

# Změny jakosti trvanlivých potravin v průběhu ročního skladování

Jan Strašák

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Strašák**  
Osobní číslo: **T15305**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Změny jakosti trvanlivých potravin v průběhu ročního skladování**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Zabezpečení stravování obyvatelstva v krizových stavech.
2. Charakteristika možných změn probíhajících během skladování potravin při různých teplotách.

### II. Praktická část

1. Založení skladovacího pokusu s vybranými trvanlivými potravinami při 4 různých teplotách.
2. Chemická, mikrobiologická, texturní a senzorická analýza potravin v 6 intervalech (na počátku skladování a dále po 1, 3, 6, 9 a 12 měsících skladování).
3. Zhodnocení jakostních změn během jednoletého skladování.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM (eds.). The stability and shelf-life of food. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2000. ISBN 1-85573-500-8

[2] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM (eds.). Food and beverage stability and shelf life. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2011. ISBN 978-1-84569-701-3

[3] Standardization agreement (STANAG) 2937 Requirements of individual operational rations for military use. Edice 4. Brusel: NATO, 2013

[4] COULTATE, Tom P. Food The chemistry of its components. 5. vyd. Cambridge: RSC Publishing, 2009. ISBN 978-0-85404-111-4

[5] deMAN, John M. Principles of food chemistry. 3. vyd. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. ISBN 0-8342-1234-X

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Bubelová, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

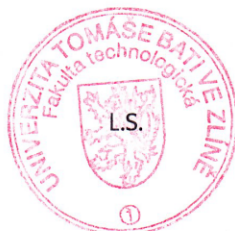
Datum zadání diplomové práce: **3. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. dubna 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně ..... 11.5.2007

.....  


<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce bylo sledování chemických, mikrobiologických, senzorických a texturních změn vybraných trvanlivých potravin během 12měsíčního skladování při 4 různých teplotách a následné zhodnocení, zda jsou tyto potraviny vhodné jako bojové dávky potravin nebo jako potravinové dávky v krizových situacích. Bylo skladováno 8 různých trvanlivých potravin, u nichž byly předpoklady, že by mohly vydržet nežádoucí klimatické podmínky. Potraviny byly vystaveny po celou dobu skladovacího pokusu 4 různým teplotám (mrazírenská, chladírenská, pokojová, termostatová). U všech takto skladovaných potravin byly v průběhu skladování odebírány vzorky, a následně se u nich sledovaly různé parametry (pH, obsah sušiny, amoniaku, bílkovin, tuku, tiobarbiturové číslo, texturní profilová analýza, senzorická analýza, mikrobiologická analýza).

Klíčová slova: trvanlivá potravina, skladovací pokus, bojové dávky potravin, krizové stavy, krizová dávka potravin, jakost potravin.

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis was to monitor chemical, microbiological, sensory and textural changes of selected durable food during 12 months storage at 4 different temperatures and to evaluate whether these foods are suitable as combat food or foodstuffs in crisis situations. There were stored 8 different durable foods that were supposed to withstand undesirable climatic conditions. The food has been exposed to 4 different temperatures throughout the storage period (freezing, refrigerating, room, thermostatic). All samples stored in the warehouse were sampled and subsequently monitored for various parameters (pH, dry matter, ammonia, protein, fat, tiobarbituric number, texture profile analysis, sensory analysis, microbiological analysis).

Keywords: durable food, storage experiment, combat food rations, crisis state, crisis food supply, food quality.

Chtěl bych poděkovat své vedoucí diplomové práce paní Ing. Zuzaně Bubelové, Ph.D. za vedení diplomové práce, a také paní Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při práci v laboratoři.

Dále děkuji svým rodičům za podporu během celého studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ZABEZPEČENÍ STRAVOVÁNÍ OBYVATELSTVA V KRIZOVÝCH STAVECH</b> .....	<b>12</b>
1.1 HISTORIE OBRANY OBYVATELSTVA.....	12
1.2 VYMEZENÍ POJMŮ.....	12
1.3 KRIZOVÉ STAVY V ČESKÉ REPUBLICE .....	14
<b>2 CHARAKTERISTIKA MOŽNÝCH ZMĚN PROBÍHAJÍCÍCH BĚHEM SKLADOVÁNÍ</b> .....	<b>15</b>
2.1 ZMĚNY AMINOKYSELIN A BÍLKOVIN BĚHEM SKLADOVÁNÍ .....	15
2.1.1 Oxidace .....	15
2.1.2 Izomerace .....	16
2.1.3 Dekarboxylace.....	16
2.1.4 Reakce s minerálními látkami .....	17
2.1.5 Reakce s lipidy .....	17
2.1.6 Reakce s oxidovanými lipidy .....	17
2.1.7 Reakce s aldehydy a ketony .....	17
2.1.8 Streckerova degradace aminokyselin .....	19
2.1.9 Reakce s izotiokyanáty.....	20
2.1.10 Reakce s rostlinnými fenoly .....	21
2.1.11 Hydrolýza .....	21
2.2 ZMĚNY SACHARIDŮ BĚHEM SKLADOVÁNÍ .....	21
2.2.1 Reakce monosacharidů a oligosacharidů .....	21
2.2.1.1 Vznik a hydrolýza glykosidů .....	21
2.2.1.2 Vznik anhydrocukrů .....	22
2.2.1.3 Vznik furanu a pyranu .....	22
2.2.1.4 Vznik reduktonů .....	23
2.2.1.5 Izomerace.....	23
2.2.1.6 Oxidace .....	23
2.2.1.7 Cannizzarova reakce.....	23
2.2.2 Reakce oligosacharidů .....	24
2.2.3 Reakce polysacharidů.....	24
2.3 ZMĚNY LIPIDŮ BĚHEM SKLADOVÁNÍ.....	24
2.3.1 Reakce mastných kyselin .....	25
2.3.1.1 Oxidační reakce .....	25
2.3.2 Žluknutí tuků .....	27
2.3.3 Reakce homolipidů.....	27
2.3.4 Reakce heterolipidů.....	28
2.3.5 Reakce sterolů .....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>3 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>30</b>
<b>4 MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>31</b>



4.1	CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH POTRAVIN .....	31
4.2	CHARAKTERISTIKA SKLADOVACÍHO POKUSU .....	31
4.3	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	32
4.3.1	Chemikálie .....	32
4.3.2	Přístroje a pomůcky.....	32
4.4	PRINCIPY A POSTUPY POUŽITÝCH ANALÝZ.....	32
4.4.1	pH.....	32
4.4.2	Sušina .....	32
4.4.3	Tiobarbiturové číslo .....	33
4.4.4	Amoniak.....	34
4.4.5	Bílkoviny.....	34
4.4.6	Tuk .....	36
4.4.7	Analýza texturního profilu .....	36
4.4.8	Senzorická analýza.....	37
4.4.9	Mikrobiologická analýza.....	37
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>38</b>
5.1	PH .....	40
5.2	SUŠINA .....	40
5.3	TUK.....	41
5.4	BÍLKOVINY.....	41
5.5	AMONIAK.....	41
5.6	TIOBARBITUROVÉ ČÍSLO.....	42
5.7	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA.....	47
5.8	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA .....	49
5.9	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>67</b>

## ÚVOD

Každý vyspělý stát na světě má rezervy potravin pro obyvatelstvo, které používá v případě krizového stavu. Vojenské složky mají navíc bojové dávky potravin, které byly v české armádě sestaveny před více než deseti lety. Od vstupu České republiky do NATO v roce 1997 se česká armáda zapojuje do akcí NATO v různých podnebních pásech.

Cílem této práce je stanovit, zda jsou potraviny podrobené skladovacímu pokusu vhodné pro to, aby se ze stejných nebo podobných potravin sestavovaly krizové dávky potravin nebo bojové dávky potravin. Takto sestavené dávky by měly mít vysokou trvanlivost v jakémkoliv teplotním prostředí. Nejčastější krizovou situací v České republice bývají povodně.

V teoretické části diplomové práce je nejprve definováno, co je zabezpečení obyvatelstva v krizových stavech. Dále jsou zde popsány možné změny potravin během dlouhodobého skladování (reakce bílkovin, sacharidů, lipidů). Během skladování potravin dochází k významným reakcím. Jednotlivé složky potravin reagují s přirozenými složkami i s látkami, které v potravinách vznikly skladováním nebo technologickou přípravou. Tyto degrační procesy probíhají u všech potravin v různé míře, nezáleží na tom, jestli se jedná o konzervy, dehydratované potraviny nebo čerstvé potraviny. Vývoj všech změn ve skladované potravine závisí na druhu potraviny, skladovací teplotě, obsahu vody, vodní aktivitě, mikrobiologické kontaminaci atd.

V praktické části diplomové práce byl založen skladovací pokus s osmi trvanlivými potravinami. Potraviny byly skladovány ve čtyřech skladovacích teplotách (mrazírenské – simulace polárního pásu, chladírenské, laboratorní (pokojové) a termostátové – simulace subtropického až tropického pásu). V průběhu jednoho roku byly v daných intervalech prováděny vybrané analýzy (pH, sušina, tiobarbiturové číslo, amoniak, bílkoviny, tuk, texturní profilová analýza, senzorická analýza, mikrobiologická analýza).

## I. TEORETICKÁ ČÁST

# 1 ZABEZPEČENÍ STRAVOVÁNÍ OBYVATELSTVA V KRIZOVÝCH STAVECH

## 1.1 Historie obrany obyvatelstva

Lidé se v případě mimořádných (krizových) situací bránili vždy, nejprve šlo o obranu jednotlivce nebo rodu. S vývojem lidské společnosti byly snahy o první skupinovou obranu při mimořádných situacích. Ve starověkém Římě původně likvidovali požáry otroci, později byla vytvořena legie, která se specializovala na hašení požárů. Na území České republiky byl založen první profesionální hasičský sbor v Praze roku 1853. Za dobu moderní ochrany obyvatelstva se považuje období mezi 1. a 2. světovou válkou. Tento rozvoj způsobila značně modernizovaná vojenská technika, která mohla působit masivní škody i na civilním obyvatelstvu, které mohlo být vzdáleno kilometry od frontové linie. Po skončení 2. světové války se obrana obyvatelstva začala soustředit proti zbraním hromadného ničení (jaderné zbraně). V roce 1990 začala v tehdejší Československé republice velká modernizace systému ochrany obyvatelstva [1, 2].

## 1.2 Vymezení pojmů

**Krizový stav** nastává při vyhlášení stavu nebezpečí, stavu nouze nebo stavu ohrožení státu. Krizový stav se vyhláší v případě ohrožení zdraví, majetku, životního prostředí nebo podnikatelského zájmu právnické či fyzické osoby podnikající podle zvláštních právních předpisů. Nejčastější krizový stav na území České republiky bývá vyhlášen kvůli živelným pohromám (povodně). Krizový stav vyhláší orgány krizového řízení (vláda, ministerstva a jiné ústřední správní úřady, Česká národní banka, orgány kraje, okresní úřad a orgány obce). Během krizového stavu je nutné, aby složky integrovaného záchranného systému a obyvatelstvo bylo zásobováno pitnou vodou a potravinami [3,4,5].

**Krizová dávka potravin** je připravována pro jednu osobu a měla by pokrýt její energetické potřeby během jednoho dne. Krizové dávky potravin, které jsou určeny pro složky integrovaného záchranného systému, mají vyšší energetickou hodnotu z důvodu vyšší fyzické zátěže. Výživa obyvatelstva v krizových stavech se považuje za krátkodobý stav. Maximální doporučená konzumace krizových dávek potravin je 30 po sobě následujících dnů, je to z toho důvodu, že při jejich vývoji se sledují hlavně ty nutriční požadavky, které ohrožují zdraví člověka již při krátkodobém nedostatku [4,5].

**Integrovaný záchranný systém** se řídí zákonem č. 239/2000 Sb.,. Spojuje své složky za účelem kooperace při přípravě na mimořádné události a při provádění likvidačních a mimořádných prací. Integrovaný záchranný systém má hlavní a vedlejší složky. Hlavními složkami jsou: Hasičský záchranný sbor České republiky, jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a Policie České republiky. Ostatními složky tvoří: vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil, obecní policie, orgány ochrany veřejného zdraví, havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby, zařízení civilní ochrany, neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím. Integrovaný záchranný systém byl vytvořen pro účely každodenní spolupráce a komunikace mezi jeho složkami [6, 7].

**Státní hmotné rezervy** jsou suroviny, materiál, výrobky a polotovary, které stát skladuje, obměňuje a uchovává. V případě krizového stavu Správa státních hmotných rezerv určuje, zda budou využity státní hmotné rezervy a v jakém množství. K zabezpečení stravování obyvatelstva slouží krizové dávky potravin; tyto dávky vydává stát ze státních hmotných rezerv v případě krizového stavu [4,8].

**STANAG 2937** je dohoda mezi členskými státy NATO o požadavcích na individuální operační dávky potravin pro vojenské použití. Cílem této dohody je zlepšit vzájemnou součinnost a tím zajistit sjednocení základních minimálních požadavků na bojové dávky potravin a zásobování těmito dávkami (individuální bojové dávky potravin, speciální bojové dávky potravin) [9].

**Bojová dávka potravin (BDP)** je speciálně vyvinutá pro vševojskové použití a splňuje armádní požadavek na kvalitu konzervových dávek potravin. Všechny armády NATO se řídí předpisem STANAG 2937, který udává, jaké má bojová dávka potravin splňovat požadavky. BDP Armády České republiky musí splňovat od roku 1998 tato nařízení:

- Dodržení požadavků STANAG 2937 (stejně požadavky jako všechny armády NATO)
- Dodržení vyhlášky Ministerstva obrany ČR č. 287/2016 Sb., o rozsahu a způsobu poskytování proviantních a výstrojních náležitostí vojákům v záloze ve službě, která udává energetickou a nutriční hodnotu BDP
- Všechny potraviny obsažené v BDP musí mít minimální trvanlivost 24 měsíců

- Všechny potraviny, které jsou součástí BDP musí být zabaleny v obalech, které mají dobré bariérové vlastnosti (pevnost, neprostupnost pro vodu a plyny) a následně celá BDP musí být zabalena v jednotném obalu, aby se sjednotily všechny potraviny obsažené v bojové dávce. [10,9]

### 1.3 Krizové stavy v České republice

V České republice může vzniknout řada krizových stavů. Příčina těchto krizových stavů může a nemusí být přírodního původu. V případě přírodních katastrof se jedná nejčastěji o povodně. Od roku 1997 do roku 2010 přišlo následkem povodní o život 123 lidí, škody na majetku přesáhly 174 miliard Kč. V případě ohrožení majetku a lidských životů povodní se postupuje podle povodňových plánů. Povodňové plány mají příslušné kraje, obce a celá Česká republika (povodňový plán ČR vytváří Ministerstvo životního prostředí). Mezi ostatní přírodní katastrofy, ke kterým by mohlo dojít na našem území, patří: rozsáhlejší požáry následkem sucha nebo Blackout (velice rozsáhlý a dlouhý výpadek elektřiny) následkem např. silného větru. K výše zmíněným událostem by spíše mohlo dojít lidským faktorem. Krizový stav by mohl nastat i v řadě dalších nepřirodních situací: teroristický útok, etnické nepokoje, válečný konflikt, unik nebo skladování nebezpečných látek a odpadu. Ministerstvo vnitra uvádí, že v současné situaci nemá žádné důkazy o tom, že by se Česká republika měla stát terčem teroristického útoku. Ministerstvo zavádí jen předběžná opatření jako například zvýšený počet policistů na rizikových místech (vánoční a velikonoční trhy). Etnické nepokoje a válečný konflikt jsou nepředvídatelné události. V roce 2014 došlo v obci Vrbětice na Zlínsku k výbuchům munice. [2,11,12,13].

## 2 CHARAKTERISTIKA MOŽNÝCH ZMĚN PROBÍHAJÍCÍCH BĚHEM SKLADOVÁNÍ

Existují různé druhy změn, které mohou ovlivnit trvanlivost a použitelnost potravin. Tyto změny mohou být rozděleny do čtyř hlavních kategorií: výchozí surovina, technologické zpracování, balení a skladování. Během skladování potravin se mění fyzikální, chemické, mikrobiologické a organoleptické vlastnosti. Ke změnám dochází již u surovin, jako jsou rostlinná pletiva a živočišné tkáně. Tyto změny nastávají po sklizni a po usmrcení zvířete (post mortem). Na veškeré probíhající reakce má vliv řada faktorů: teplota, osmotický tlak, přístup světla, přístup kyslíku, mechanická síly, obsah ostatních látek, mikrobiologická čistota, hydrostatický tlak, způsob balení atd. Vlivem skladovacích podmínek se potravina nakonec dostane do bodu, kdy je pro konzumenta škodlivá nebo nekonzumovatelná [14,15,16].

### 2.1 Změny aminokyselin a bílkovin během skladování

Během skladování potravin dochází u bílkovin k řadě různých procesů. Tyto reakční procesy se dělí na dvě skupiny. První skupinou jsou intramolekulární a intermolekulární reakce (bílkoviny nereagují s ostatními složkami potravin), druhou skupinu tvoří reakce s ostatními složkami potravin. Při technologickém zpracování potravin může docházet k takzvaným eliminačním reakcím, které jsou během skladování potravin značně omezené, protože probíhají výhradně za vysokých teplot. Produktem těchto reakcí je většinou amoniak, sulfan, voda a další látky. Degradací reakce proteinů a aminokyselin mají za následek ztrátu rozpustnosti proteinu, ztrátu enzymatické aktivity a snížení nutriční hodnoty [14,17].

#### 2.1.1 Oxidace

Cystein, metionin, tryptofan a tyrozin jsou oxylabilní (náhylné k oxidaci) aminokyseliny. Finální oxidací těchto sloučenin vznikají látky, které jsou jako zdroje daných aminokyselin nevyužitelné. Některé produkty těchto reakcí mohou být i toxické [14].

**Cystein a metionin** jsou sirné aminokyseliny, které oxidují pomocí kyslíku (autooxidace) nebo dehydrogenáz. Jejich oxidace také probíhá v přítomnosti složek potravin jako například hydroperoxidů (tyto reakce jsou podobné reakcím neenzymatického hnědnutí), mastných kyselin, oxidovaných polyfenolů nebo fotooxidací za přítomnosti riboflavinu [14,18].

**Tryptofan** je velice oxylabilní v kyselém prostředí, snadno podléhá oxidačním reakcím, jako cystein a metionin. Za přítomnosti hydroperoxidů může vznikat hydroperoxidový radikál tryptofanu a ten se dále degraduje na řadu kyslíkatých sloučenin. Hlavními produkty těchto degradací jsou N-formylkynurenin a kynurenin (nevyžitelný, mutagení, potenciálně karcinogen). Dalšími látkami, které snadno oxidují tryptofan, jsou peroxykyseliny, sulfoxidy a peroxid vodíku [14].

**Tyrosin** podléhá enzymovým oxidacím (*in vivo*), produktem těchto reakcí je 3,4-dihydroxyfenylalanin. Následnými reakcemi vznikají hnědé až černé pigmenty melaniny. Předpokládá se, že funkce melaninů je ochrana organismu před UV zářením. Tyrosin může také podléhat oxidaci pomocí oxidoreduktáz (reakce enzymového hnědnutí) [14,19].

### 2.1.2 Izomerace

Izomerace L-aminokyselin na D-aminokyseliny je méně významná reakce, která probíhá jak při průmyslovém zpracování potravin, tak při kulinárních úpravách. Aminokyseliny, které jsou vázány peptidovou vazbou v proteinech, jsou přibližně desetkrát náchylnější než volné aminokyseliny. Tyto reakce jsou podporovány zásaditým prostředím (většina potravin je kyselá až neutrální) a relativně nízkými teplotami. Potravinu nejčastěji chladíme a mrazíme, abychom zabránili mikrobiologickému rozvoji a enzymové aktivitě. Nejsnáze izomeruje kyselina asparagová a serin, o něco méně izoleucin, prolin, treonin a valin. D-aminokyseliny se v trávicím traktu vstřebávají pomocí pasivní difuze, která je mnohem méně účinná než aktivní transport u L-aminokyselin [14].

### 2.1.3 Dekarboxylace

Dekarboxylace probíhá při skladování potravin pouze pomocí specifických dekarboxyláz, k dekarboxylaci může docházet i účinkem vysokých teplot (200 °C). Dekarboxylací aminokyselin vznikají aminy (biogenní aminy), které jsou velmi často součástí sensoricky aktivních látek v mnoha potravinách (fermentované potraviny, maso, ryby, sýry). Biogenní aminy mají často vlastní biologické funkce, jako například hormony nebo protoalkaloidy. Zvýšená konzumace biogenních aminů může vést k zdravotním problémům u konzumentů. V současné době se dekarboxylačními aktivitami mikroorganismů zabývá velká řada odborných prací [14,19,20].



#### 2.1.4 Reakce s minerálními látkami

Proteiny, peptidy a volné aminokyseliny mají většinou amfifilní charakter, tzn., že mají jak bazickou, tak kyselou funkční skupinu. V případě bazické části se jedná o aminoskupinu nebo iminoskupinu. Kyselé části jsou tvořeny většinou karboxylovou skupinou nebo zbytkem kyseliny fosforečné ve fosfoproteinech. Z těchto vlastností vyplývá, že produktem reakcí minerálních látek a bílkovin jsou soli a komplexy solí. Tvorba těchto solí proteinů má vliv na rozpustnost; zatímco sodné a draselné soli jsou dobře rozpustné, soli vápenaté a soli z těžkými kovy jsou nerozpustné. Vznikem některých solí se zabraňuje oxidací lipidů a jiných oxylabilních látek, protože ionty mohou působit jako katalyzátory při oxidaci. Nejpevnější komplexy solí se tvoří především s cysteinem, tyrozinem, lyzinem a histidinem. Síla všech komplexů závisí na pH prostředí a konformaci polypeptidového řetězce. Těchto reakcí se využívá při výrobě kaseinátů a tofu. Mohou ovšem vznikat zákaly v džusech a kompotech, kde tvoří nežádoucí estetickou vadu, nebo reagovat s kyselinou fytovou, a tak snižovat nutriční hodnotu potravin [14].

#### 2.1.5 Reakce s lipidy

Volná aminoskupina proteinů, peptidů a aminokyselin, může reagovat s triacylglyceroly, volnými mastnými kyselinami a jejich estery. Produkty těchto reakcí jsou amidy mastných kyselin, které mohou být prekurzory nitrosaminů [14].

#### 2.1.6 Reakce s oxidovanými lipidy

Jde o reakce proteinů, peptidů a aminokyselin s hydroperoxy, radikály lipidů a lipidy s aldehydovou nebo epoxy skupinou. Tyto reakce byly částečně zmíněny v kapitole 3.1.1. Reakce probíhají při běžném skladování v omezené míře, při technologických a kulinárních úpravách probíhají mnohem rychleji a významněji. Produkty těchto reakcí jsou makromolekulární, nerozpustné, hůře využitelné, tmavé nebo diskolorované. Poměr lipidové a proteinové fáze se značně liší. Nejčastějšími produkty jsou: oligomery proteinů, proteiny s oxidovanými siřnými aminokyselinami, proteiny s iminovými vazbami a lipoproteiny s kovalentními vazbami. V některých případech mohou proteiny působit jako antioxidanty lipidů (kaseinové frakce mléka) [14,21].

#### 2.1.7 Reakce s aldehydy a ketony

V této kapitole bude probrána reakce aldehydů, ketonů a redukujících cukrů (karbonylové sloučeniny) s aminoskupinami aminokyselin, peptidů a proteinů. Při reakci karbonylových

sloučenin s aminoskupinou aminokyselin vzniká Shiffova báze (vznik imino skupiny). Následně Shiffova báze reaguje za vzniku dalších látek [14,17,22].

**Maillardova reakce** patří mezi jedny z nejvýznamnějších a nejrozšířenějších reakcí, které probíhají během skladování. Tuto reakci poprvé popsal francouzský chemik Louis-Camille Maillard v roce 1912. Během této reakce spolu reagují redukující cukry a aminosloučeniny. Tyto reakce jsou velmi složité, vzniká během nich řada různých karbonylových sloučenin, které následně reagují vzájemně nebo s dalšími aminosloučeninami. Během celého sledu reakcí dochází k produkci melanoidinů (hnědých pigmentů), a proto se tyto reakce řadí do reakcí neenzymatického hnědnutí. Kinetika reakce, při které dochází k vzniku hnědého barviva, je ovlivněna i obsahem vody v potravine. Čím méně obsahuje potravina vody, tím probíhá reakce rychleji. Do reakcí neenzymatického hnědnutí také patří například karamelizace [14,19,23,24].

V současnosti nejsou známy všechny produkty Maillardových reakcí, je to dáno tím, že již při izolaci těchto látek dochází k dalším reakcím a degradacím. Mezi nejvýznamnější cukry, které se podílejí na Maillardových reakcích, patří: glukóza, fruktóza, ribóza, laktóza, maltóza, glykoproteiny, glykolipidy a heteroglykosidy. Neredukující cukry musí být nejprve hydrolyzovány na redukující jednotky. Výše uvedené cukerné látky nejčastěji reagují s volnými aminokyselinami nebo  $\epsilon$ -aminoskupinou vázaného lyzinu (bílkoviny). Méně časté reakce probíhají mezi  $\alpha$ -aminokyselinami s dusíkatým koncem, SH skupinou cysteinu nebo guanidylovou skupinou argininu. Maillardových reakcí se může účastnit řada dalších látek: biogenní aminy, aldehydy, amoniak, karbonylové sloučeniny, aldehydy, ketony, kyselina askorbová. Tyto vedlejší látky se mohou v potravinách vyskytovat přirozeně, nebo vznikly technologickými či degradačními procesy. Během reakce dochází i ke změně konzistence potravin. Potravina se stává v průběhu času více tužší a kompaktnější [14, 17,23,].

Při výzkumu Maillardových reakcí se hlavně zabýváme následujícími tématy:

- Vznik hnědého pigmentu, který má při výrobě potravin jak pozitivní tak negativní význam. Negativní význam má v případě sušených potravin, jako například sušeného mléka, zeleniny a ovoce. Pozitivní význam na organoleptické vlastnosti produktů má u pečiva, pražených a smažených potravin.
- Změna obsahu žádoucích i nežádoucích aromatických látek.

- Vliv na nutriční hodnotu potravin, především na reakce s esenciálními a limitujícími aminokyselinami.
- Vznik potenciálních karcinogenů a mutagenů.
- Antioxidační účinek některých produktů.

Potraviny jsou pro výzkum reakcí velmi složité systémy, proto se nejčastěji používají mnohem jednodušší modelové systémy, které obsahují většinou jednu aminokyselinu a jeden redukující cukr. I v takto zjednodušených podmínkách vzniká celá řada produktů, proto nebyly Maillardovy reakce dosud úplně prozkoumány [14,22,23,].

Během první fáze Maillardovy reakce vznikají glykosylamidy, které následně podléhají Amadoriho přesmyku (vznik ketoaminu, reverzibilita). V druhé fázi dochází k dehydrataci a fragmentaci sacharidů a Streckerově degradaci aminokyselin. V konečné fázi dochází k reakcím meziproductů, vznikají heterocyklické sloučeniny a vysokomolekulární pigmenty (vonné a chuťové látky, hnědé zbarvení). Maillardovu reakci ovlivňuje řada faktorů: teplota, pH, obsah vody, vodní aktivita, obsah iontů kovů. Maillardova reakce probíhá rychleji za vyšších teplot a vyšším pH. Optimální aktivita vody je mezi 0,6 až 0,8. Ionty železa a mědi mohou působit jako katalyzátory a Maillardovu reakci urychlovat. Byla objevena také řada heterocyklických aminosloučenin, které jsou produkty Maillardových reakcí a jsou považovány za potencionální karcinogeny. Výskyt těchto heterocyklických aminosloučenin byl zjištěn v grilovaném a smaženém mase ryb a drůbeže [14,17,22,24].

### 2.1.8 Streckerova degradace aminokyselin

Během Streckerovy degradace reaguje aminokyselina s oxidačním činidlem za vzniku amoniaku, oxidu uhličitého a karbonylové sloučeniny. Jaký typ karbonylové sloučeniny vznikne, záleží na druhu aminokyseliny, např. z glycinu vznikne formaldehyd (metanal) a z alaninu acetaldehyd (etanal). Produkty těchto reakcí ovlivňují organoleptické vlastnosti potravin (pozitivně i negativně). Oxidací  $\alpha$ -aminokyseliny, která má jen jednu aminoskupinu a jednu karboxylovou skupinu vzniká Streckeruv aldehyd (senzoricky aktivní látka). K degradaci  $\beta$ -aminokyselin dochází v menší míře a obecným produktem jejich degradací je 2-alkanon. Z  $\gamma$ -aminokyselin vznikají 3-alkanony. Celý průběh reakcí se liší podle příslušné aminokyseliny a oxidačního činidla. Mezi meziproducty těchto reakcí se řadí oxokyseliny a iminokyseliny. Anorganická činidla se v běžném případě v potravinách nevykytují, v potravinářství se výjimečně používají jako dezinfekční prostředky. Organická činidla se během skladování uplatňují více, jejich molekuly mají elektronegativní funkční

skupiny. Mezi tato činidla, která reagují s aminokyselinami, patří např. hydroperoxydy mastných kyselin, nenasycené aldehydy a ketony, pyrohroznová kyselina, L-askorbová kyselina, vitamíny skupiny K (benzochinon, antrachinon, naftochinon),  $\alpha$ -hydroxyaldehydy a  $\alpha$ -hydroxyketony (monosacharidy, disacharidy). Ke Streckerově degradaci dochází při skladování a při technologickém tepelném opracování. Streckerův aldehyd jako hlavní produkt Streckerovy degradace může reagovat s vedlejšími produkty Streckerových degradací, jedná se zejména o  $\alpha$ -aminokarbonylové sloučeniny, aminosloučeniny, siřné sloučeniny nebo amoniak. Negativní stránkou Streckerovy degradace je snížení obsahu esenciálních aminokyselin [14,18].

### 2.1.9 Reakce s izotiokyanáty

Izotiokyanáty vznikají v potravinách přirozeně, degradací z glukozinolátů (brukvovitá zelenina). Izotiokyanáty reagují s aminoskupinami, SH skupinami a OH skupinami proteinů a volných aminokyselin. Reakcí izotiokyanátu s  $\alpha$ -aminoskupinami aminokyselin vznikají N,N-disubstituované tiomočoviny, které se v kyselém prostředí nebo při zvýšené teplotě přeměňují na deriváty 2-tiohydantoinu [14].

Při reakci s cysteinem závisí na hodnotě pH prostředí. Při pH 5 – 6 se reakce účastní pouze SH skupina cysteinu a izotiokyanát. Produktem těchto reakcí jsou N-substituované ditiokarbamové kyseliny a heterocyklické produkty. Při pH >7 se reakci také účastní aminoskupina cysteinu [14].

Izotiokyanáty štěpí disulfidické vazby cystinu a tím dochází ke vzniku cystein-sulfenové kyseliny a esteru ditiokarbamové kyseliny. Cystein-sulfenová kyselina může desulfonací cyklizovat a vznikne derivát 2-tiazolin. Z esteru ditiokarbamové kyseliny vznikne dehydratací derivát 1,3-tiazin. Cystin může také reagovat s tiokyanáty (vznik izomerací z izotiokyanátů) za vzniku  $\beta$ -tiokynoalaninu, který dále cyklizuje na derivát 2-tiazolin. K podobným reakcím jako u SH skupiny, dochází i u aminokyselin, které obsahují OH skupinu. Obecnými produkty těchto reakcí jsou N-substituované tiokarbamáty. Všechny tyto reakce snižují obsah aminokyselin a tím snižují nutriční hodnotu potravin [14].

K reakci izotiokyanátů a proteinů dochází na N-koncové aminoskupině proteinu, SH skupině, OH skupině, disulfidickém můstku, nebo na  $\epsilon$ -aminoskupině. Výsledkem těchto reakcí s proteiny je vyšší odolnost při hydrolýze proteolytickými enzymy [14].

### 2.1.10 Reakce s rostlinnými fenoly

Při oxidaci polyfenolů (např. fenolové kyseliny, flavonoidy, třísloviny) vzdušným kyslíkem, hydroperoxydy nebo ionty těžkých kovů vznikají o-difenyly, které se dále oxidují na o-chinony. Reakcí o-chinonů a proteinů vznikají tmavě zbarvené polymery, které jsou odolné vůči proteolýze (snížení nutriční hodnoty). o-chinony reagují s aminoskupinami a SH skupinami proteinů. Produktem těchto reakcí je adukt, který přechází na o-difenol. Následně dochází k oxidaci vzdušným kyslíkem, produktem této oxidace jsou disubstituované o-chinony, které následně mohou reagovat s dalšími proteiny nebo chinonem (oligomerní produkty). Všechny tyto reakce vedou k snížení nutriční hodnoty proteinů a aminokyselin (lyzin) [14,18].

### 2.1.11 Hydrolýza

Proteolytické enzymy jsou přirozenou součástí všech potravin, také se do potravin dostávají činností mikroorganismů. Proteolytické enzymy štěpí peptidové vazby mezi jednotlivými aminokyselinami v peptidovém řetězci. Při skladování některých potravin dochází k hydrolýze proteinů, většinou se jedná o částečnou hydrolýzu, při které vznikají peptidy a aminokyseliny. Při skladování potravin se uplatňuje jen enzymatická hydrolýza. Aminokyseliny a peptidy se následně účastní dalších reakcí při skladování potravin. Např. při vyšší skladovací teplotě u brambor dochází k zvýšení aktivity proteáz, a tím k hydrolýze proteinů [14,18,25].

## 2.2 Změny sacharidů během skladování

Sacharidy, které jsou obsaženy v potravinách, podléhají následujícím reakcím: enzymatické, neenzymatické a komplexní. Podléhají jim všechny funkční skupiny v molekule sacharidů. Velký vliv na tyto reakce má pH prostředí, teplota a mnoho dalších faktorů. Hlavními reakcemi, ke kterým dochází při skladování potravin, jsou tzv. Maillardovy reakce (reakce neenzymatického hnědnutí), které byly popsány v kapitole 3.1.7. [14].

### 2.2.1 Reakce monosacharidů a oligosacharidů

#### 2.2.1.1 Vznik a hydrolýza glykosidů

Hydrolýza a vznik glykosidů jsou dva obrácené procesy, při hydrolýze glykosidů vznikají dvě molekuly monosacharidů z jedné molekuly oligosacharidů, a během vzniku glykosidů se spojují dvě molekuly monosacharidů na jednu molekulu oligosacharidů (disacharid).

Hydrolýza je taktéž nazývaná inverze a vznik glykosidů je nazývaná reverze. Oba procesy probíhají v kyselém prostředí a odehrávají se na poloacetalové funkční skupině, která je mnohem reaktivnější než ostatní skupiny v kyselém prostředí. Typickým příkladem vzniku glykosidů z D-glukózy je vznik (1-6) izomaltózy a (1-6) gentibiózy. Z glukózy vzniká 68 až 70 % izomaltózy a 17 až 18 % gentibiózy. Ostatními produkty jsou disacharidy a některé vyšší oligosacharidy, které obsahují jiné vazby, např. (1-1), (1-2), (1-3) a (1-4). Hydrolyzáty škrobů obsahují 5 až 6 % reverzních produktů (škrobový sirup). Hydrolýze podléhají rychleji  $\beta$ -glykosidy než  $\alpha$ -glykosidy. K hydrolýze dojde po předchozí protonaci atomu kyslíku, který je tvořena vazba mezi monomery oligosacharidu [14,18].

### 2.2.1.2 *Vznik anhydrocukrů*

V kyselém prostředí mohou dále z cukrů vznikat anhydrocukry. Jedná se o intramolekulární reakce aldohexóz, které probíhají na poloacetalové skupině nebo výjimečně na OH skupině. Produktem je příslušný anhydrid, u D-glukózy vzniká 1,6-anhydro- $\beta$ -D-glukopyranóza a 1,6-anhydro- $\beta$ -D-glukofuranóza (1 %). Tato reakce je podporována zvýšenou teplotou, např. při pyrolýze glukózy, škrobu a celulózy (teploty nad 100 °C). Ketózy oproti aldózám podléhají intermolekulárním reakcím a tvoří tricyklické anhydridové sloučeniny (pouze za zvýšených teplot). Anhydrocukry se vyskytují v mořských řasách, do této skupiny patří například agary a algináty [14,18].

### 2.2.1.3 *Vznik furanu a pyranu*

Monosacharidy podléhají v silně kyselém prostředí dehydrataci, produktem těchto reakcí jsou deriváty furanu a pyranu. Při dlouhodobém skladování potravin může k těmto reakcím docházet například u ovocných kompotů, pokud je vyšší skladovací teplota, reakce probíhá rychleji. Při dehydrataci monosacharidů dochází ke ztrátě jedné až tří molekul vody. Reakce probíhá mezi karbonylovou skupinou a OH skupinou. Vznik těchto derivátů je velice složitý mechanismus, který probíhá v mnoha krocích. Všechny vzniklé furany a pyrany mohou následně podléhat dalším reakcím. Například 5-hydroxymetyl-2-furankarbaldehyd se z části rozkládá na kyselinu levulovou, kyselinu mravenčí a  $\alpha$ -angelikalakton.  $\alpha$ -angelikalakton je látka, která se může společně s karbonylovými sloučeninami účastnit reakcí neenzymatického hnědnutí (Maillardovy reakce). Furany a pyrany mohou také kondenzovat a vznikají tak polymerní barevné produkty [14,23].

#### 2.2.1.4 *Vznik reduktonů*

Reduktony jsou látky, které obsahují endiolovou a karbonylovou skupinu. Tyto látky jsou například degradační produkty cukrů, ale vyskytují se i přirozeně v potravině, jako například L-askorbová kyselina. Reduktony se v potravinách uplatňují jako antioxidanty, v kyselém prostředí, redukuje ionty kovů a některé organické látky. Oxidací reduktonů vznikají dehydrosloučeniny. Reduktony, které ve svém řetězci obsahují dusík, jsou produkty Maillardových reakcí [14].

#### 2.2.1.5 *Izomerace*

V slabě alkalickém a neutrálním pH dochází k izomeraci (enolizace) acyklických forem monosacharidů. Z aldózy (D-glukózy) a ketózy (D-fruktózy) vznikají 1,2-endioly. Enolizace je vratná reakce, z toho důvodu vzniká směs D-glukózy, D-manózy a D-fruktózy. Izomerace má několik typů, při změně např. z D-glukózy na D-fruktózu se jedná o izomeraci typu aldóza-ketóza. Pokud dochází ke konfiguraci na druhém uhlíku, mluvíme o epimeraci nebo také izomeraci typu aldóza-aldóza. Stejnými procesům podléhají i pentózy, tetrózy, triózy a disacharidy [14,15].

#### 2.2.1.6 *Oxidace*

Oxidace monosacharidů může probíhat enzymově, oxidačními činidly a autooxidací vzdušným kyslíkem. K enzymové oxidaci dochází při karamelizaci (neprobíhá při skladování potravin). Oxidace činidly probíhá jak v kyselém tak alkalickém prostředí, aldehydové skupiny se oxidují na karboxylové. K autooxidaci dochází pomalu v neutrálním prostředí a rychleji v alkalickém. Autooxidací vzniká z D-glukózy a D-fruktózy 1,2-endiol (nestálý hydroperoxid), který se následně rozkládá na kyselinu mravenčí a arabinonovou. V přítomnosti kyslíku a ultrafialového záření (skladování na světle a vzduchu) se cukry ve velkém rozsahu rozkládají pomocí radikálu. D-glukóza se rozkládá oxidací na D-glukonovou kyselinu a dalšími produkty jsou D-arabinóza, oxid uhličitý a mnoho dalších degradačních produktů, např. glykolová kyselina [14,23].

#### 2.2.1.7 *Cannizzarova reakce*

Cannizzarova reakce je specifický oxido-redukční pochod, který probíhá převážně v alkalickém prostředí a za určitých podmínek i v kyselém. Této reakci podléhají aldehydy, které nemají na druhém uhlíku navázaný žádný vodík (mají oxoskupinu). Reaktanty této reakce jsou dvě molekuly aldehydů. Na jedné z molekul dojde k oxidaci a na druhé k redukci.

Produktem je směs primárního alkoholu a karboxykyselin. Nejjednodušším příkladem je rozklad formaldehydu za vzniku kyseliny mravenčí a metanolu. Cannizzarova reakce může probíhat v některých případech i intramolekulárně, produktem této reakce je pak sloučenina, která má jak karboxylovou skupinu, tak primární alkohol, obecně se jedná o 2-hydroxykyselinu [14].

### 2.2.2 Reakce oligosacharidů

Redukující oligosacharidy mají podobné vlastnosti a podléhají stejným reakcím jako monosacharidy. Neredukující oligosacharidy jsou více podobné glykosidům než monosacharidům. Hlavní reakcí oligosacharidů je hydrolýza, kdy z jedné molekuly oligosacharidu vzniknou dvě jednotky monosacharidu. V některých případech může dojít k intramolekulární reakci (dehydrataci) a následně vznikne anhydrocukr. Reakce je ovlivněna přítomností kyselin, teplotou a dalšími faktory. Hydrolýzu také ovlivňuje poloha poloacetalové skupiny (snadnější hydrolýza u polohy  $\alpha$ ) nebo jestli se jedná o pyranosidy, které jsou stálejší než furanosidy. Hydrolýza oligosacharidů je velice podobná hydrolýze o-glykosidů (viz kapitola 3.2.1.) [14,18].

### 2.2.3 Reakce polysacharidů

Řetězce polysacharidů nejčastěji reagují mezi sebou nebo s dalšími látkami jako jsou například proteiny a voda. Nejvýznamnější reakcí polysacharidů u skladování potravin je hydrolýza, ke které dochází působením enzymů. Tyto enzymy nejčastěji pochází z mikroorganismů nebo jsou přirozenou součástí potravin. Polysacharidy se hydrolyzují na různé dlouhé řetězce oligosacharidů nebo na monosacharidy (záleží na příslušném enzymu) [14,18].

## 2.3 Změny lipidů během skladování

V průběhu skladování potravin dochází u lipidů k řadě různých procesů. Všechny tyto reakce by se daly rozdělit do několika skupin, podle toho jaké skupiny lipidů se reakce účastní. Jedná se o reakce mastných kyselin, homolipidů, heterolipidů a steroidů. Ve většině případů se jedná o dva typy reakcí, oxidaci a hydrolýzu. Obě tyto reakce jsou odlišné, oxidace potřebuje přítomnost kyslíku a hydrolýza přítomnost vody. Všechny tyto složky mohou reagovat i s jinými složkami potravin. Hlavními faktory, které mohou ovlivňovat skladování potravin, které obsahují lipidy jsou: atmosféra, teplota, přístup světla, obalový materiál a stáří použitých potravin [14,15].



### 2.3.1 Reakce mastných kyselin

Nejvíce reaktivní součástí mastných kyselin je karboxylová skupina a uhlovodíkový řetězec. Reaktivitu uhlovodíkového řetězce zvyšují dvojně vazby mezi uhlíky a metylenové skupiny. Estery mastných kyselin a alkoholu podléhají stejným reakcím jako samotné mastné kyseliny. Mastné kyseliny mohou podléhat velké řadě reakcí, které se uplatňují při technologickém a kulinárním zpracování např. geometrická izomerace, polohová izomerace, cyklizace, polymerace... [14].

#### 2.3.1.1 Oxidační reakce

Oxidační reakce jsou nejvýznamnější reakce, ke kterým podléhají mastné kyseliny během skladování potravin. Oxidační reakce se dělí podle jejich příčiny na: autooxidace, oxidace hydroperoxydy a peroxidem vodíku, oxidace singletovým kyslíkem, oxidace enzymy, oxidace těžkými kovy a oxidace chinony (mnohem menší význam v potravinách než ostatní oxidace) [14,15].

**Autooxidace** je nejčastějším typem oxidace mastných kyselin. Za normálních skladovacích podmínek dochází k autooxidaci nenasycených mastných kyselin, v případě technologického zpracování a kulinárních úprav (vyšší teploty), dochází k autooxidaci i u nasyčených mastných kyselin. Autooxidace uhlovodíkového řetězce se označuje jako radikálová řetězová reakce a má tři následující kroky: iniciace, propagace a terminace. Během iniciace dojde k rozpadu mastné kyseliny na radikál mastné kyseliny a vodíkový radikál. Tato část autooxidace je za běžných skladovacích podmínek velice pomalá. Následně dochází k reakci radikálu mastné kyseliny s kyslíkem za vzniku peroxidového radikálu. Peroxidový radikál následně reaguje s další mastnou kyselinou, ze které odtrhne vodíkový radikál (vznikne nový radikál mastné kyseliny) a vzniká hydroperoxid. Tato část se nazývá propagace. Konečnou fází autooxidace je terminace, kdy spolu reagují dva volné radikály z vzniku neradikálového produktu. U nenasycených mastných kyselin dochází k autooxidaci mnohem jednodušeji než u nasyčených. K vzniku vodíkového radikálu na dvojně vazbě je zapotřebí mnohem menší energie. Čím více má mastná kyselina dvojných vazeb, tím více je náchylnější k autooxidačním reakcím. K příjmu energie do molekuly a zahájení autooxidačního procesu podporují následující faktory: teplený zářev, ultrafialové a radioaktivní záření. Hlavními produkty autooxidace mastných kyselin jsou hydroperoxydy. Čím více měla mastná kyselina dvojných vazeb, tím více je její hydroperoxid reaktivní. V případě, že hydroperoxydy odštěpí hydroxylové radikály, vznikají alkoxylové radikály,

kteřé následně můžou reagovat s mastnou kyselinou za vzniku oxokyseliny. Autooxidací vznikají také sekundární produkty, které se dělí do tří skupin. Reakce, při kterých se počet uhlíků snižuje (aldehydy, uhlovodíky a oxokyseliny), zvyšuje (polymery) nebo zůstává stejný (cyklické peroxidy, endoperoxidy, epoxykyseliny, hydroxykyseliny a oxokyseliny). I sekundární produkty mohou dále podléhat reakcím [14,15,17].

**Peroxid vodíku** je látka, která vzniká v potravinách běžnou cestou. Reaguje s mastnými kyselinami za vzniku epoxidu, který se následně hydrolyzuje na 2-dihydroxyderivát. Např. oxidací olejové kyseliny může vznikat 9,10-dihydroxystearová kyselina (tyto reakce mají souvislost s rozvojem cévních chorob) [14].

**Oxidace singletovým kyslíkem** probíhá po excitaci běžného tripletového kyslíku, který se změní na singletový. Singletový kyslík vzniká v potravinách, které jsou ozářené UV zářením a obsahují fotosenzibilizátory (karotenoidy, tokoferoly, L-askorbová kyselina). Singletový kyslík reaguje oproti tripletovému asi 1450 krát rychleji. Při reakci nenasycené mastné kyseliny se singletový kyslík naváže na dvojnou vazbu a vzniknou tak peroxidové sloučeniny nebo řetězec s šestičlenným cyklem uhlíků. U těchto meziproductů dochází k rychlé přeměně na hydroperoxidy. Hydroperoxidy, které vznikly oxidací singletovým kyslíkem, se liší tím, že jsou izomerní oproti hydroperoxidům vzniklých autooxidací [14,15,17].

**Enzymová oxidace** probíhá v potravinách pomocí enzymu lipoxygenázy. Tento enzym je běžně přítomen v rostlinných a živočišných potravinách, a pokud potravina neprošla tepelným záhřevem, tak má přirozenou aktivitu. Lipoxygenázy katalyzují oxidaci pouze esenciálních mastných kyselin ( $\alpha$ -linolenová, eikosatrienová, arachidonová...). Enzymová oxidace probíhá spíše u nerafinovaných olejů, tudíž se více uplatňuje při výrobě olejů, než při jejich skladování [14,15].

**Oxidace katalyzovaná těžkými kovy** je katalyzovaná sloučeninami, které ve své molekule obsahují kov, který má přechodnou valenci. Jedná se především o železo, mangan a měď. Nikl, kobalt a chrom se také účastní oxidace lipidů, ale obsah aktivních forem v potravinách je velmi nízký. Oxidace katalyzovaná těžkými kovy má tři druhy reakcí: iniciační reakce, propagační reakce a inhibice [14].

### 2.3.2 Žluknutí tuků

Během skladování potravin dochází k oxidačním procesům, které zhoršují sensorické vlastnosti potravin. Tento proces se souhrnně nazývá žluknutí tuků a dělí se následně: hydrolytické žluknutí, oxidační žluknutí, ketonové žluknutí a chuťová reverze [14].

**Hydrolytické žluknutí** tuků je rozpad triacylglycerolů na mastné kyseliny a glycerol za přítomnosti vody. Většina mastných kyselin se neprojevuje nepříznivým aromatem. Kyseliny s krátkým řetězcem (máselná, kapronová, kaprylová, kaprinová) mají nepříznivé aroma. Hydrolytické žluknutí je typické pro máslo a potraviny, které obsahují kokosový olej [14,15].

Hlavní produktem **oxidačního žluknutí** jsou hydroperoxydy, ty nemají význam pro sensorické vlastnosti potravin. Vliv na sensorické vlastnosti mají až produkty oxidačních reakcí hydroperoxidů. Tato problematika je probrána v kapitole 3.3.1.1 [14].

**Ketonovému žluknutí** předchází žluknutí hydrolytické, jedná se o enzymatickou oxidaci volných mastných kyselin, které mají krátký řetězec (4 až 10 atomů uhlíků). Prvním krokem je dekarboxylace za vzniku metylketonu, následně dochází k redukci. Produktem této reakce jsou 2-alkanony (2-heptanon, 2-nonanon) [14,26].

**Chuťová reverze** je označení vady olejů, které mají typickou chuť po trávě a fazolích. Probíhá ve většině případů jen u sójového oleje a u olejů, které obsahují větší množství kyseliny linolenové. Látky, které vyvolávají chuť po trávě a fazolích vznikají rozkladem hydroperoxidů. Tato nežádoucí vada se odstraňuje rafinací oleje, ale po uplynutí určité doby se vada znovu projeví, proto se tato vada jmenuje chuťová reverze [14].

### 2.3.3 Reakce homolipidů

**Vosky** se v potravinách vyskytují v mnohem menším množství než tuky a oleje. Reakce vosků, jsou téměř stejné jak u tuků a olejů, ale pomalejší, protože mají vyšší bod tání a molekulovou hmotnost. Hydrolýza vosků je jejich nejvýznamnější reakcí, vzniká při ní mastná kyselina a vyšší jednomocný alkohol [14].

V případě **tuků a olejů** (triacylglycerolů) můžeme reakce dělit na dvě skupiny. První skupina jsou reakce, které probíhají na uhlovodíkovém řetězci, tyto reakce probíhají podobně jako reakce mastných kyselin, které byly popsány v kapitole 3.1.1. Druhou skupinou reakcí, jsou reakce probíhající na esterové skupině, z nich je nejvýznamnější enzymatická hydrolýza). Hydrolýza probíhá postupným odštěpováním mastných kyselin. Nejprve se

z triacylglycerolu odštěpí mastná kyselina a vznikne diacylglycerol, následně se odštěpí další mastná kyselina a vznikne monoacylglycerol. Nakonec se z monoacylglycerolu odštěpí poslední mastná kyselina a vznikne glycerol. Z jedné molekuly triacylglycerolu tedy vzniknou tři molekuly mastných kyselin a glycerol. Na esterové vazbě mohou probíhat i další reakce, např. interesterifikace (vysoké teploty) [14,15].

#### **2.3.4 Reakce heterolipidů**

Většina heterolipidů reaguje podobně jako ostatní lipidové složky, výjimkou jsou reakce s fosforečnanovou skupinou např. u fosfolipidů. K hydrolyze fosfolipidů dochází za přítomnosti fosfolipáz. Fosfolipidy mohou také tvořit soli s ionty kovů. Nejčastěji se jedná o hořečnaté a vápenaté ionty, v případě, že dochází k tvorbě solí s těžkými kovy, mohou tyto soli katalyzovat autooxidaci (měď, mangan, železo). Fosfolipidy mohou také společně s fenoly působit jako antioxidanty. V případě, že na řetězci mastné kyseliny vznikne hydroperoxid, může reagovat s aminoskupinami za vzniku obdobného produktu jako melanoidiny. Jedná se o tmavě hnědé makromolekulární látky. V nežádoucím případě reaguje aminoskupina fosfolipidů s cukry nebo L-dehydroaskorbovou kyselinou [14].

#### **2.3.5 Reakce sterolů**

Při skladování potravin dochází u sterolů k oxidacím vzdušným kyslíkem. Produkty, které vznikly oxidací sterolů, se mohou vyskytovat v sušených potravinách nebo v dlouhodobě skladovaných olejích, které byli použity ke smažení. Nejprve dochází ke vzniku hydroperoxidů, které nejsou stabilní a degradují se na epoxidové deriváty, ty následně hydrolyzují a vznikají dihydroxyderiváty [14].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je zjistit, zda vybrané vzorky trvanlivých potravin by mohly být využity v případě krizového stavu jako krizové dávky potravin či jako bojové dávky potravin.

Aby potraviny mohly být použity jako krizové/bojové dávky potravin, nemělo by u nich docházet k výrazným změnám během skladování. Za tímto účelem byl založen jednoletý skladovací pokus, při čtyřech různých skladovacích teplotách, které jsou simulací různých teplotních pásů. Tyto vzorky byly v různých intervalech podrobeny chemické, texturní, mikrobiologické a senzorické analýze.

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Charakteristika analyzovaných potravin

V Tabulce 1 je uveden seznam trvanlivých potravin, se kterými byl založen skladovací pokus. V tabulce je uvedeno i základní nutriční složení uváděné výrobcem na obalu.

Tabulka 1 Analyzované vzorky potravin

Potravina	Výrobce	Bílkoviny (g/100g)	Tuky (g/100g)	Sacharidy (g/100g)
Bramborová kaše s mlékem	ARO	9,7	2,4	73,0
Instantní gulášová polévka	ARO	13,0	12,0	52,0
Balkánský sýr	Mlékárna Polná spol. s r.o.	15,0	22,0	3,0
Předpečené bagety	IBIS Backwarenver- triebs	8,0	1,5	50,0
Segedínský guláš	Hamé s.r.o.	4,3	9,5	5,9
Kuřecí maso ve vlastní šťávě	Hamé s.r.o.	17,2	5,6	0,7
Paštika	Hamé s.r.o.	9,1	29,3	10,0
Tuňák	GASTON, s.r.o.	18,0	0,7	0,5

### 4.2 Charakteristika skladovacího pokusu

Potraviny (viz tabulka 1) byly skladovány při čtyřech různých teplotách. V mrazáku (-18 °C), v lednici (5 °C), ve skladu (23 °C) a v termostatu (40 °C). U všech potravin bylo stanoveno pH, obsah sušiny, amoniaku, bílkovin a tuku, tiobarbiturové číslo, a dále u nich byla provedena senzorická a mikrobiologická analýza. Analýza texturního profilu byla provedena u vzorku balkánského sýru, předpečené bagety, kuřecího masa ve vlastní šťávě a paštiky. Vzorky byly podrobeny analýzám před zahájením skladování. Následně byly analyzovány vzorky po jednom měsíci skladování v termostatu. Po třech měsících byly všechny vzorky analyzovány ve všech teplotách. Další odběr byl proveden po šesti měsících skladování a vzorky byly odebrány ze všech teplot kromě -18 °C. Předposlední odběr proběhl po devíti měsících a vzorky byly odebrány z lednice a skladu. Poslední odběr byl proveden po jednom roce skladování u všech teplot. Mikrobiologická analýza byla prove-

dena jen před zahájením skladování, po 1 měsíci, po 3 měsících a po jednom roce. Analýza obsahu tuku a bílkovin byla provedena před zahájením skladování a po jednom roce.

### 4.3 Použité chemikálie, přístroje a pomůcky

#### 4.3.1 Chemikálie

Kyselina chloristá (MERCK, Německo), Uhličitan draselný (MERCK, Německo), kyselina tiobarbiturová (SIGMA-ALDRICH, Německo), 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (Aldrich, Německo), kyselina boritá (Lach:ner, Česká republika), kyselina chlorovodíková (Lach:ner, Česká republika), kyselina sírová (Lach:ner, Česká republika),

#### 4.3.2 Přístroje a pomůcky

pH Spear Eutech - pH tester s pevnou vpichovou elektrodou (EUTECH INSTRUMENTS, Nizozemí)

TA.XT Plus, analyzátor textury (BioPro, Česká republika)

UV mini 1240 spektrofotometr (Shimadzu Europa GmbH, Německo)

Běžné laboratorní pomůcky a sklo

### 4.4 Principy a postupy použitých analýz

#### 4.4.1 pH

Ve vodných roztocích se pH pohybuje vždy v rozmezí 0 – 14. Po vnoření pH metru do vzorku dochází k porovnávání potenciálu mezi vzorkem (elektrolytem) a referenční elektrodou, kalomelovou nebo argentochloridovou [27].

pH bylo měřeno vpichovým pH metrem v homogenizovaném (rozmixovaném) vzorku, v případě dehydratovaných potravin ve vodném výluhu ( $n = 3$ ).

#### 4.4.2 Sušina

Pro stanovení sušiny byla použita gravimetrická metoda s pískem nebo bez písku (dle typu vzorku). Písek jako nasávací hmota nebyl použit u sypkých vzorků (bramborová kaše a gulášová polévka). Sušení probíhalo při teplotě  $102 \pm 2$  °C do konstantního úbytku hmotnosti. Výsledek obsahu sušiny je uveden v hmotnostních procentech. [28] Každý vzorek byl analyzován 3x ( $n = 3$ ).



$$\text{Sušina (\%)} = \frac{m_3 - m_1}{m_n} * 100$$

$m_1$ ..... Hmotnost suché prázdné váženky, resp. váženky s pískem

$m_3$ ..... Hmotnost váženky se vzorkem po sušení

$m_n$ ..... Navážka vzorku

#### 4.4.3 Tiobarbiturové číslo

Tiobarbiturové číslo vyjadřuje obsah aldehydů, hlavně malondialdehydu. Používá se u potravin, které obsahují polyenové mastné kyseliny. Sekundární produkty oxidace lipidů (např. malondialdehyd) mají schopnost reagovat s kyselinou tiobarbiturovou za vzniku barevného produktu, celá reakce probíhá za varu. Podle typu potraviny vzniká buď žlutý nebo červený komplex, jehož intenzita zbarvení je proměřena spektrofotometricky. U vzorků bramborová kaše s mlékem, balkánský sýr, předpečené bagety a segedínský guláš byla použita vlnová délka 450 nm (žlutý produkt), a u vzorků gulášová polévka, kuřecí maso ve vlastní šťávě, paštika a tuňák byla použita vlnová délka 538 nm (červený produkt). Tiobarbiturové číslo se udává v jednotkách absorbance při dané vlnové délce na 1 mg vzorku ( $A_{450} \cdot \text{mg}^{-1}$  nebo  $A_{538} \cdot \text{mg}^{-1}$ ). [28]

K 5 g homogenizovaného vzorku bylo přidáno 15 ml kyseliny chloristé (3,86 %) a 0,5 ml etanolového roztoku butylhydroxytoluenu (4,2 %). Roztok se nechal třepat 15 min a následně se 5 minut odstřeďoval při 6000 ot/min. Odstředěný roztok se zfiltroval a následně se vařil s destilovanou vodou 45 min v poměru 1:1. Povařený roztoky se změřily na spektrometru. Každý vzorek byl pro analýzu připraven 2x a následně 3x proměřen na spektrofotometru ( $n = 6$ ).

Příprava slepého pokusu pro všechny vzorky: Destilovaná voda se vařila s kyselinou tiobarbiturovou v poměru 1:1 45 minut. Povařený roztok se změřil 3x na spektrofotometru. Příprava slepého pokusu pro jednotlivé vzorky: K filtrovaným vzorkům byla přidána destilovaná voda místo kyseliny tiobarbiturové v poměru 1:1. Vzorky se povařily 45 min a změřily na spektrofotometru.

$$T\check{C} = \frac{A_{vz} - A_{sp1} - A_{sp2}}{m} \cdot 1000$$

TČ.....Tiobarbiturové číslo

A<sub>vz</sub>.....Absorbance vzorku

A<sub>sp1</sub>.....Absorbance slepého pokusu s kyselinou tiobarbiturovou

A<sub>sp2</sub>.....Absorbance slepého pokusu se vzorkem

m.....navážka vzorku

#### 4.4.4 Amoniak

Vzorek v conwayově nádobě reaguje s K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> za vzniku NH<sub>3</sub>. Vytěsněný NH<sub>3</sub> se absorbuje v H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. Po skončení reakce (2 hodiny) se provede titrace H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na směsný indikátor (bromkresolová zeleň a metylčerveně) a z její spotřeby se stanoví obsah NH<sub>3</sub>. Pomocí conwayovy metody se stanoví množství NH<sub>3</sub> v (mg.kg<sup>-1</sup>, jakožto jednoho ze štěpných produktů při rozkladu bílkovin. Čím vyšší je obsah NH<sub>3</sub> ve vzorku, tím více došlo k degradaci bílkovin [28,29].

$$NH_3 = \frac{V_{H_2SO_4} \cdot F \cdot 170}{0,25}$$

NH<sub>3</sub>.....Množství amoniaku (mg.kg<sup>-1</sup>)

V<sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub>.....Spotřeba H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

F.....Faktor H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Conwayova nádobka byla namazána vazelínou na okrajích. Do vnitřní části se napipetoval 1 ml H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (1%) a pár kapek indikátoru. Do vnější části se napipetoval 1 ml K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (nasyčený roztok) a následně si přidal 1 ml homogenního vzorku, který byl zředěný vodou v poměru 1:3. Conwayova nádoba se přiklopila sklíčkem a nechala se stát. Po dvou hodinách se sklíčko odklopilo a vnitřní část nádobky se titrovala H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,005 M roztok). Každý vzorek byl analyzován 3x (n = 3).

#### 4.4.5 Bílkoviny

Byla použita Kjeldahlova metoda, která stanoví obsah hrubé bílkoviny. Jedná se o univerzální světově přijímanou metodu. Touto metodou se stanoví veškerý přítomný dusík, který se převede mineralizací na amoniakální dusík. Mineralizace se provádí koncentrovanou

kyselinou sírovou za varu v přítomnosti katalyzátoru a oxidačního činidla. V současnosti se nejčastěji mineralizace urychluje nerezovým autoklávem a nebo uzavřeným systémem s mikrovlnným ohřevem. Během mineralizace se látky bílkovinné povahy rozkládají a vzniká  $\text{NH}_3$ , ten hned reaguje s  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a vzniká  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Po ukončení mineralizace se roztok vlije do destilační aparatury. Následně se do roztoku přidá nadbytek  $\text{NaOH}$ , ten reaguje s  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  a vzniká plynný amoniak, který se destilací převádí do  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , čímž vzniká  $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$ . Obsah  $\text{NH}_3$  se stanoví následnou titrací  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na indikátor tashiro [28].

$$HB = \frac{V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot M_r \cdot F_t \cdot F_z \cdot F_p}{m} \cdot 100$$

HB.....hrubá bílkovina (%)

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ .....spotřeba  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (l)

$c_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ .....přesná koncentrace  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,025 mol.l<sup>-1</sup>)

$M_r$ .....molární hmotnost dusíku (14,01 g.mol<sup>-1</sup>)

$F_t$ .....titrační faktor (2)

$F_z$ .....zředovací faktor (2,5)

$F_p$ .....přepočítávací faktor (6,25)

$m$ .....navážka vzorku (g)

Do mineralizační zkumavky bylo naváženo 0,25 g vzorku, bylo přidáno 10 ml koncentrované kyseliny sírové, 2 kapky peroxidu vodíku a lžička směsného katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  +  $\text{CuSO}_4$  v poměru 10:1). Mineralizace probíhala 60 minut při 400 °C. Po mineralizaci byl vzorek kvantitativně převeden do 25 ml odměrné baňky a doplněn po rysku destilovanou vodou. 10 ml mineralizátu a 20 ml 30%  $\text{NaOH}$  bylo pipetováno do destilační baňky Parnas-Wagnerovy aparatury. Uvolněný amoniak byl destilován vodní parou po dobu 15 minut a byl jímán do titrační baňky s 50 ml 2% kyseliny borité. Vzniklý boritan amonný byl titrován kyselinou sírovou o koncentraci 0,025 mol.l<sup>-1</sup> na indikátor tashiro ze zeleného do růžového zbarvení. Každý vzorek byl 2x mineralizován a následně 2x destilován (n = 4).

#### 4.4.6 Tuk

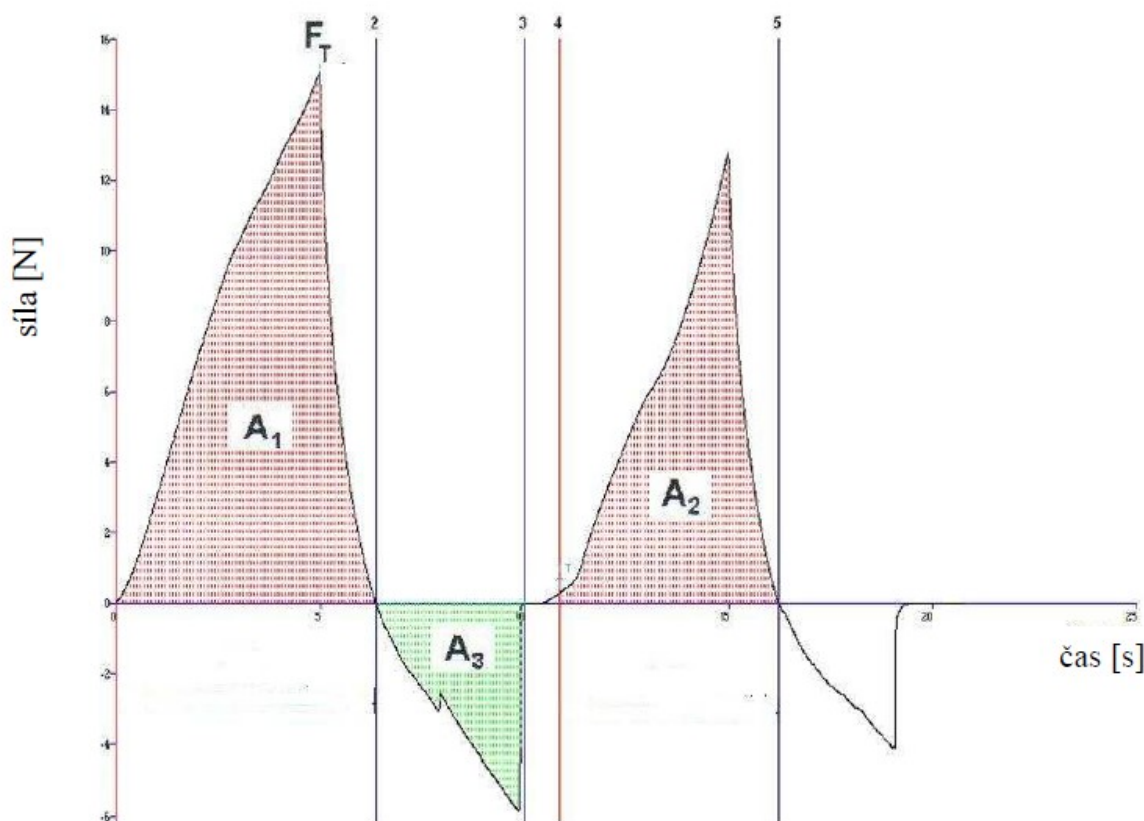
Bylo provedeno stanovení celkového obsahu tuků dle Soxhleta, to zahrnuje sumu všech látek, které byly vyextrahovány rozpouštědlem (hexan) za podmínek dané metodou. Soxhletova metoda se používá nejčastěji na potraviny s nízkým obsahem vody a nedochází u ní k štěpení vodíkových vazeb. Výtěžnost metody závisí především na teplotě, ta by neměla překročit teplotu 35 °C, aby nedocházelo k enzymatickému štěpení (lipolytické enzymy). Množství extrahovaných látek ovlivňuje druh použitého rozpouštědla. Po extrakci se rozpouštědlo odpaří a následně vzorek zváží (gravimetrické stanovení) [28,30].

Do patrony byl navážen 1 g vzorku a do vysušené a zvážené baňky bylo přidáno 100 ml hexanu. Baňka byla vložena do přístroje a extrakce probíhala 2,5 hodiny. Následně bylo ze vzorku v sušárně při 70 °C po dobu 30 minut odpařeno zbývající rozpouštědlo a baňka s vyextrahovaným tukem byla zvážena. Každý vzorek byl analyzován 3x (n = 3).

#### 4.4.7 Analýza texturního profilu

Texturní profilová analýza je rychlá, objektivní metoda a má dobrou opakovatelnost. Při této instrumentální metodě dojde k opakovanému stlačení vzorku ve dvou cyklech. Tato metoda simuluje žvýkání. Výsledkem texturní profilové analýzy je graf, ze kterého můžeme odečíst např. křehkost, tvrdost, přilnavost a pružnost [31,32].

Vzorky byly podrobeny dvojnásobné kompresi o 80 % své výšky, v některých případech bylo nutné kompresi snížit, protože vzorky dosahovaly vysoké tvrdosti a nebylo je možné o 80 % stlačit. Ke stlačení byla použita sonda deskového tvaru a následujícími parametry: rychlost 1 mm.s<sup>-1</sup>, zvyšující zatížení 5g. Výsledkem takto provedené analýzy je křivka vyjadřující sílu (N) potřebnou k deformaci vzorku za určitý čas (s). Z těchto křivek byla vypočítána tvrdost, soudržnost vzorků a relativní lepivost. Vzorky byly podrobeny texturní profilové analýze za laboratorní teploty, každý vzorek byl proměřen 3x (n = 3). Tvrdost je na obrázku 1 vyjádřena jako  $F_T$ , soudržnost je definována jako poměr ploch píků  $A_2/A_1$  a relativní lepivost jako poměr ploch píků  $A_3/A_1$  [33].



Obrázek 1 Zátěžová křivka (graf závislosti síly na čase) [33]

#### 4.4.8 Senzorická analýza

Senzorická analýza je vědecká disciplína, při které se pomocí lidských smyslů (chuť, čich, zrak, hmat, sluch) hodnotí vlastnosti potravin. Senzorická analýza je již řadu let využívána k výstupní kontrole jakosti a bezpečnosti potravin. Senzorické posuzování potravin je možné brát jako prostředek ke komunikaci s běžným spotřebitelem [34,35].

Senzorické hodnocení provedli 4 vybraní posuzovatelé vyškolení podle normy ISO 8586. Vzhled, konzistence a chuť a vůně (flavour) byly hodnoceny hédonickou sedmistupňovou škálou (1–výborná, 4–dobrá, 7–nepřijatelná). Tuhost a cizí chutě a vůně (off-flavour), byly hodnoceny intenzitní stupnicí (1–zanedbatelná, 4–střední, 7–nadměrná).

#### 4.4.9 Mikrobiologická analýza

Stanovení celkového počtu aerobních a fakultativně anaerobních mezofilních mikroorganismů bylo provedeno podle ISO 4833-1 [38], aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů podle [36], koliformních mikroorganismů (enterobakterií) podle ISO 4832 [37] a kvasinek a plísní podle ISO 6611 [39].

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tabulka 2 Výsledky stanovení pH, obsahu sušiny a obsahu tuku

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	pH (-)	Sušina (%)	Tuk (%)
Bramborová kaše	0	-	6,04 ± 0,01	94,81 ± 1,09	2,29 ± 0,03
	1	40	5,91 ± 0,01	95,68 ± 1,14	NS
	3	-18	6,00 ± 0,00	96,66 ± 1,26	NS
		5	5,98 ± 0,01	96,52 ± 1,18	NS
		23	5,97 ± 0,00	96,24 ± 1,19	NS
		40	5,90 ± 0,00	97,27 ± 1,10	NS
	6	5	5,77 ± 0,01	96,95 ± 1,13	NS
		23	5,70 ± 0,01	96,03 ± 1,22	NS
		40	5,63 ± 0,01	97,96 ± 1,28	NS
	9	5	5,67 ± 0,02	97,29 ± 1,31	NS
		23	5,61 ± 0,03	97,04 ± 1,25	NS
	12	-18	5,71 ± 0,03	97,83 ± 1,29	2,17 ± 0,06
		5	5,54 ± 0,02	98,04 ± 1,37	2,33 ± 0,08
		23	5,50 ± 0,01	98,12 ± 1,34	2,26 ± 0,07
		40	5,28 ± 0,00	98,26 ± 1,28	2,20 ± 0,05
	Gulášová polévka	0	-	5,58 ± 0,01	95,51 ± 1,18
1		40	5,49 ± 0,01	95,17 ± 1,24	NS
3		-18	5,77 ± 0,01	98,41 ± 1,35	NS
		5	5,74 ± 0,03	98,40 ± 1,29	NS
		23	5,64 ± 0,01	98,41 ± 1,14	NS
		40	5,39 ± 0,01	97,68 ± 1,17	NS
6		5	5,05 ± 0,02	98,17 ± 1,28	NS
		23	5,01 ± 0,01	98,31 ± 1,29	NS
		40	4,79 ± 0,01	97,96 ± 1,37	NS
9		5	4,95 ± 0,01	98,39 ± 1,32	NS
		23	4,88 ± 0,01	98,47 ± 1,35	NS
12		-18	5,02 ± 0,02	98,52 ± 1,40	12,06 ± 0,25
		5	4,76 ± 0,01	98,63 ± 1,27	12,98 ± 0,30
		23	4,60 ± 0,01	98,50 ± 1,36	12,54 ± 0,26
		40	4,48 ± 0,01	98,71 ± 1,41	12,29 ± 0,22
Balkánský sýr		0	-	5,00 ± 0,02	41,04 ± 0,91
	1	40	4,80 ± 0,01	55,05 ± 0,40	NS
	3	-18	4,69 ± 0,01	46,86 ± 0,52	NS
		5	4,48 ± 0,00	48,17 ± 0,24	NS
		23	4,37 ± 0,02	55,57 ± 0,38	NS
		40	4,30 ± 0,00	60,63 ± 0,43	NS
	6	5	4,34 ± 0,01	50,34 ± 0,51	NS
		23	4,17 ± 0,01	57,81 ± 0,67	NS
		40	3,94 ± 0,01	61,73 ± 0,43	NS
	9	5	4,00 ± 0,02	51,39 ± 0,58	NS
		23	3,88 ± 0,00	58,67 ± 0,46	NS
	12	-18	4,08 ± 0,00	49,83 ± 0,37	21,57 ± 0,51
		5	3,72 ± 0,00	51,97 ± 0,29	22,38 ± 0,59
		23	3,51 ± 0,00	59,02 ± 0,60	21,84 ± 0,50
		40	3,39 ± 0,00	61,14 ± 0,67	21,06 ± 0,47

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	pH (-)	Sušina (%)	Tuk (%)
Předpečená bageta	0	-	5,56 ± 0,01	64,57 ± 0,53	1,27 ± 0,01
	1	40	5,50 ± 0,02	70,73 ± 0,67	NS
	3	-18	5,73 ± 0,04	67,19 ± 0,50	NS
		5	5,67 ± 0,01	67,16 ± 0,47	NS
		23	5,66 ± 0,00	67,82 ± 0,51	NS
		40	5,51 ± 0,01	76,53 ± 0,82	NS
	6	5	5,63 ± 0,01	74,97 ± 0,74	NS
		23	5,48 ± 0,00	75,13 ± 0,80	NS
		40	5,35 ± 0,01	93,80 ± 0,97	NS
	9	5	5,58 ± 0,01	77,95 ± 0,63	NS
		23	5,31 ± 0,02	79,04 ± 0,58	NS
	12	-18	5,62 ± 0,01	70,07 ± 0,46	1,36 ± 0,03
		5	5,50 ± 0,01	83,67 ± 0,89	1,62 ± 0,05
		23	5,29 ± 0,01	84,61 ± 0,76	1,57 ± 0,05
		40	5,17 ± 0,00	96,86 ± 1,07	1,13 ± 0,03
	Segedínský guláš	0	-	4,54 ± 0,01	15,82 ± 0,39
1		40	4,40 ± 0,01	17,55 ± 0,43	NS
3		-18	4,67 ± 0,02	16,82 ± 0,16	NS
		5	4,61 ± 0,01	16,07 ± 0,26	NS
		23	4,60 ± 0,01	17,42 ± 0,10	NS
		40	4,59 ± 0,01	17,69 ± 0,15	NS
6		5	3,98 ± 0,01	17,67 ± 0,13	NS
		23	3,92 ± 0,01	17,32 ± 0,17	NS
		40	3,90 ± 0,01	18,01 ± 0,22	NS
9		5	3,87 ± 0,02	17,49 ± 0,12	NS
		23	3,81 ± 0,01	17,88 ± 0,10	NS
12		-18	3,92 ± 0,01	17,03 ± 0,21	9,40 ± 0,15
		5	3,76 ± 0,00	17,74 ± 0,47	9,82 ± 0,17
		23	3,64 ± 0,01	17,52 ± 0,36	9,51 ± 0,14
		40	3,57 ± 0,01	17,98 ± 0,28	9,36 ± 0,15
Kuřecí maso		0	-	6,37 ± 0,01	27,09 ± 0,30
	1	40	6,33 ± 0,00	27,80 ± 0,36	NS
	3	-18	6,72 ± 0,01	24,40 ± 0,19	NS
		5	6,69 ± 0,01	25,82 ± 0,34	NS
		23	6,67 ± 0,01	26,21 ± 0,28	NS
		40	6,68 ± 0,02	26,45 ± 0,25	NS
	6	5	6,56 ± 0,01	26,98 ± 0,36	NS
		23	6,53 ± 0,01	27,66 ± 0,21	NS
		40	6,42 ± 0,02	28,63 ± 0,37	NS
	9	5	6,47 ± 0,01	26,48 ± 0,29	NS
		23	6,47 ± 0,01	26,80 ± 0,24	NS
	12	-18	6,59 ± 0,01	27,76 ± 0,20	5,87 ± 0,13
		5	6,37 ± 0,00	28,30 ± 0,31	5,63 ± 0,11
		23	6,30 ± 0,01	27,48 ± 0,29	6,08 ± 0,15
		40	6,31 ± 0,01	26,81 ± 0,26	5,51 ± 0,12

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	pH (-)	Sušina (%)	Tuk (%)
Paštika	0	-	6,04 ± 0,01	43,55 ± 0,45	28,14 ± 0,37
	1	40	6,05 ± 0,00	45,17 ± 0,57	NS
	3	-18	6,14 ± 0,02	45,16 ± 0,41	NS
		5	6,10 ± 0,01	45,28 ± 0,39	NS
		23	6,08 ± 0,00	45,27 ± 0,53	NS
		40	6,09 ± 0,01	46,68 ± 0,37	NS
	6	5	5,78 ± 0,01	45,36 ± 0,47	NS
		23	5,68 ± 0,01	45,22 ± 0,41	NS
		40	5,59 ± 0,02	46,14 ± 0,50	NS
	9	5	5,60 ± 0,01	46,72 ± 0,39	NS
		23	5,49 ± 0,01	46,37 ± 0,48	NS
	12	-18	5,77 ± 0,00	45,63 ± 0,42	28,85 ± 0,51
		5	5,51 ± 0,01	46,81 ± 0,53	28,53 ± 0,47
		23	5,38 ± 0,01	46,98 ± 0,45	29,37 ± 0,49
		40	5,20 ± 0,01	47,06 ± 0,49	29,50 ± 0,52
	Tuňák	0	-	5,72 ± 0,01	21,29 ± 0,26
1		40	5,53 ± 0,02	21,16 ± 0,22	NS
3		-18	6,00 ± 0,01	21,42 ± 0,19	NS
		5	6,00 ± 0,01	21,65 ± 0,23	NS
		23	5,97 ± 0,00	20,89 ± 0,37	NS
		40	5,95 ± 0,01	20,61 ± 0,24	NS
6		5	5,55 ± 0,01	20,04 ± 0,24	NS
		23	5,53 ± 0,02	20,81 ± 0,30	NS
		40	5,50 ± 0,01	20,93 ± 0,27	NS
9		5	5,50 ± 0,01	20,95 ± 0,29	NS
		23	5,46 ± 0,00	20,67 ± 0,21	NS
12		-18	5,57 ± 0,01	20,86 ± 0,35	2,07 ± 0,04
		5	5,48 ± 0,01	20,80 ± 0,28	1,54 ± 0,03
		23	5,43 ± 0,01	20,74 ± 0,23	1,98 ± 0,05
		40	5,40 ± 0,00	21,26 ± 0,37	1,73 ± 0,04

## 5.1 pH

Při měření hodnot pH (viz Tabulka 2) bylo zjištěno, že se zvyšující se skladovací teplotou se snižovala hodnota pH. U většiny vzorků pH kleslo o 0,1 až 1,8 v závislosti na vzorku a skladovací teplotě. U některých potravin došlo během skladování k mírnému nárůstu pH, nicméně tyto změny nebyly příliš výrazné.

## 5.2 Sušina

Čím déle byla potravina skladovaná, tím více ztrácela vodu a docházelo k zvyšování obsahu sušiny, stejný vliv měla i rostoucí skladovací teplota. K nejvyššímu odparu vody docházelo při skladování ve 40 °C a nejméně v -18 °C. Úbytek vody záležel také na druhu skla-



dované potraviny. U většiny vzorků došlo k navýšení sušiny během skladování o 0 až 5 %, tyto změny nebyly příliš významné. U vzorků balkánského sýru a předpečené bagety docházelo k mnohem významnějším ztrátám vody. Po jednom roce skladování balkánského sýru se jeho sušina přibližně zvýšila o 8 až 20 %. Tento úbytek lze přisoudit probíhající synerezi bílkovinného gelu. V případě předpečené bagety se sušina zvýšila o 5 až 30 %, pravděpodobně došlo ke ztrátě ochranné funkce obalového materiálu. Nejmenší změny obsahu sušiny byly pozorovány u konzerv – kuřecího masa a tuňáka, a to z důvodu dobrých bariérových vlastností použitých obalů.

### 5.3 Tuk

Skladovací teplota a délka skladování neměla významný vliv na obsah tuku. U vzorků nedocházelo k žádnému výraznému vývoji (změny maximálně 1 %). Jednotlivé odchylky by se daly přiřadit rozdílům v jednotlivých výrobcích. Obsah tuku ve všech potravinách odpovídal obsahům uvedeným na obalech.

### 5.4 Bílkoviny

Výsledky obsahu bílkovin byly zaznamenány do tabulky 3. U všech skladovaných potravin nedocházelo k výrazným změnám během skladování. Jednotlivé změny byly v rozmezí  $\pm 2$  %. Obsah bílkovin se stanovoval Kjeldahlovou metodou, která stanoví hrubou bílkovinu, tudíž i degradační produkty bílkovin a aminokyselin společně s bílkoviny. Obsah bílkovin ve všech potravinách odpovídal obsahům uvedeným na obalech.

### 5.5 Amoniak

Výsledky obsahu amoniaku byly zaznamenány do tabulky 3. Obsah amoniaku rostl s délkou skladování a s vyšší skladovací teplotou. Po jednom roce skladování u většiny potravin došlo ke zvýšení amoniaku. Nejvíce se obsah amoniaku změnil u vzorku gulášové polévky. Po jenom roce skladování při  $-18$  °C došlo k zvýšení amoniaku přibližně o 300 % oproti původní hodnotě, při  $5$  °C o 400 %, při  $23$  °C o 450 % a při  $40$  °C o 500 %. Vzorek balkánského sýru byl stabilní při  $-18$  °C, při teplotě  $5$  °C došlo k zvýšení původního přibližně o 100 %, při  $23$  °C o 300 % a při  $40$  °C o 400 %. U ostatních vzorů se po roce skladování při  $-18$  °C pohyboval nárůst mezi 0 – 60 %, při  $5$  °C 25 – 80 %, při  $23$  °C 25 – 100 % a při  $40$  °C 40 – 130 %. Tento nárůst se výrazně měnil s druhem skladované potraviny a použitou skladovací teplotou. Vznik amoniaku v potravinách lze přisoudit Streckerově de-

gradaci aminokyselin a Maillardovým reakcím, které probíhají při skladování a jsou urychlovány vyššími teplotami. Čím je obsah  $\text{NH}_3$  v potravine vyšší, tím více byly v potravine degradovány bílkoviny. Podobné výsledky byly publikovány v člancích [24] a [39].

## 5.6 Tiobarbiturové číslo

Výsledky tiobarbiturového čísla byly zaznamenány do tabulky 3. Tiobarbiturové číslo se s délkou skladování a s vyšší skladovací teplotou zvyšovalo. Vzorky balkánského sýru, předpečené bagety a kuřecího masa byli nestabilní ve všech skladovacích teplotách. Při skladovací teplotě  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  se obsah amoniaku za jeden rok přibližně zvýšil o 200 – 380 %, při  $5\text{ }^\circ\text{C}$  o 400 – 550 %, při  $23\text{ }^\circ\text{C}$  o 420 – 88 % a při  $40\text{ }^\circ\text{C}$  o 600 – 1200 %. Takto vysoký vývoj lze přisoudit charakteru jednotlivých vzorků. Předpečené bagety obsahují sice malé množství tuku, ale jedná se o tuk rostlinného původu, který je mnohem více náchylný k degradačním procesům než tuky živočišné. Balkánský sýr a kuřecí maso ve vlastní šťávě obsahují sice živočišné tuky, ale složení mastných kyselin je méně stabilní než u jiných analyzovaných potravin. Balkánský sýr obsahuje vysoké množství tuku a jeho triacylglyceroly jsou tvořeny krátkými mastnými kyselinami. Kuřecí maso obsahuje sice menší množství tuku než balkánský sýr, ale složení mastných kyselin je méně stabilní, než třeba sádlo v případě paštiky nebo segedínského guláše. U ostatních vzorků potravin byl nárůst nižší. Po jednom roce skladování při  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  se hodnota tiobarbiturového čísla zvýšila o 10 – 80 %, při  $5\text{ }^\circ\text{C}$  o 35 – 200 %, při  $23\text{ }^\circ\text{C}$  o 45 – 160 % a při  $40\text{ }^\circ\text{C}$  o 160 – 300 %. Tiobarbiturové číslo vyjadřuje množství sekundárních degradačních produktů tuků, proto se výše čísla odvíjí od celkového obsahu tuku v potravine a skladby jednotlivých mastných kyselin. Vyšší hodnota tiobarbiturového čísla znamená rozsáhlejší oxidaci lipidů v potravine. Výsledky podobného experimentu byly popsány v článku [40].

Tabulka 3 Výsledky mikrobiologické analýzy

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Celkový počet mikroorganismů (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Aerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Anaerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Kvasinky a plísňe (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Koliformní mikroorganismy (KTJ·g <sup>-1</sup> )	
Bramborová kaše	0	-	$3,55 \cdot 10^2$	$1,95 \cdot 10^3$	$2,20 \cdot 10^3$	0	-	
	1	40	$3,65 \cdot 10^3$	$5,30 \cdot 10^3$	$6,05 \cdot 10^3$	0	-	
	3	-18	$4,95 \cdot 10^2$	$6,50 \cdot 10^2$	$1,10 \cdot 10^5$	0	-	
		5	$8,60 \cdot 10^2$	$6,50 \cdot 10^2$	$3,00 \cdot 10^2$	0	-	
		23	$6,96 \cdot 10^4$	$6,73 \cdot 10^4$	$5,15 \cdot 10^3$	0	-	
		40	$1,10 \cdot 10^5$	0	0	0	-	
	12	-18	$1,10 \cdot 10^4$	0	0	0	-	
		5	0	$2,00 \cdot 10^3$	0	0	-	
		23	$2,00 \cdot 10^3$	$2,00 \cdot 10^3$	0	0	-	
		40	0	$2,00 \cdot 10^3$	0	0	-	
	Gulášová polévka	0	-	$4,84 \cdot 10^4$	$4,06 \cdot 10^4$	$3,40 \cdot 10^4$	0	-
		1	40	$3,06 \cdot 10^4$	$3,36 \cdot 10^4$	$8,80 \cdot 10^4$	0	-
3		-18	$7,12 \cdot 10^4$	$8,10 \cdot 10^4$	$1,09 \cdot 10^5$	0	-	
		5	$5,24 \cdot 10^4$	$4,38 \cdot 10^4$	$2,94 \cdot 10^4$	0	-	
		23	$7,84 \cdot 10^4$	$1,13 \cdot 10^5$	$1,49 \cdot 10^5$	0	-	
		40	$5,40 \cdot 10^4$	$1,50 \cdot 10^4$	$1,10 \cdot 10^4$	0	-	
12		-18	$1,44 \cdot 10^6$	$1,50 \cdot 10^4$	$1,06 \cdot 10^5$	0	-	
		5	$8,90 \cdot 10^4$	$8,10 \cdot 10^4$	$6,70 \cdot 10^4$	0	-	
		23	$4,80 \cdot 10^4$	$4,90 \cdot 10^4$	$1,11 \cdot 10^5$	0	-	
		40	$5,00 \cdot 10^3$	$2,40 \cdot 10^4$	$1,30 \cdot 10^4$	0	-	

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Celkový počet mikroorganismů (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Aerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Anaerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Kvasinky a plísňe (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Koliformní mikroorganismy (KTJ·g <sup>-1</sup> )	
Balkánský sýr	0	-	$1,78 \cdot 10^3$	$6,75 \cdot 10^3$	$2,50 \cdot 10^2$	$1,52 \cdot 10^4$	0	
	1	40	$3,05 \cdot 10^3$	$8,00 \cdot 10^2$	$4,00 \cdot 10^2$	0	0	
	3	-18	$4,40 \cdot 10^2$	0	0	0	$3,50 \cdot 10^2$	0
		5	$3,72 \cdot 10^3$	0	0	0	0	0
		23	$1,60 \cdot 10^3$	0	0	0	0	0
		40	$1,40 \cdot 10^3$	$1,00 \cdot 10^2$	$2,00 \cdot 10^2$	0	0	0
	12	-18	$8,48 \cdot 10^7$	0	0	0	0	0
		5	0	0	0	0	0	0
		23	$2,00 \cdot 10^3$	$2,00 \cdot 10^3$	$3,60 \cdot 10^4$	0	0	0
		40	$1,00 \cdot 10^4$	0	0	0	0	0
	Předpečená bageta	0	-	0	0	0	0	0
		1	40	$1,42 \cdot 10^5$	$3,00 \cdot 10^2$	$1,04 \cdot 10^4$	0	0
3		-18	0	0	0	0	0	0
		5	$1,50 \cdot 10^1$	$3,00 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	0	0	0
		23	$1,23 \cdot 10^4$	0	0	0	0	0
		40	$2,90 \cdot 10^4$	0	0	0	0	0
12		-18	$3,32 \cdot 10^5$	0	0	0	0	0
		5	0	$1,00 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	0	0	0
		23	0	$9,52 \cdot 10^4$	$6,04 \cdot 10^4$	0	0	0
		40	0	$9,52 \cdot 10^4$	$6,04 \cdot 10^4$	0	0	0

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Celkový počet mikroorganismů (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Aerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Anaerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Kvasinky a plísňe (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Koliformní mikroorganismy (KTJ·g <sup>-1</sup> )	
Segedínský guláš	0	-	0	0	0	0	-	
	1	40	1,25·10 <sup>2</sup>	4,00·10 <sup>2</sup>	0	0	-	
	3	-18	0	0	0	0	0	-
		5	3,00·10 <sup>1</sup>	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	2,63·10 <sup>3</sup>	9,00·10 <sup>2</sup>	0	0	0	-
	12	-18	1,40·10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	-
		5	0	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	0	0	0	0	0	-
	Kuřecí maso	0	-	0	0	0	0	-
		1	40	0	0	0	0	-
3		-18	0	0	0	0	0	-
		5	0	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	0	0	0	0	0	-
12		-18	0	0	0	0	0	-
		5	0	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	0	0	0	0	0	-

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Celkový počet mikroorganismů (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Aerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Anaerobní sporuláty (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Kvasinky a plísňe (KTJ·g <sup>-1</sup> )	Koliformní mikroorganismy (KTJ·g <sup>-1</sup> )	
Paštika	0	-	0	0	0	0	-	
	1	40	2,20·10 <sup>3</sup>	0	0	0	-	
	3	-18	0	0	0	0	0	-
		5	0	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	5,48·10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	-
	12	-18	0	0	0	0	0	-
		5	0	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	0	0	0	0	0	-
	Tuňák	0	-	0	0	0	0	-
		1	40	0	0	0	0	-
3		-18	0	0	0	0	0	-
		5	0	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	2,72·10 <sup>3</sup>	0	0	0	0	-
12		-18	0	0	0	0	0	-
		5	0	0	0	0	0	-
		23	0	0	0	0	0	-
		40	0	0	0	0	0	-

## 5.7 Mikrobiologická analýza

Výsledky všech mikrobiologických analýz byly zaznamenány do tabulky 4. Mikrobiologicky nejstabilnější potravinou bylo v rámci jednoho roku skladování kuřecí maso. Tento vzorek neobsahoval vůbec žádné mikroorganismy, což je s ohledem na to, že se jedná o sterilovaný produkt, v pořádku. U ostatních konzerv byly zjištěny překvapivé výsledky. Zatímco na počátku skladování v nich nebyly detekovány žádné mikroorganismy, po 1, resp. 3 měsících skladování byly (zejména při nejvyšší skladovací teplotě) zjištěny určité počty CPM a v případě segedínského guláše též aerobní sporuláty. Tyto výsledky ukazují na vyklíčení spor, které nebyly inaktivovány během sterilačního záhřevu. Nejvíce mikrobiologicky kontaminované potraviny byly bramborová kaše, gulášová polévka a předpečená bageta. U těchto potravin bylo zjištěno poměrně velké množství CPM i sporulujících mikroorganismů. Gulášová polévka, která byla skladována při 5 a 23 °C, byla nejvíce kontaminovaná. Byly zde stanoveny aerobní a anaerobní sporuláty a tyto hodnoty dosahovaly až  $10^5$  KTJ.g<sup>-1</sup>. Žádný s analyzovaných vzorků neobsahoval koliformní bakterie, a jenom balkánský sýr obsahoval určité množství kvasinek a plísní ( $10^2 - 10^4$  KTJ.g<sup>-1</sup>).

Tabulka 4 Výsledky texturní profilové analýzy

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Tvrdoost (N)	Soudržnost (-)	Relativní lepi-vost (-)
Balkánský sýr	0	-	235,11 ± 3,89*	0,23 ± 0,00*	0,02 ± 0,00*
	1	40	161,62 ± 2,54**	0,45 ± 0,01**	0,00 ± 0,00**
	3	-18	48,03 ± 0,95**	0,50 ± 0,01**	0,00 ± 0,00**
		5	57,91 ± 1,06**	0,37 ± 0,00**	0,01 ± 0,00**
		23	120,17 ± 2,11**	0,43 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		40	183,35 ± 2,73**	0,57 ± 0,01**	0,00 ± 0,00**
	6	5	83,50 ± 1,84**	0,33 ± 0,00**	0,01 ± 0,00**
		23	159,34 ± 2,99**	0,34 ± 0,00**	0,01 ± 0,00**
		40	308,27 ± 5,62**	0,51 ± 0,01**	0,00 ± 0,00**
	9	5	102,81 ± 2,73**	0,24 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		23	188,06 ± 3,69**	0,34 ± 0,00**	0,01 ± 0,00**
	12	-18	86,17 ± 1,90**	0,40 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		5	127,84 ± 2,57**	0,41 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		23	201,10 ± 3,97**	0,32 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		40	-	-	-
	Předpečená bageta	0	-	192,59 ± 2,78*	0,37 ± 0,00*
1		40	264,46 ± 3,97*	0,41 ± 0,00*	0,00 ± 0,00*
3		-18	215,17 ± 3,05*	0,38 ± 0,00*	0,00 ± 0,00*
		5	276,53 ± 4,12*	0,39 ± 0,00*	0,00 ± 0,00*
		23	298,94 ± 5,06*	0,37 ± 0,00*	0,00 ± 0,00*
		40	185,15 ± 2,67**	0,52 ± 0,01**	0,00 ± 0,00**
6		5	76,74 ± 1,93**	0,40 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		23	144,70 ± 2,56**	0,36 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		40	-	-	-
9		5	104,21 ± 2,23**	0,39 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
		23	169,07 ± 3,18**	0,40 ± 0,00**	0,00 ± 0,00**
12		-18	45,36 ± 1,10	0,73 ± 0,01	0,00 ± 0,00
		5	130,13 ± 2,36	0,76 ± 0,01	0,00 ± 0,00
		23	278,57 ± 4,83	0,77 ± 0,01	0,00 ± 0,00
		40	-	-	-



Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Tvrdoost (N)	Soudržnost (-)	Relativní lepi-vost (-)
Kuřecí ma-so	0	-	117,84 ± 2,04	0,28 ± 0,00	0,01 ± 0,00
	1	40	126,93 ± 2,16	0,30 ± 0,00	0,01 ± 0,00
	3	-18	115,06 ± 2,00	0,23 ± 0,00	0,01 ± 0,00
		5	119,37 ± 2,18	0,29 ± 0,00	0,01 ± 0,00
		23	129,62 ± 2,23	0,27 ± 0,00	0,01 ± 0,00
		40	128,04 ± 2,20	0,34 ± 0,00	0,01 ± 0,00
	6	5	133,18 ± 3,04	0,28 ± 0,00	0,01 ± 0,00
		23	168,90 ± 3,15	0,31 ± 0,00	0,01 ± 0,00
		40	235,48 ± 3,61	0,35 ± 0,00	0,01 ± 0,00
	9	5	162,12 ± 3,23	0,21 ± 0,00	0,01 ± 0,00
		23	194,06 ± 3,40	0,29 ± 0,00	0,01 ± 0,00
	12	-18	129,50 ± 2,25	0,39 ± 0,00	0,02 ± 0,00
		5	171,73 ± 3,29	0,28 ± 0,00	0,02 ± 0,00
		23	207,34 ± 3,30	0,29 ± 0,00	0,02 ± 0,00
		40	254,08 ± 3,73	0,30 ± 0,00	0,02 ± 0,00
	Paštika	0	-	62,61 ± 1,15	0,21 ± 0,00
1		40	60,04 ± 1,13	0,18 ± 0,00	0,13 ± 0,00
3		-18	57,66 ± 1,08	0,30 ± 0,00	0,16 ± 0,00
		5	59,02 ± 1,11	0,19 ± 0,00	0,12 ± 0,00
		23	61,94 ± 1,16	0,22 ± 0,00	0,15 ± 0,00
		40	63,83 ± 1,20	0,20 ± 0,00	0,09 ± 0,00
6		5	50,95 ± 1,07	0,20 ± 0,00	0,12 ± 0,00
		23	51,13 ± 1,23	0,22 ± 0,00	0,16 ± 0,00
		40	58,28 ± 1,18	0,17 ± 0,00	0,12 ± 0,00
9		5	44,25 ± 0,96	0,20 ± 0,00	0,06 ± 0,00
		23	44,95 ± 0,87	0,18 ± 0,00	0,12 ± 0,00
12		-18	36,27 ± 0,62	0,32 ± 0,00	0,28 ± 0,00
		5	41,26 ± 0,73	0,21 ± 0,00	0,15 ± 0,00
		23	40,88 ± 0,71	0,21 ± 0,00	0,16 ± 0,00
		40	37,98 ± 0,60	0,14 ± 0,00	0,10 ± 0,00

Vzorky sýra a bagety označené (\*) byly stlačeny o 80 %, vzorky označené (\*\*) o 50 %, ostatní vzorky o 25 %

## 5.8 Texturní profilová analýza

Výsledky texturní profilové analýzy byly zaznamenány do tabulky 5. Texturní profil balkánského sýru byl před skladováním měřen 80% kompresí. Již po 1 měsíci skladování se tvrdost výrazně zvýšila a bylo proto nutné kompresi snížit na 50 %. Vzorek sýra skladovaný v termostatu po dobu jednoho roku vykazoval tak vysokou tvrdost, že jej nebylo možné na texturometru změřit. Rozdíl tvrdosti mezi sýry skladovanými po dobu 3 měsíců a po dobu jednoho roku činil při -18 °C a 5 °C přibližně 50 %, při 23 °C byl rozdíl necelých 40 %. Vzorky skladované v termostatu se značně lišili. Relativní lepi-vost byla u balkánského sýru zanedbatelná a soudržnost se měnila jen velmi málo a nepravidelně.

U předpečené bagety byla před skladováním, po 1 a 3 měsících použita komprese o 80 % s výjimkou vzorku skladovaného 3 měsíce v termostatu, který byl z důvodu vysoké tvrdosti stlačen pouze o 50 %. Následně po 6 a 9 měsících skladování byla u všech vzorků použita komprese o 50 %. Po 12 měsících byly vzorky z důvodu opětovného zvýšení tvrdosti stlačovány pouze o 25 % a vzorek skladovaný v termostatu texturometr nedokázal stlačit. Z tohoto důvodu jsou výsledky v průběhu skladování navzájem jen obtížně porovnatelné. Rozdíl v tvrdosti vzorku bagety skladované po dobu jednoho roku při  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a při  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  je téměř 300 %. Rozdíl mezi  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  je více než 600 %. Nicméně lze říct, že čím vyšší byla skladovací teplota, tím vyšší byla tvrdost. Podobné výsledky byly zjištěny v článku [42]. Soudržnost předpečené bagety byla vyšší ve vzorcích skladovaných v termostatu. Relativní lepivost bagety byla nulová. Vysokou tvrdost vzorků předpečené bagety a balkánského sýru lze přisoudit vysokým ztrátám vody během skladování, které byly diskutovány v kapitole 5.2.

Vzorky kuřecího masa a paštiky byly po celou dobu skladování stlačovány o 80 % a nebyla zde potřeba kompresi snižovat. Tvrdost kuřecího masa rostla s dobou skladování i vyšší skladovací teplotou. Tvrdost se po roce skladování kuřecího masa v  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  téměř nezměnila, při  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  vzrostla tvrdost o necelých 50 %, při  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  o téměř 100 % a při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  přibližně o 150 %. Soudržnost a relativní lepivost se u kuřecího masa během skladování téměř neměnila, lepivost byla prakticky zanedbatelná.

Oproti kuřecímu masu se tvrdost paštiky během doby skladování snižovala. Rozdíly mezi skladovacími teplotami nebyli příliš významné. Tvrdost paštiky po jednom roce skladování při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  klesla o necelých 50 %. Soudržnost paštiky se mírně měnila použitou skladovací teplotou, čím vyšší byla skladovací teplota, tím nižší byla soudržnost. Relativní lepivost se u paštiky téměř neměnila, nicméně byla, na rozdíl od ostatních potravin, poměrně významná.

Tabulka 5 Výsledky senzoričké analýzy

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)	
Bramborová kaše	0	-	2	2	-	2	2	
	1	40	2	2	-	3	2	
	3	-18	2	2	2	-	2	2
		5	2	2	2	-	2	2
		23	2	2	2	-	4	4
		40	2	2	2	-	6	6
	6	5	2	2	4	-	2	2
		23	2	2	2	-	5	4
		40	2	2	4	-	7	6
	9	5	2	2	4	-	5	4
		23	2	2	3	-	7	6
	12	-18	2	2	2	-	2	2
		5	2	2	4	-	2	2
		23	2	2	4	-	5	4
		40	5	5	5	-	7	7

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)	
Gulášová polévka	0	-	2	2	-	2	1	
	1	40	5	5	-	3	2	
	3	-18	2	2	2	-	2	1
		5	2	4	4	-	2	1
		23	2	4	4	-	2	1
		40	5	6	6	-	7	7
	6	5	3	4	4	-	2	1
		23	3	4	4	-	3	2
		40	6	6	6	-	7	7
	9	5	3	4	4	-	3	2
		23	4	4	4	-	3	2
	12	-18	4	5	5	-	4	2
		5	4	4	4	-	5	2
		23	4	4	4	-	3	3
		40	7	7	7	-	7	7

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)	
Balkánský sýr	0	-	1	1	4	1	1	
	1	40	7	6	6	7	7	
	3	-18	5	5	7	2	5	5
		5	2	2	2	4	2	2
		23	2	2	3	6	5	5
		40	7	7	6	7	7	7
	6	5	3	3	3	4	-	-
		23	4	4	5	7	-	-
		40	7	7	7	7	-	-
	9	5	4	4	4	4	-	-
		23	5	5	6	7	-	-
	12	-18	5	5	3	3	-	-
		5	4	4	4	5	-	-
		23	6	6	7	7	-	-
		40	7	7	7	7	-	-

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)	
Předpečená bageta	0	-	2	2	4	2	1	
	1	40	2	3	4	4	2	
	3	-18	4	4	4	4	4	2
		5	4	4	4	4	4	2
		23	2	3	3	4	4	3
		40	6	6	7	6	7	6
	6	5	6	6	5	5	5	5
		23	6	6	5	5	6	6
		40	7	7	7	7	7	7
	9	5	6	6	5	5	7	7
		23	6	6	6	6	7	7
	12	-18	6	6	6	6	7	7
		5	6	6	6	6	7	7
		23	6	6	6	6	7	7
		40	7	7	7	7	7	7

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)	
Segeďínský gu- láš	0	-	2	2	-	1	1	
	1	40	3	4	-	5	4	
	3	-18	2	3	3	-	1	1
		5	2	2	2	-	1	1
		23	2	2	2	-	1	1
		40	3	3	3	-	5	4
	6	5	2	2	2	-	1	1
		23	2	2	2	-	1	1
		40	5	3	3	-	6	6
	9	5	2	2	2	-	1	1
		23	2	2	2	-	1	1
	12	-18	2	4	4	-	2	1
		5	2	3	3	-	1	1
		23	2	2	2	-	1	1
		40	6	4	4	-	7	7

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)	
Kuřecí maso	0	-	1	1	4	2	1	
	1	40	3	3	4	6	5	
	3	-18	1	1	1	4	3	2
		5	1	1	1	4	3	2
		23	1	1	1	4	4	3
		40	3	3	3	5	6	5
	6	5	1	1	1	4	4	4
		23	1	1	1	4	4	4
		40	3	3	3	5	6	6
	9	5	1	1	1	4	4	4
		23	1	1	1	4	5	5
	12	-18	1	1	1	4	4	4
		5	1	1	1	4	4	4
		23	1	1	1	4	5	5
		40	4	4	4	6	7	7



Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)
Paštika	0	-	3	3	3	3	1
	1	40	4	3	3	3	1
	3	-18	4	3	3	3	1
		5	4	3	3	3	1
		23	4	3	3	3	1
		40	4	3	3	4	2
	6	5	4	3	3	3	1
		23	4	3	3	3	1
		40	4	5	3	4	2
	9	5	4	3	3	3	1
		23	4	3	3	3	1
	12	-18	4	3	3	4	1
		5	4	3	3	3	1
		23	4	3	3	3	1
		40	5	6	2	6	4

Potravina	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování ( °C)	Vzhled	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně (flavour)	Cizí chuť a vůně (off-flavour)	
Tuňák	0	-	2	2	4	2	1	
	1	40	3	3	4	3	2	
	3	-18	2	3	3	4	2	1
		5	2	2	2	4	2	1
		23	2	2	2	4	2	1
		40	3	3	3	4	3	2
	6	5	2	2	2	4	2	1
		23	4	4	2	4	3	2
		40	5	5	3	4	4	3
	9	5	3	2	2	4	3	2
		23	4	4	2	4	3	3
	12	-18	2	2	2	3	2	1
		5	3	3	2	4	3	2
		23	4	4	2	4	3	3
		40	5	5	4	4	6	6

## 5.9 Senzorická analýza

Výsledky sensorické analýzy bramborové kaše jsou uvedeny v tabulce 6. Během skladování bramborové kaše došlo k zhoršení vzhledu jen při skladování při teplotě 40 °C po dobu jednoho roku. Změna konzistence se projevila až po 6. měsíci skladování. U vzorků docházelo k postupnému houstnutí v průběhu skladování, tato vlastnost souvisela s nárůstem sušiny ve vzorku a dala by se odstranit úpravou zvýšením množstvím přidané vody. Čím vyšší byla skladovací teplota, tím vyšší byla hustota vzorku. Nejlepší chuť a vůně bramborové kaše byla při skladování v -18 °C. Vzorky skladované při 40 °C byly nepoživatelné již po překročení 3. měsíce. Cizí vůně a chutě se vyskytovaly při vyšších skladovacích teplotách. Celkově s délkou skladování a s vyšší skladovací teplotou byly vzorky bramborové kaše hůře sensoricky hodnoceny. Po roce skladování prošly sensorickou analýzou bez výrazných změn vzorky skladované v mrazáku a lednici.

Hodnocené vlastnosti gulášové polévky se zhoršovaly s délkou skladování i s výškou skladovací teploty. Po 3. měsíci skladování v termostatu byl vzorek nepoživatelný. V pozdějších měsících se u vzorku vyskytla pachut' (hořkost) a tvořily se hrudky. Po jednom roce skladování došlo ke změně chutě a vůně ve všech teplotách, nejméně o 2 stupně.

Během skladování balkánského sýru došlo k výrazným sensorickým změnám. Chuť a vůně byla hodnocena jen do doby skladování 3 měsíců, protože vzorky skladované delší dobu byly shledány nepoživatelnými. Vzorky, které byly skladovány v termostatu, byly nepříjemné už po jednom měsíci. Během skladování docházelo k hnědnutí vzorku, toto zbarvení lze přisoudit Maillardovým reakcím, které jsou podporovány délkou skladování a vysokou teplotou. Během skladování vzorek také ztratil velké množství vody, což vedlo k zvyšování tuhosti, které vyplývá i z analýzy texturního profilu.

Na sensorické vlastnosti předpečených baget měla větší význam doba skladování než použitá skladovací teplota. Vzorek skladovaný déle jak 3 měsíce byl téměř nepoživatelný. Úbytek vody ze vzorku způsobil zvýšení tuhosti a toto tvrzení podporuje i analýza texturního profilu. Předpečené bagety nebyly ze sensorického hlediska vůbec vhodné k delšímu skladování. Při skladování baget došlo k porušení pevnosti obalu. Bagety skladované v -18 °C a 5 °C vlhly. U baget, které byly skladované v 23 °C a 40 °C docházelo k úniku modifikované atmosféry z balení.

K výrazným sensorickým změnám docházelo u segedínského guláše jen při skladování při 40 °C. U ostatních skladovacích teplot nedocházelo k výrazným změnám. Vzorek se stal nepoživatelným po uplynutí více jak 6 měsíců při 40 °C. Segedínský guláš by se dal ohodnotit jako sensoricky velice stabilní.

Vzhled, konzistence a tuhost kuřecího masa se během skladování měnila jen při 40 °C, u ostatních skladovacích teplot nedocházelo k změnám těchto vlastností. Chuť a vůně se postupně zhoršovala s délkou skladování a se zvyšující se skladovací teplotou. Spolu se zhoršující se chutí a vůní se vyvíjela i neidentifikovaná cizí chuť a vůně.

K prvním výrazným změnám u všech analyzovaných vlastností paštiky došlo až po uplynutí jednoho roku při 40 °C. Během skladování paštiky nedošlo k tomu, že by vzorek byl nepoživatelný. Paštika byla celkově velice sensoricky stabilní. U analýzy texturního profilu byla zjištěna snižující se tvrdost, kterou hodnotitelé poznali až po 1 roce skladování. Z těchto výsledků jde vidět jak je sensorická analýza subjektivní oproti analýze texturního profilu.

Při skladování tuňáka měla větší význam skladovací teplota než délka skladování. Vzhled a konzistence se postupně zhoršovaly. Tuhost se jako jediný parametr prokazatelně neměnila. Nejhůře dopadl vzorek po jednom roce při skladovací teplotě 40 °C. Za těchto podmínek se výrazně zhoršila chuť a vůně a došlo k vzniku cizích chutí a aromat. Bylo zde zjištěno také poškození vnitřní části konzervy. Během ročního skladování tuňáku sledované vlastnosti nedosáhly nepoživatelných hodnot.

## ZÁVĚR

Vývoj chemických, mikrobiologických, sensorických a texturních vlastností trvanlivých potravin, které byly vystaveny čtyřem různým teplotám, byl hodnocen po dobu jednoletého skladování.

Změny pH během ročního skladování nebyly nijak výrazné. U většiny potravin docházelo k mírnému poklesu, který se více projevoval při vyšší skladovací teplotě. Obsah sušiny se během skladování potravin zvyšoval, u potravin skladovaných v termostatu docházelo k vyšším ztrátám vody. K největším změnám docházelo u balkánského sýru a předpečených baget, které se vysokou ztrátou vody staly nekonsumovatelnými. Obsah tuku a bílkovin se u většiny skladovaných potravin nijak významně neměnil.

Mikrobiologická analýza prokázala, že žádná ze skladovaných potravin neobsahuje kolidiformní mikroorganismy. U balkánského sýru byly zaznamenány kvasinky a plísně ( $10^2 - 10^4$  KTJ.g<sup>-1</sup>). Bramborová kaše a gulášová polévka obsahovaly nejvíce mikroorganismů a jejich spory ( $10^5$  KTJ.g<sup>-1</sup>). Sporuláty obsahoval i segedínský guláš.

Výsledky texturní profilové analýzy ukázaly, že rostoucí teplota i délka skladování zapříčinily zvýšení tvrdosti balkánského sýra, bagety a kuřecího masa. V případě paštiky se tvrdost s rostoucí teplotou snižovala. Soudržnost vzorků se během skladování výrazněji neměnila. Relativní lepivost byla s výjimkou paštiky u všech vzorků zanedbatelná.

Senzorická analýza prokázala, že po ročním skladování bramborové kaše, kuřecího masa, předpečených baget a balkánského sýru dochází k nepříjemným sensorickým změnám bez ohledu na skladovací teplotu. Gulášová polévka, segedínský guláš, paštika a tuňák byly sensoricky ohodnoceny jako vyhovující při skladování v mrazáku, lednici a ve skladu.

Po provedení a zhodnocení všech analýz se nejvíce stabilními potravinami jeví tuňák a paštika. Oba vzorky prošly sensorickou a mikrobiologickou analýzou bez velkých změn. Ani chemická analýza neprokázala vysoký vývin degradačních produktů. Tato stabilita se dá přisoudit typu obalu a provedené sterilaci. Tyto potraviny by mohly být použity jako krizové dávky potravin pro civilní obyvatelstvo a složky integrovaného záchranného systému. Při skladování v laboratorní teplotě (23 °C) by pravděpodobně mohly vydržet bez dalších sensorických a mikrobiologických změn delší dobu. Pro další výzkum lze doporučit potraviny podobného typu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] FIALA, Miloš a Josef VILÁŠEK. *Vybrané kapitoly z ochrany obyvatelstva*. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1856-2.
- [2] BLAŽEK, Vladimír. *Ochrana obyvatelstva I*. Bratislava, 2015. ISBN 978-80-8054-621-2.
- [3] Zákon 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), v platném znění
- [4] Zákon 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění
- [5] BUŇKA, F, V NOVÁK, L LUKÁŠKOVÁ a J HRABĚ. *Krizový management: Návrh stravních dávek určených pro krizové situace*. Brno: Vojenská akademie, 2002. ISBN 80-859-6046-X.
- [6] Zákon 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů
- [7] *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. Praha: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2017 [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/integrovaný-zachranný-system.aspx>
- [8] Zákon 97/1993 Sb., o působnosti Správy státních hmotných rezerv, v platném znění
- [9] Standardization agreement (STANAG) 2937 – Requirements of individual operational rations for military use. Edice 4. Brusel: NATO, 2013
- [10] *Mezinárodní konference Konzervářensko-potravinářské dny ...: sborník přednášek*. Praha: NOACK ČR, 1992. ISBN 80-238-9784-5.
- [11] MAREŠ, Miroslav, Jaroslav REKTORČÍK a Jan ŠELEŠOVSKÝ. *Krizový management: případové bezpečnostní studie*. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-92-7.
- [12] *Souhrnná zpráva Ministerstva vnitra o postupu řešení mimořádné události v muničním areálu Vrbětice*. In: . Ministerstvo vnitra, ročník 2014.
- [13] *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. Praha [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz>

- [14] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902-3913-7.
- [15] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM (eds.). *Food and beverage stability and shelf life*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2011. ISBN 978-1-84569-701-3
- [16] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM (eds.). *The stability and shelf-life of food*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2000. ISBN 1-85573-500-8
- [17] SUBRAMANIAM, P. *The stability and shelf-life of food*. ISBN 978-0-08-100435-7.
- [18] deMAN, John M. *Principles of food chemistry*. 3. vyd. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. ISBN 0-8342-1234-X
- [19] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902-3915-3.
- [20] ZULJAN, F.A., P. MORTERA a S.H. ALARCÓN. Lactic acid bacteria decarboxylation reactions in cheese. *International Dairy Journal*. 2016, (62), 53-62. ISSN 0958-6946.
- [21] SINGH, Harjinder, Mike BOLAND a Abby. THOMPSON. *Milk proteins: from expression to food*. 2nd edition. Amsterdam: Academic Press, 2014. Food
- [22] NURSTEN, H. E. *The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. ISBN 978-0-85404-964-6.
- [23] COULTATE, Tom P. *Food The chemistry of its components*. 5. vyd. Cambridge: RSC Publishing, 2009. ISBN 978-0-85404-111-4
- [24] BUBELOVÁ, Z., TREMLOVÁ, B., BUŇKOVÁ, L., POSPIECH, M., VÍTOVÁ, E., BUŇKA, F. 2015. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, no. 8, p. 4985-4993.
- [25] BRIERLEY, E.R, P.L.R. BONNER a A. COBB. Factors influencing the amino acid content of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers during prolonged storage. *J. Sci. Food Agric*. 1996.
- [26] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902-3914-5.

- [27] VORLOVÁ, Lenka. *Chemie potravin a chemické laboratorní metody: praktická cvičení* [online]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014 [cit. 2017-02-01]. ISBN 978-80-7305-688-9. Dostupné z: <http://www.vfu.cz/inovace-bc-a-navmgr/realizovane-klicove-aktivity/skripta/lis-2013-2014/chemie-potravin-a-chemicke-laboratorni-metody---prakticka-cviceni.pdf>
- [28] KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. *Analýza potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [29] BUŇKA, František. *Vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů určených pro krizové situace*. Vyškov, 2004. Disertační práce. Vysoká vojenská škola pozemního vojska. Vedoucí práce Prof. Ing. Ignác HOZA, CSc., doc. Ing. Jan HRABĚ, Ph.D.
- [30] DAVÍDEK, Jiří a Jan VELÍŠEK. *Analýza potravin*. 1. Praha: VŠCHT Praha, 1988.
- [31] WEISEROVÁ, E., DOUDOVÁ, L., GALIOVÁ, L., ŽÁK, L., MICHÁLEK, J., JANIŠ, R., BUŇKA, F. 2011. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal*, vol. 21, no. 12, p. 979-986.
- [32] *Web2.mendelu.cz* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_sklad/habilitacni\\_prednasky/habilitacni\\_prednaska\\_nedomova.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/habilitacni_prednasky/habilitacni_prednaska_nedomova.pdf)
- [33] WEISEROVÁ, Eva. Vliv složení binárních a texturních směsí fosforečnanových tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýrů. Zlín, 2012. Dizertační práce.
- [34] BUŇKA, František, Jan HRABĚ a Bohumír VOSPĚL. *Senzorická analýza potravin I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. ISBN 978-80-7318-628-9.
- [35] POKORNÝ, Jan. *Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti*. Vyd. 2. dopl. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. ISBN 80-851-2060-7.
- [36] HARRIGAN, W. F. 1998. *Laboratory Methods in Food Microbiology*. 3rd ed. London, UK : Academic Press. 568 p. ISBN-13: 978-0123260437.
- [37] ISO 4832:2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique.



- [38] ISO 4833-1:2013. Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique.
- [39] ISO 6611:2004. Milk and milk products – Enumeration of colony-forming units of yeasts and/or moulds – Colony-count technique at 25 degrees C.
- [40] PIZZOFERRATO, L., MANZI, P., VIVANTI, V., NICOLETTI, I., CORRADINI, C., COGLIANDRO, E. 1998. Maillard reaction in milk-based foods: nutritional consequences. *Journal of Food Protection*, vol. 61, no. 2, p. 235-239. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-61.2.235>
- [41] KRISTENSEN, D., HANSEN, E., ARNDAL, A., APPELGREN TRINDERUP, R., SKIBSTED, L. H. 2001. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal*, vol. 11, no. 1, p. 837-843. [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4)
- [42] RASHIDI, A., HADINEZHAD, M., RAJABZADEH, N., YARMAND, M. S., NEMATI, S. 2016. Frozen baguette bread dough II. Textural and sensory characteristics of baked product. *Journal of Cereal Science*, vol. 70, p. 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.019>

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Analyzované vzorky potravin.....	31
Tabulka 2 <i>Výsledky stanovení pH, obsahu sušiny a obsahu tuku</i> .....	38
Tabulka 4 <i>Výsledky mikrobiologické analýzy</i> .....	43
Tabulka 5 <i>Výsledky texturní profilové analýzy</i> .....	48
Tabulka 6 <i>Výsledky sensorické analýzy</i> .....	51

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Zátěžová křivka (graf závislosti síly na čase) [33].....	37
--	----

