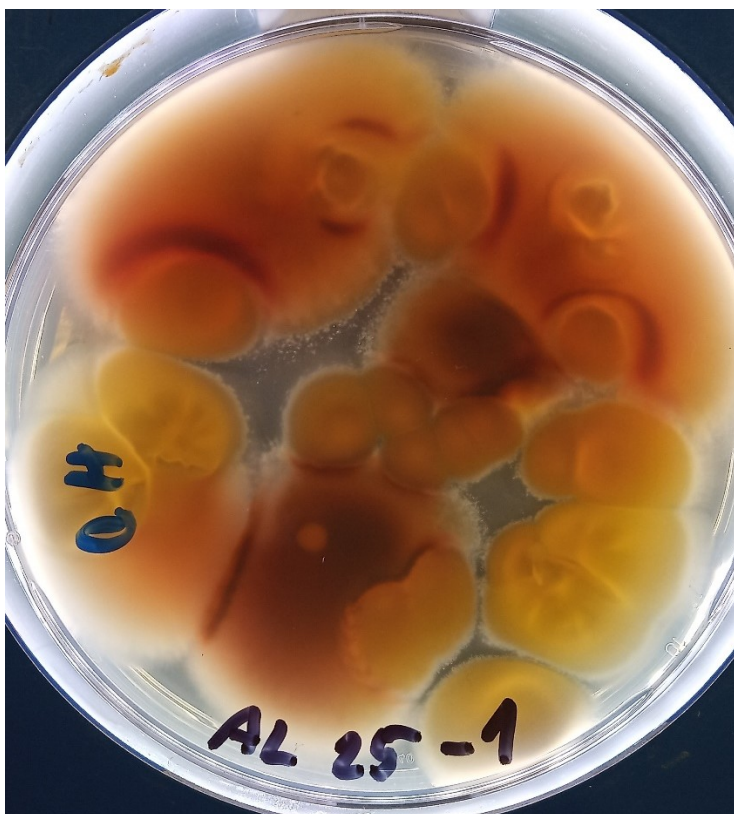


Foto 12: Plísňe a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 25 °C – 1. ředění

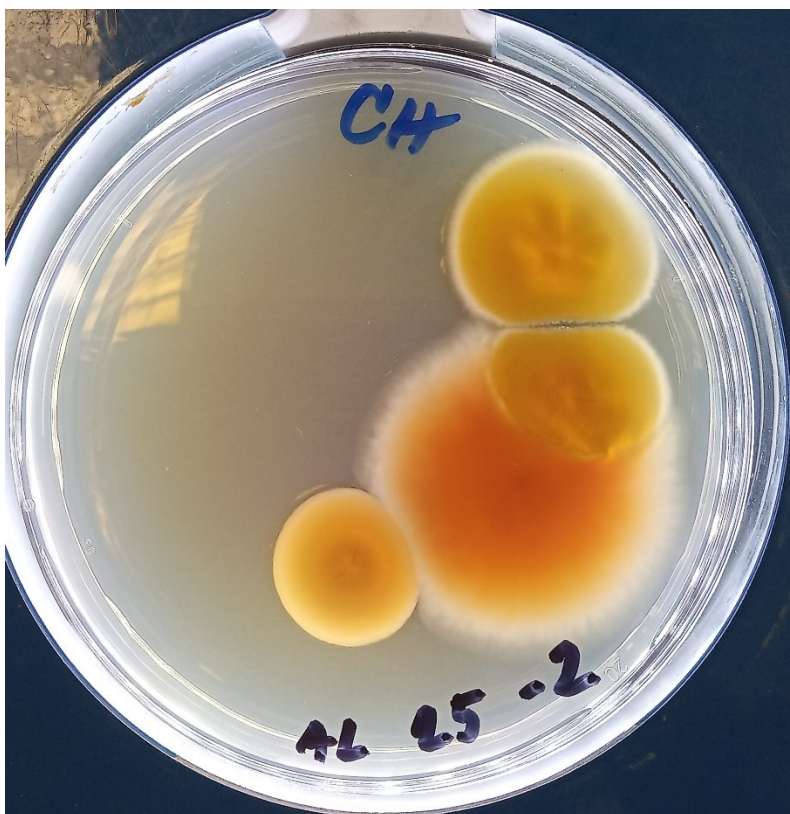


Foto 13: Plísňe a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 25 °C – 2. ředění

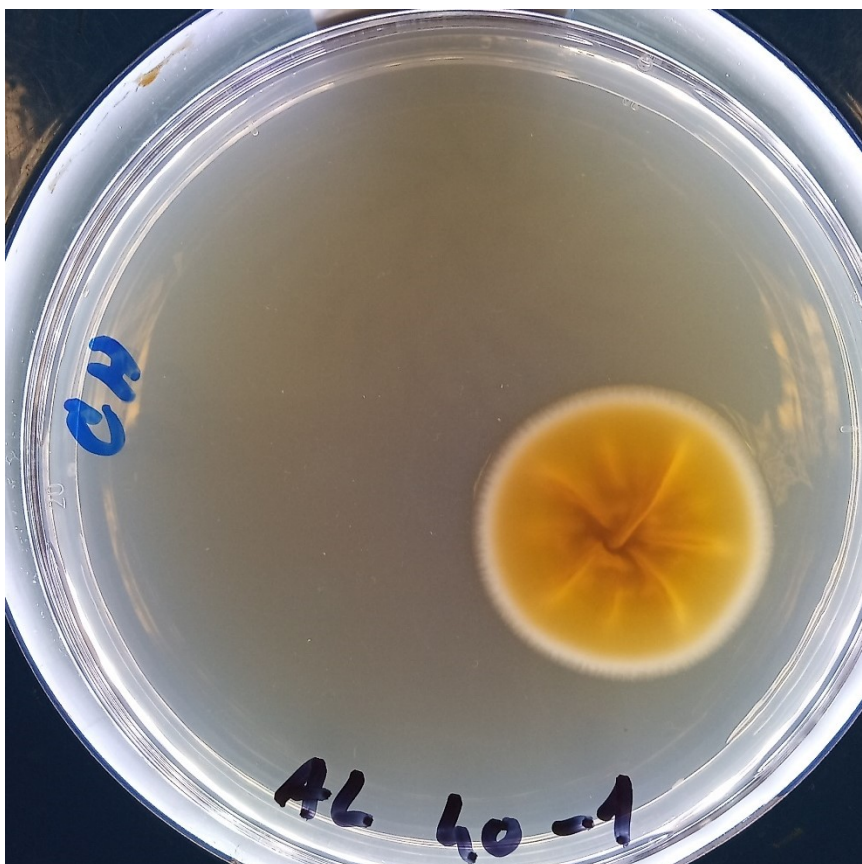


Foto 14: Plísňe a kvasinky – ananas lyofilizovaný po době skladování při 40 °C – 1. ředění

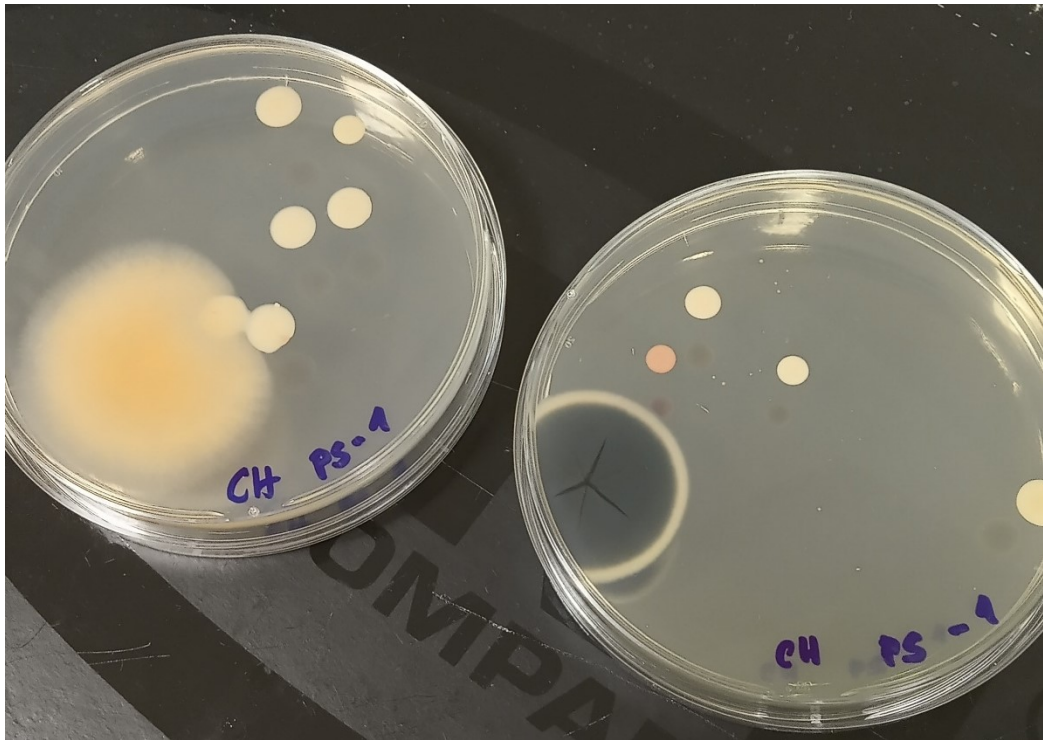


Foto 15: Plísňe a kvasinky – pitaya sušená po termostátové zkoušce – 1. ředění