



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
**Fakulta technologická**

Disertační práce

**Vývoj obsahu vybraných biologicky aktivních látek  
v potravinách v průběhu skladování**

**Development of the content of selected biologically active  
substances in food during storage**

Autor: **Ing. Tomáš Šopík**

Studijní program: P2901 Chemie a technologie potravin

Studijní obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: prof. Ing. František Buňka, Ph.D.

Zlín, duben 2022

*Klíčová slova: potraviny s dlouhou trvanlivostí; dlouhodobé skladování; změny kvality; stravování v krizových situacích; bojové dávky potravin*

*Key words: long shelf-life foods; long-term storage; quality changes; boarding in crisis situation; combat rations*

Práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

V případě publikace výsledků, budu uveden jako spoluautor s mentálním podílem minimálně 30 %, neuvedu-li písemně jinak.

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl vyjádřit své nejhlubší poděkování mému školiteli, prof. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za odborné vedení, jeho nápady, cenné rady a připomínky. Mé díky patří i kolegům, kteří se podíleli na některých analýzách.

Rád bych také poděkoval prof. Paulu McSweeneymu za to, že mi umožnil strávit výzkumný pobyt v Irsku na University College Cork, za jeho laskavé rady, odborný přístup a cenné komentáře k mému výzkumnému tématu. Tento pobyt by nemohl být uskutečněn bez finanční podpory poskytované Technologickou fakultou Univerzity Tomáše Bati.

Dále bych chtěl poděkovat zejména svému kolegovi a kamarádovi Ing. Janu Salačovi za to, že mi byl společníkem během těch dlouhých let strávených na univerzitě.

V neposlední řadě bych rád poděkoval za podporu své rodině, zejména svému bratrovi a sestře. Z celého mého srdce patří obrovské díky mé manželce, bez Tebe bych to nedokázal.

Tato práce vznikla za podpory interních grantů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (IGA/FT/2016/003, IGA/FT/2017/004, IGA/FT/2018/003, IGA/FT/2019/006).

### **Motto:**

„Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic.“

Sir Arthur Charles Clarke

## ABSTRAKT

Předložená disertační práce se zabývá problematikou jakostních změn trvanlivých potravin při dlouholetých skladovacích pokusech. Cílem bylo prostudovat vliv čtyř rozdílných skladovacích teplot ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), simulujících arktické, mírné a tropické teploty na mikrobiologické, chemické, sensorické a fyzikální změny skladovaných potravin v průběhu experimentu. Potraviny, které byly v této disertační práci analyzovány, jsou běžně dostupné v síti různých obchodních řetězců. Pro analýzy byly použity metody chemické (hodnota pH, obsah: sušiny, amoniaku, sekundárních oxidačních produktů, sacharidů, aminokyselin, hrubé bílkoviny a tuků), mikrobiologické (kultivační metody), texturní, reologické a sensorické (hodnocení pomocí stupnice). Z výsledků je zřejmé, že délka skladování společně se zvyšující se teplotou významně ovlivnila sledované znaky v důsledku degradačních změn látek v potravinách ( $P < 0,05$ ). V průběhu skladování proto docházelo k signifikantnímu poklesu hodnot pH ve vzorcích potravin ( $P < 0,05$ ). Stejně tak docházelo u většiny vzorků k navýšení obsahu sušiny, amoniaku a thiobarbiturového čísla (vyjadřující stupeň oxidace lipidů) ( $P < 0,05$ ). Navíc u některých vzorků se degradační změny nepříznivě projevíly na organoleptické kvalitě, zejména na barvě, chuti a intenzitě pachutí ( $P < 0,05$ ). Z těchto důvodů došlo u vzorků skladovaných při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  k výrazným nežádoucím změnám ( $P < 0,05$ ). Na základě získaných výsledků lze jednoznačně konstatovat, že tato teplota se pro skladování ukázala jako zcela nevhodná. V případě, že není vyhnutí, je vhodné dobu minimalizovat. Naopak nejlépe byly hodnoceny vzorky skladované při teplotě  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kdy bylo pozorováno minimální zhoršení sledovaných znaků. Dále výsledky analýz vzorků skladovaných při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  byly rovněž uspokojivé.

## SUMMARY

This doctoral thesis deals with the issue of quality changes of durable foods during long-term storage experiments. The aim of the work was to study the effect of four different storage temperatures (-18°C, 6°C, 23°C and 40°C), simulating Arctic, mild and tropical temperatures on microbiological, chemical, sensory, physical changes of stored foods during the experiment. The foods that have been analyzed in this doctoral thesis are commonly available through a network of different retailers. Chemical (pH value, content of: dry matter, ammonia, secondary oxidation products, carbohydrates, amino acids, crude protein and fats), microbiological (cultivation methods), textural, rheological and sensory methods (scoring) were used for the analyzes. From the results the length of storage together with the increasing temperature significantly influenced the observed characteristics due to degradation changes of substances in foodstuffs ( $P < 0,05$ ). Therefore, during the storage, there was a significant decrease in pH values in food samples ( $P < 0,05$ ). Likewise, most of the samples showed an increase in the dry matter, ammonia and thiobarbituric values (expressing the degree of lipid oxidation) ( $P < 0,05$ ). Moreover, in some samples, the degradation changes adversely affected the organoleptic quality, the color, taste and off-flavor ( $P < 0,05$ ). For these reasons, significant undesirable changes have occurred in samples stored at 40°C ( $P < 0,05$ ) and it can be unequivocally stated that this temperature has proved completely unsuitable for storage. If there is no avoidance, it is advisable to minimize the time. Conversely, samples stored at 6°C were best evaluated, with minimal worsening of observed parameters. Furthermore, the analysis results of samples stored at -18°C and 23°C were also satisfactory.

## OBSAH

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	8
1.1 Charakteristika krizové situace .....	10
1.1.1 Druhy krizových stavů.....	10
1.1.2 Krizové stavy v České republice .....	11
1.2 Zabezpečení stravování obyvatelstva ČR v krizových situacích.....	12
1.3 Trvanlivé potraviny .....	13
1.3.1 Principy úchovy potravin.....	14
1.4 Konzervační principy .....	15
1.4.1 Přímá inaktivace mikroorganismů – abióza .....	15
1.4.2 Nepřímá inaktivace mikroorganismů – anabióza.....	16
1.4.3 Méně tradiční metody netepelného ošetření potravin .....	19
1.4.4 Změny aminokyselin, bílkovin a peptidů .....	21
1.4.5 Změny sacharidů.....	23
1.4.6 Změny lipidů.....	27
2. CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE.....	30
3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ .....	31
3.1 Charakteristika skladovacího pokusu a analyzovaných potravin.....	31
3.2 Zvolené metody analýz .....	35
3.2.1 Stanovení hodnoty pH .....	35
3.2.2 Stanovení obsahu sušiny.....	35
3.2.3 Stanovení obsahu amoniaku .....	35
3.2.4 Stanovení obsahu sekundárních oxidačních produktů .....	36
3.2.5 Stanovení obsahu sacharidů.....	37
3.2.6 Stanovení obsahu celkových aminokyselin.....	37
3.2.7 Stanovení obsahu bílkovin.....	38
3.2.8 Stanovení obsahu tuků.....	39
3.2.9 Senzorické hodnocení.....	39
3.2.10 Reologická analýza .....	40

3.2.11	Analýza texturního profilu .....	41
3.2.12	Mikrobiologická analýza.....	41
3.3	Statistické vyhodnocení výsledků .....	41
4.	HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE.....	42
4.1	Skladovací pokus I .....	42
4.1.1	Výsledky mikrobiologického rozboru .....	42
4.1.2	Výsledky chemické analýzy.....	43
4.1.3	Výsledky analýzy obsahu celkových aminokyselin .....	48
4.1.4	Analýza texturního profilu .....	52
4.1.5	Senzorické hodnocení .....	54
4.2	Skladovací pokus II .....	57
4.2.1	Výsledky mikrobiologického rozboru .....	57
4.2.2	Základní chemická analýza .....	58
4.2.1	Výsledky analýzy obsahu celkových aminokyselin .....	64
4.2.2	Reologická analýza .....	66
4.2.3	Stanovení obsahu sacharidů .....	69
4.2.4	Senzorické hodnocení .....	71
4.3	Diskuse .....	76
5.	PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI .....	81
6.	ZÁVĚR .....	82
	Seznam použité literatury.....	83
	Seznam tabulek a obrázků.....	97
	Seznam použitých symbolů a zkratek.....	99
	Curriculum vitae.....	100
	Seznam publikací .....	102
	Seznam příloh.....	104

# 1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

S nástupem moderní éry je lidská společnost stále častěji vystavována následkům událostí, které v dnešní době přicházejí většinou neočekávaně a mohou ohrožovat životy a zdraví obyvatel nebo způsobovat velké škody na majetku a životním prostředí. Obecně se tedy těmito situacemi rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných jak lidmi, tak i přírodou.

V případě vzniku neočekávané události (např. povodně, zemětřesení, požáry, válka, nemoci) mohou příslušné orgány vyhlásit mimořádný stav. V těchto krizových situacích je nutné zajistit potravu obyvatelstvu a členům jednotek záchranného systému. Situace by ovšem mohla být tak specifická a kritická, že mrazicí a chladicí řetězce pracující za normálních podmínek nejsou k dispozici (Bubelová *et al.*, 2015; Kadidlová *et al.*, 2010). Mnoho evropských anebo jiných zemí dále podporuje humanitární anebo vojenské mise v různých klimatických zónách (od arktických k tropickým) a to i na značnou vzdálenost, kde se potraviny přepravují zejména prostřednictvím lodí (Foltin *et al.*, 2018; Tulach & Foltin, 2019). Tato přeprava může být realizována také skrze více klimatických zón a může trvat týdny, přičemž obecně by mělo být použito mikrobiologicky stabilních potravin. Během zmíněné přepravy a následného skladování v oblastech humanitárních anebo vojenských misí může ovšem docházet v průběhu skladování k navýšení teploty nad  $\approx 25$  °C. Jmenovaná teplota se považuje za okolní teplotu pro naši klimatickou zónu, pod kterou by mohlo být uloženo mnoho potravin s dlouhou skladovatelností a pro které výrobci deklarují nevýznamné změny během skladování, které by mohlo trvat až 3 roky (např. konzervy). Při dlouhodobém skladování (obvykle nad 25 °C) neexistují prakticky žádné informace o možných změnách kvality ani v literatuře, ani od výrobců.

Aby bylo možné získat důležité chemické, nutriční a fyzikální údaje v různých vybraných potravinách, měly by být jakostní parametry optimálně sledovány během víceletého skladování za různých teplot. Takto navržené studie, ovšem vyžadují velké finanční náklady na materiál, a navíc značnou časovou vyčerpávanost personálu. Proto se podobné studie příliš neprovádí, a naopak se většina pozornosti věnuje urychleným simulacím prováděných při zvýšených teplotách během několika dnů až týdnů. Další variantou jsou kratší experimenty (Custódio *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2003). Lze se domnívat, že tyto simulace, které urychlují experimenty, mohou však zatřít určité sledované změny.

Z provedené dostupné rešerše bylo zjištěno, že většina skladovacích experimentů je prováděno s masem skladovaným při mrazírenských podmínkách. Fan *et al.*, (2009) zkoumal prodloužení skladovatelnosti tolstolobika bílého ošetřeného polysacharidem (2% roztoku chitosanu), z důvodu poměrně rychlého kažení rybího masa obecně. Výsledky mikrobiologických, chemických a sensorických analýz z následného skladování po 30 dnů při -3 °C naznačují, že toto ošetření mělo vliv na lepší kvalitu a prodloužilo skladovatelnost rybího masa. Custódio *et al.*, (2018) se věnoval studiu kvalitě mraženého a chlazeného veprového masa. Během skladování při chladírenských teplotách (5 °C) došlo u



masa k významnému zvýšení hodnot pH, obsahu celkové těkavé dusíkaté báze a nárůstu mezofilních a psychotropních bakterií. Autor dále sledoval vývoj obsahu biogenních aminů, z nichž dosáhl histamin v 16. den skladování koncentrací schopných vyvolat nepříznivé účinky na zdravé jedince. Z těchto důvodů autor doporučil použitelnou skladovatelnost 8 dní při 5 °C. Naproti tomu v mrazírenských podmínkách (-18 °C) nedošlo po dobu 180 dnů k výrazným změnám v hodnotě pH. Avšak došlo ke snížení hodnoty obsahu celkové těkavé dusíkaté báze a navýšení hodnot thiobarbiturového čísla. Vzhledem k tvorbě sekundárních oxidačních produktů, doporučil autor dobu skladovatelnosti kratší, a to pouze 90 dnů, jelikož spotřebitelé jsou schopni detekovat žluknutí v koncentracích nad 0,5 mg malonaldehydu/kg.

Často jsou studovány vlivy doby skladování a teploty na typy pokrmů „meal ready to eat“. Například lze jmenovat studii Rodríguez *et al.*, (2003) zaměřenou na skladování hotových pokrmů černých fazolí, rýže a burrita. S prodlužující se dobou skladování bylo dokázáno, že dochází k tmavnutí a vysychání burrita při teplotě 37,8 °C. Naopak teplota 4,4 °C neměla signifikantní vliv na organoleptické vlastnosti po dobu skladování. Ačkoliv samotná skladovatelnost tohoto pokrmu přesáhla šest měsíců při 4,4 °C, při 37,8 °C byla omezena na méně než tři měsíce. Wang *et al.*, (2018) ve své práci studoval efekt aplikace extraktu z hroznových semen na kouřem ošetřené vzorky slaniny. Výsledky hodnot thiobarbiturového čísla prokázaly významnou inhibici oxidace lipidů až o 70 % u vzorků po aplikaci extraktu v porovnání s kontrolními vzorky. Navíc aplikace extraktu přispěla k redukci biogenní aminů, zejména histaminu, tyraminu, kadaverinu a putrescinu. Data z této práce byla získávána po dobu dvou měsíců. Z dlouhodobějších experimentů lze zmínit práci Kince *et al.*, (2017) zabývající se dobou udržitelnosti snídaňových cereálií s naklíčenými obilnými vločkami. Výsledky odhalily, že vhodnou kombinací obilnin s naklíčenými vločkami lze dosáhnout skladovatelnosti až na dobu dvanácti měsíců při teplotě 23 °C. Alonso *et al.*, (2016) studoval ve své práci změny fyzikálně-chemických vlastností a složení mastných kyselin zmraženého vepřového masa. Výsledky dvouletého skladování ukazují na významně pozměněné jakostní parametry hodnot pH, obsahu vody, procenta metmyoglobinu, oxymyoglobinu a změn v barvě masa.

Z výše uvedeného stručného výčtu publikací lze navíc jednoznačně usoudit, že většina autorů se ve svých studiích zaměřila na kratší experimenty, a navíc byla pozornost věnována pouze úzkému spektru potravin. Obecně platí, že zmíněné změny v průběhu skladování by měly být považovány za hlavní faktory při výběru potravin pro dlouhodobé skladování. Přitom právě tato data o potravinách z dlouhodobých experimentů je možné využít při výběru vhodných potravin pro zabezpečení stravování obyvatelstva v krizových stavech, a také je případně zařadit do bojových dávek potravin.

Některé další informace, například podrobnosti a požadavky na nutriční hodnoty a obaly, lze nalézt např. v dokumentu NATO standardizačních dohod STANAG 2937. Minimální trvanlivost potravin používaných v bojových dávkách

(BDP) několika armád v NATO je dána zmíněným dokumentem na nejméně 24 měsíců. Během krize však mohou být tyto balíčky přepravovány k lidem v nouzi a zůstávají tak i při teplotách od -20 °C do 40 °C. Česká republika leží ve střední Evropě, proto jsou BDP vhodné pro mírné klimatické pásmo. Z tohoto důvodu je možné zaručit 24měsíční skladovatelnost při teplotách od 0 °C do 26 °C a relativní vlhkosti až 70 %. Při analýze změn jakosti potravin určených pro krizové stavy by se ale měly brát v úvahu nejen okolní (středoevropské), ale i arktické a zvýšené teplotní podmínky (Bubelová *et al.*, 2017).

## **1.1 Charakteristika krizové situace**

Krizová situace je mimořádná událost, jež je podle zákona o integrovaném záchranném systému definována jako škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činnostmi člověka, přírodními vlivy, ale také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací (Zákon č. 239/2000 Sb.).

Přípravou na krizové situace a jejich řešením se zabývají orgány krizového řízení, jež jsou zaměřeny na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v této souvislosti. Mezi orgány krizového řízení patří vláda, ministerstva a jiné ústřední správní úřady, Česká národní banka, orgány kraje a další orgány s působností na území kraje, orgány obce a orgány obce s rozšířenou působností. Koordináčním orgánem v přípravě na krizové stavy je podle zákona č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení ministerstvo vnitra.

K řešení krizových situací a provádění záchranných a likvidačních prací je v ČR použit integrovaný záchranný systém (IZS). Základní složky tohoto systému tvoří: Hasičský záchranný sbor ČR, jednotky požární ochrany, Policie České republiky a Zdravotnická záchranná služba. Ostatní složky IZS mohou na vyžádání poskytovat pomoc při záchranných a likvidačních pracích, jako je např. Armáda ČR, správní úřady anebo fyzické osoby (Zákon č. 239/2000 Sb.).

### **1.1.1 Druhy krizových stavů**

Při mimořádné události vznikající na území České republiky je možno vyhlásit stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu anebo válečný stav (Zákon č. 240/2000 Sb.). Jejich popis je uveden níže.

Stav nebezpečí je mimořádná situace, která nedosahuje intenzity ohrožení značného rozsahu, a není možné odvrátit toto ohrožení běžnou činností správních úřadů a složek IZS. Těmito situacemi se rozumí např. živelní pohromy, ekologické nebo průmyslové havárie, nehody nebo jiné nebezpečí ohrožení životů, zdraví, majetku anebo životního prostředí. Stav nebezpečí může být vyhlášen hejtmanem kraje, v Praze primátorem hlavního města. Stav nebezpečí lze vyhlásit na dobu nejvýše 30 dnů a tuto dobu může hejtman prodloužit jen se souhlasem vlády.

Nouzový stav je situace, která ve značném rozsahu ohrožuje životy, zdraví, majetkové hodnoty anebo vnitřní pořádek a bezpečnost. Jedná se o živelní pohromy, ekologické nebo průmyslové havárie, nehody nebo jiné druhy nebezpečí. Tento stav je vyhlášen vládou ČR.

Stav ohrožení státu je stav, kdy je bezprostředně ohrožena svrchovanost státu nebo územní celistvost státu anebo jeho demokratické základy. Tento stav může na návrh vlády vyhlásit parlament. K přijetí usnesení o vyhlášení stavu ohrožení státu je třeba souhlasu nadpoloviční většiny všech poslanců a souhlasu nadpoloviční většiny všech senátorů.

Válečný stav je stav vzniklý mezi zneprátelenými stranami vypuknutím ozbrojeného konfliktu, přičemž podmínka vyhlášení války není nutná. V Ústavě ČR je tento pojem definován jako situace, kdy je ČR napadena nebo je-li třeba plnit mezinárodní smluvní závazky o společné obraně proti napadení. Válečný stav vyhláší Parlament České republiky a k jeho vyhlášení je zapotřebí souhlasu nadpoloviční většiny všech poslanců a souhlasu nadpoloviční většiny všech senátorů. V České republice se jedná se o nejvyšší stav z krizových stavů, které mohou orgány České republiky vyhlásit v reakci na mimořádnou událost anebo ohrožení státu (Ústavní zákon č. 1/1993 Sb.; Zákon č. 240/2000 Sb.).

### **1.1.2 Krizové stavy v České republice**

Mimořádné události na území ČR rozlišujeme na:

- naturogenní mimořádné události (lokální anebo celosvětový charakter)
  - abiotické mimořádné události,
  - biotické mimořádné události,
  - kosmogenní mimořádné události,
- antropogenní mimořádné události (způsobené úmyslně anebo neúmyslně, mající vojenský anebo nevojenský charakter)
  - technogenní mimořádné události,
  - sociogenní mimořádné události,
  - ekonomické mimořádné události,
- mimořádné události způsobené smíšenými příčinami.

V období od roku 2002 až 2019 bylo v ČR vyhlášeno celkem 13 stavů nebezpečí a 5 nouzových stavů. Minoritní podíl na všech krizových stavech mají antropogenní a technogenní události v roce 2006 a 2016 (nelegální sklad chemikálií a nebezpečných látek). Z naturogenních abiotických událostí lze pak jmenovat sesuvy půdy a skalního masivu, odstraňování následků živelní pohromy a orkán Kyrill (2007). Nejčastějšími krizovými stavy na území ČR jsou povodně (2002, 2006, 2010 a 2013). Ve Zlínském kraji byl v roce 2017 vyhlášen stav nebezpečí kvůli africkému moru prasat. 12. března 2020 byl na celém území ČR vyhlášen nouzový stav v souvislosti se šířením onemocnění COVID-19. Vláda ČR přijala veškeré možné opatření k potlačení šíření respiračního onemocnění včetně zákazu shlukování osob, uzavření určitých provozoven a škol, zákazu

vycestování z ČR do zahraničí českým občanům a cizincům s trvalým nebo přechodným pobytem a zákazem vstupu všech cizinců na území ČR (Krizové stavy ČR).

Obyvatelstvo, které žije v postižených oblastech, i zasahující záchranné a dobrovolné složky je potřeba zásobovat potravinami v důsledku možného výskytu nenadálých událostí. Česká republika má pro tento účel státní hmotné rezervy. Přičemž, patřičné potravinové rezervy by měla mít pro tyto potřeby každá vyspělá země. Požadavky na tvorbu státních hmotných rezerv vyplývají z krizových plánů a vytváří se v souladu se zákonem č. 97/1993 Sb., o působnosti Správy státních hmotných rezerv a zákonem č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a změně některých souvisejících zákonů. Rezervy jsou tvořeny vybranými základními surovinami, materiály, polotovary a výrobky, jejichž určení zajišťuje obranyschopnost a obranu státu, odstraňování následků krizových situací a ochranu životně důležitých hospodářských zájmů státu. Správa státních hmotných rezerv uvádí, že má zásoby potravin jako je např. mražené maso, máslo, obilí, sušené mléko, masové konzervy, cukr, sýry a další komodity Státní hmotné rezervy ČR, (2009).

Jak již bylo zmíněno, při výjimečných situacích může docházet k výpadkům pravidelných dodávek potravin. Nastane-li taková situace, mohou potravinové rezervy nahradit trvanlivé potraviny, jejichž důležitost je pro využití v těchto situacích žádoucí. Možné uplatnění můžeme najít i v Armádě České republiky, a to jak pro vševojskové využití v misích na území státu, tak i mimo něj.

## **1.2 Zabezpečení stravování obyvatelstva ČR v krizových situacích**

V případě vyhlášení krizového stavu patřičnými orgány je potřeba zabezpečit jak stravování obyvatel, tak i zasahujících složek IZS. V těchto situacích dochází k tomu, že cílové skupiny si nejsou schopny zajistit standardním způsobem stravu. Aby bylo možné odhadnout prostředky k pokrytí potřeb, je potřebné znát přibližnou potřebu jedné osoby na den. Ta se stanovuje tak, aby představovala takový denní přívod živin, který kryje potřebu většiny zdravých příslušníků populace (Družbíková, 2010).

Výživové dávky stanovují energetickou hodnotu pro určitou skupinu obyvatel, jež by měla být denně přijata. V ČR vydává výživové dávky Státní zdravotní ústav (SZU) a vedle základních živin, jako jsou bílkoviny, sacharidy a tuky, jsou zde doporučení pro vybrané minerální látky a vitaminy. Ačkoliv denní energetický příjem se liší podle věku, pohlaví a tělesné zátěže, poměr základních živin se udává takto: bílkoviny ve stravě 0,8–1,0 g/kg tělesné hmotnosti, tj. 13–15 % energetického příjmu, tuky 1 g/kg tělesné hmotnosti, tj. 30–35 % energetického příjmu, sacharidy 55 % denní energetické dávky. Výživové dávky jsou v Armádě ČR uváděny jako tzv. stravní dávky, které se dělí s ohledem na průměrné zatížení vojáků. Jejich energetické složení a výživové hodnoty, jsou uvedeny v příloze č.

1 a č. 2 ve vyhlášce č. 287/2016 Sb. Naplňují se potravinami, jako jsou např. maso, čerstvé mléko, mléčné výrobky, chléb, trvanlivé pečivo, cukrářské výrobky, ovoce, nápoje, ostatní potraviny.

Ocitne-li se voják příslušné armády mimo možnosti zabezpečení teplé stravy, je ve většině armád světa odkázán na tzv. bojovou dávku potravin. Principiálně se jedná o balíček, jež má zajistit stravování příslušníka armády po dobu jednoho dne. Kritéria, která musí potravina splňovat, aby mohla být v balíčku bojových dávek potravin, jsou následující:

- dodržení požadavků STANAG 2937 platné pro všechny členské státy NATO,
- dodržení vyhlášky č. 287/2016 Sb., o rozsahu a způsobu poskytování proviantních a výstrojních náležitostí vojákům v záloze ve službě,
- senzorická vhodnost použitých potravin,
- zdravotní nezávadnost potravin při zachování požadavku na dlouhodobé 24měsíční skladování při teplotách od 0 °C do 26 °C a relativní vlhkosti do 70 %,
- jednoduchá manipulace při přípravě jídel a nápojů,
- vodotěsné balení hotových pokrmů,
- označení v národním jazyce a ve dvou oficiálních jazycích NATO,
- minimální energetická hodnota dávky nesmí klesnout pod 13 400 kJ.
- odolnost proti mechanickému poškození, UV záření a vodě. (STANAG, 2015; Vyhláška č. 287/2016 Sb.)

Poznatky spojeneckých armád poukazují na důležitost správného výběru potravin pro případný ozbrojený konflikt. Z tohoto důvodu je v armádách NATO věnovaná mimořádná pozornost neustálému vývoji dávek potravin. Bojová dávka potravin dle dohody STANAG 2937 zajišťuje dostatečné množství potravin po dobu 24 hodin pro jednu osobu k udržení zdraví, fyzické výkonnosti a kognitivních funkcí. V tomto dokumentu jsou uvedeny zásady pro tvorbu dávek, jež jsou pro všechny členské státy závazné (STANAG, 2015).

### **1.3 Trvanlivé potraviny**

Ve spojení s potravinou, tj. látkou určenou k spotřebě člověkem v nezměněném nebo upraveném stavu, jako je pokrm, soustava pokrmů anebo nápoj, je možné použít termín „trvanlivý“. Konečný spotřebitel pak očekává, že u těchto výrobků nedochází k intenzivním chemickým, fyzikálním anebo mikrobiálním změnám při uchovávání za běžných teplot; tyto je nutno dodržovat, neboť by se pak následně mohly projevit zhoršením senzorických vlastností a zdravotní nezávadnosti. Pojem „datum minimální trvanlivosti“ uvedený na výrobku je spjatý se zmíněným pojmem trvanlivost. Uvádí dobu, po kterou si potravina uchovává své specifické vlastnosti a je zdravotně nezávadná. Potraviny mající výrazně kratší údržnost se nahrazují termínem použitelnosti a označují se „spotřebujte do...“ a je žádoucí přísně dodržet podmínky skladování, zvláště pak teplotní optimum (Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1169/2011). Po

uplynutí data použitelnosti se potravina nepovažuje za bezpečnou v souladu s čl. 14 odst. 2 až 5 nařízení (ES) č. 178/2002.

### 1.3.1 Principy úchovy potravin

Smyslem technologického zpracování a skladování potravinářských surovin a potravin je vytvořit a udržet nutriční a sensorickou hodnotu potraviny. Během celého cyklu zpracování podléhají suroviny a potraviny proměnám, mezi které patří fyziologické, enzymatické, chemické a mikrobiologické změny.

V čerstvé zelenině, ovoci anebo mase po porážce probíhají změny, které navazují na fyziologické procesy v živých rostlinných pletivech před utržením a živočišných tkáních před porážkou. U rostlinných materiálů dochází k poškození chladem (vnitřní měknutí, tmavnutí, vysychání, vodnatění). Další nežádoucí změnou je anaerobní dýchání vyvolané delším setrváním ve vodě při mytí a při skladování nízkou koncentrací kyslíku a vysokou koncentrací oxidu uhličitého. Obecně dochází k poklesu obsahu cukrů, vitamínů a jiných látek. V živočišných tkáních nesprávně probíhají posmrtné změny v mase po porážce v důsledku špatného zacházení se zvířetem před porážkou anebo následně s masem po porážce (Balaščík, 2001; Kadlec *et al.*, 2009; Lehari, 2011).

Enzymatické změny jsou způsobeny reakcemi, které katalyzují přirozené enzymy, případně extracelulární enzymy produkované přítomnou mikroflórou. V živých organizmech podporují enzymy vývoj a růst. Naopak v mrtvých organizmech mají negativní funkci, jelikož napomáhají rozkladným procesům. Většinou se projeví až po rozsáhlejších mechanickém poškození rostlinného pletiva anebo živočišných tkání (Kadlec *et al.*, 2009).

Na chemických změnách se podílejí vzájemné reakce složek potraviny, které ve výsledku mohou vážně poškodit nutriční hodnotu (např. ztrátu cukrů, vitamínů nebo změny obsahu a složení dusíkatých látek) (Kyzlink, 1988). Významnou chemickou změnou jsou Mailardovy reakce (viz kapitola 1.4.5), v jejichž důsledku dochází k změně barvy, chutě a vůně. Ačkoliv jsou tyto změny nežádoucí, v případě pečení potravin a pražení kávy zlepšují výsledné sensorické vlastnosti (Kadlec *et al.*, 2009). Další chemickou reakcí jsou např. oxidační reakce tuků, které znehodnocují potraviny nažluktou chutí a vůní (Ingr, 2007).

Vlastní činnost mikroorganismů může kazit potravinu a tím měnit sensorické vlastnosti, a také může docházet ke ztrátě živin. Navíc mohou nežádoucí mikroorganismy produkovat toxické látky, jelikož potraviny jsou vhodným prostředím pro růst a množení mikroorganismů. Z hlediska možných důsledků pro konzumenta jsou nejvýznamnější změny způsobené rozkladnou činností mikroorganismů. Hodnota pH významně ovlivňuje schopnost růstu mikroorganismů. Podle této hodnoty proto můžeme potraviny rozdělit na technologicky kyselé (pH<4), málo kyselé (pH 4,0-6,5) a nekyselé (pH>6,5). Většinu bakterií vyhovuje pH neutrální nebo mírně alkalické, při hodnotách pH nižších než 4 již spory bakterií neklíčí (Kadlec *et al.*, 2009; Kyzlink, 1988).

## 1.4 Konzervační principy

Přehled metod úchovy potravin je zaměřen a rozdělen z hlediska možných důsledků pro konzumenta na základě změn způsobených rozkladnou činností mikroorganismů. Index mikrobiálního rozkladu potravin (R, vztah 1.1) je přímo závislý na počtu a životaschopnosti mikroorganismů a nepřímo na odolnosti prostředí proti nežádoucím dějům.

$$R = \frac{\text{počet mikroorganismů} \cdot \text{životaschopnost}}{\text{podmínky prostředí}} \quad /1.1/$$

Je-li z výše uvedeného vztahu záměrně minimalizována hodnota čitatele, jedná se o abiotickou metodu konzervace potravin (usmrcování, anebo vylučování mikroorganismů). Další možností je vylučování mikroorganismů z prostředí. V případě maximalizace jmenovatele se jedná o metody anabiotické (zvyšování odolnosti potravinou prodlužováním lag-fáze) (Bhattacharya, 2015; Ingr, 2007; Kadlec *et al.*, 2009).

Vylučováním mikroorganismů z prostředí rozumíme obecné postupy dodržování hygieny, omezování kontaminace produktu, čistotu vody, vzduchu, vedlejších surovin, náradí, pracovních ploch a také čistotu pomocného materiálu. Pro úplné vyloučení mikroorganismů z potravin lze použít technologické postupy jako mikrofiltraci anebo baktofugaci. Tento technologický postup lze použít ale pouze na tekuté potraviny (Kyzlink, 1988).

### 1.4.1 Přímá inaktivace mikroorganismů – abióza

Metody úchovy potravin založených na abióze vedou po ošetření potravin k optimálnímu usmrcení většiny mikroorganismů přítomných v potravine. Běžně se využívá fyzikálních principů nebo chemických látek, přičemž po zákroku zůstávají v produktu zbytky mrtvých mikrobiálních buněk (Ingr, 2007). K fyzikálním zákrokům řadíme sterilaci zvýšenou teplotou, sterilaci krátkovlnným a elektromagnetickým zářením a sterilaci ultrazvukem. V případě tepelného záhřevu za abiotických podmínek dochází k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů, spor bakterií, kvasinek, plísní a virů (včetně bakteriofágů). Tohoto efektu se dosahuje záhřevem na teplotu vyšší než cca 56 °C, jež způsobuje denaturaci bílkovin. Současně jsou inaktivovány i nežádoucí enzymy, které mohou negativně ovlivnit vlastnosti výrobku a mohou být inaktivovány mikrobiální toxiny. Z pohledu zdravotní nezávadnosti je nejsledovanějším mikroorganismem *Clostridium botulinum*, produkující toxin botulotoxin, jenž může způsobit u konzumentů botulismus. Tento toxin je naštěstí tepelně nestabilní. V praxi se nejčastěji setkáváme s tepelnými zákroky pasterace a sterilace. Mezi další patří blanšírování a tyndalace (Kyzlink, 1988).

Pasterace je tepelné ošetření potravin záhřevem s nižším inaktivačním účinkem. Používá se k redukci vegetativních forem mikroorganismů a obvykle není dostatečná pro inaktivaci bakteriálních spor. Naproti tomu sterilace vede k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů a většiny bakteriálních spor (Delgado-Andrade *et al.*, 2010; Ingr, 2007). Další přímou metodou inaktivace je konzervace chemosterilací, tedy využití chemických látek, které usmrcují mikroorganismy (Kadlec *et al.*, 2009).

#### 1.4.2 Nepřímá inaktivace mikroorganismů – anabióza

Anabiotickými metodami úchovy potravin rozumíme takové, které prostřednictvím zhoršení podmínek pro růst mikroorganismů v potravinách nevedou k přímé inaktivaci mikroorganismů, ale k prodloužení tzv. lag fáze.

Lag fáze neboli klidová fáze je první ze čtyř typických fází růstu mikroorganismů při statické kultivaci. Nedochozí k rychlému množení bakterií, např. v důsledku nutnosti metabolického přizpůsobení bakteriální buňky. Následně v exponenciální fázi probíhá intenzivní množení bakterií a populace dosahuje exponenciálního růstu, dokud nedojde k vyčerpání živin. Ve stacionární fázi se postupně zpomaluje rychlost množení buněk a závěrem ve fázi odumírání převyšuje počet odumřelých buněk počet buněk vzniklých (Parker *et al.*, 2016).

Nepřímou inaktivaci mikroorganismů dělíme na fyzikální, chemickou a konzervaci biologickou úpravou. K fyzikálním metodám řadíme odnámání vlhkosti, snižování teploty zchlazováním a zmrazováním, odnámání kyslíku a úpravu skladovací atmosféry (Ingr, 2007).

Konzervací odnámáním vlhkosti (osmoanabiózou) rozumíme konzervační metody založené na snižování aktivity vody v potravině a na zvyšování osmotického tlaku. Obsah vody v potravinách (volná a vázaná) je proměnlivý, obvykle činí 50 až 90 % hmotnosti surovin (rostlinného i živočišného původu), zbytek je sušina (rozpuštěná a nerozpuštěná). Princip spočívá v cíleném snižování obsahu volné vody. Tímto procesem dochází ke zhoršování podmínek buněk pro jejich život, v jejichž důsledku (nedostatek vody) se tlumí jejich metabolické pochody. Buňky se přestávají množit a může docházet k jejich zániku (Ingr, 2007; Štencl, 2015). Výrobky je nutné chránit před zvlhnutím vhodným obalovým materiálem (Kadlec *et al.*, 2009).

Sušení neboli dehydratace je fyzikálně-chemický proces, během kterého se z materiálu odstraňuje voda odpařením. Teplo, potřebné pro odpar vody, je dodávané buď horkým vzduchem, nebo vyhřívaným povrchem. Zvláštním příkladem sušení je sušení sublimační (kryosikace, nebo lyofilizace). Mechanismus sušení spočívá v tendenci vlhké potraviny uvolňovat vodní páru tak, aby se vlhkost okolního prostředí dostala do rovnováhy s vlhkostí potraviny.

Je-li potravina v průběhu sušení ofukována vzduchem o vlhkosti nižší, než je rovnovážná hodnota, má vlhkost záměr difundovat z blízkosti potraviny



do proudu vzduchu a být jím odnášena. Rovněž dochází i k výměně tepla mezi potravinou a vzduchem. Výsledný pokles vlhkosti vzduchu v blízkosti potraviny je kompenzován dalším odpařováním ze sušené potraviny. Opakováním tohoto procesu dochází k sušení potraviny (Burešová & Lorencová, 2013; Kadlec, 2003).

Nejpoužívanějším způsobem sušení v průmyslu je dehydratace ve sprejových sušících věžích, dalším způsobem sušení je válcový způsob. Principem sušení v rozprašovací sušárně je transformace roztoků a suspenzí na suchý prášek v několika krocích. Nejprve je koncentrát desintegrovan na malé kapičky pomocí atomizéru a vstříkován do proudu sušícího média o teplotě 150 °C až 240 °C. Vzniklé kapičky přicházejí do styku s horkým vzduchem a probíhá rychlé vypaření vody z jejich povrchu. Nakonec se usušené částice separují od sušícího média v cyklonu. Při použití válcového sušení je materiál ve formě řídké nebo kašovitě suspenze nanášen v tenkém filmu na stěnu rotujícího válce, který je zevnitř vyhříván parou o teplotě přibližně 150 °C (tlak 0,5 MPa). K odparu vody dochází při kontaktu s vyhříváním rotujícím válcem. Během jedné otáčky dojde k usušení nanesené vrstvy, která je seškrabována mechanickou škrabkou a rozemleta na požadovanou velikost částic (Buňka, 2013).

Instantizace je převedení výrobku do instantního stavu procesem, po němž je usnadněno jeho následné použití (dokonalá rozpustnost, suspendovatelnost, snadná rehydratace). Lze využít dvou způsobů. Při použití jednostupňové instantizace je zařízení napojeno přímo na sprejovou sušárnu, zatímco ve dvoustupňové instantizaci dochází k zvlhčení v aglomerační komoře za použití vzduchu anebo páry. Instantní výrobky mají hrubou konzistenci, poměrně nízkou sypnou hmotnost a vlhkost, a výsledný produkt nepráší (Fellows, 2009).

Uchovávání potravin nízkými teplotami je postup, který zahrnuje rychlé zchlazení, během kterého dochází ke snížení teploty do bodu mrazu za normálního tlaku. Podle skladovacích teplot lze potraviny přibližně rozdělit do tří skupin: -1 °C až +1 °C (syrové ryby a maso); 0 °C až 6 °C (tepelně opracované maso, mléko, syrová těsta) a 0 °C až 8 °C (trvanlivé salámy, tepelně opracovaná masa, máslo, ovoce). Takto uchovávané potraviny si zachovávají mnohé znaky čerstvých potravin (Drdák, 1996; Holec, 1986). Další požadavky na přepravu a skladování jsou uvedeny v příloze III Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004.

Principem konzervace potravin zmrazováním je zpomalení nebo zastavení nežádoucích změn v potravinech anebo výrobku. Faktorem, který při tomto procesu působí proti rozvoji mikroorganismů, je snížení podílu využitelné vody jejím převedením do pevného skupenství. Při technologickém procesu dochází k překonání bodu mrazu a následné tvorbě krystalů ledu. Průběh zmrazování závisí na složení potraviny, tj. obsahu rozpuštěných látek v obsažené vodě, proto bod mrazu není 0 °C. Tento postup, jenž je doprovázen pouze minimálními změnami nutričních a senzorických vlastností, se využívá pro konzervaci např. ovoce, zeleniny, mořských plodů, masa, pečiva, těst a hotových pokrmů (Fellows, 2009). Vzhledem ke skutečnosti, že voda má nižší tepelnou difuzivitu a vodivost

než led, je rozmrazování déletrvajícím procesem než zmrazování. Během tohoto procesu dochází k uvolnění buněčných šťáv a dalších tekutin z ledem porušených tkání nebo pletiv. Tyto ztráty jsou pak příčinou nutričních změn zmrazovaných potravin. Mimo to, buněčné šťávy jsou vhodným prostředím pro nežádoucí enzymatické a zejména mikrobiologické procesy. Stejně jako způsob zmrazování, tak i proces rozmrazování ovlivňuje kvalitu potravin. Proto je žádoucí, aby rozmrazování bylo prováděno co nejpomaleji, aby se minimalizovaly ztráty tekutin a voda z tajícího ledu mohla hydratovat původní struktury, ze kterých byla při zmrazování vymrazena (Kadlec, 2003).

Konzervace chemoanabiózou zahrnuje přidavek chemické látky, která má v malé koncentraci bakteriostatický až bakteriocidní účinek a dá se použít ke konzervaci potravin, viz lag fáze na počátku této kapitoly. Tyto chemické látky mají za účel potlačit rozvoj mikroorganismů, na rozdíl od chemosterilace. Jelikož se většina takových látek běžně v potravinách nevyskytuje a větší koncentrace nebo časté používání by mohlo mít škodlivý účinek na organismus člověka, musí chemické látky splňovat tyto požadavky:

- konzervační účinnost v malé koncentraci,
- v účinné koncentraci zdravotně neškodné,
- neovlivňující organoleptické vlastnosti potravin,
- při zpracování na hotové pokrmy se buď rozkládají na neškodné látky, nebo z prostředí vytěkají.

Z těchto důvodů používání chemických činidel podléhá přísným předpisům, jako je nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. Navíc, v kyselém prostředí se zvyšuje konzervační účinek chemických látek. Toto je dáno tím, že kyselé prostředí potlačuje disociaci molekul a nedisociované molekuly difundují buněčnými stěnami snadněji. Z běžných chemických konzervačních činidel je v České republice povoleno používat oxid siřičitý, kyselinu benzoovou nebo benzoan sodný, estery kyseliny p-hydroxybenzoové, kyselinu sorbovou, diethylester kyseliny diuhličité a složky kouře (Drdák, 1996; Kadlec *et al.*, 2009).

Konzervace biologickou úpravou (cenoanabióza) využívá určitých druhů mikroorganismů k vzniku chemického konzervačního činidla nebo směsi procesem mléčného (konzervace zeleniny) nebo alkoholového kvašení (výroba vína). Bakterie mléčného kvašení (řád *Lactobacillales*) a mléčné koky (rod *Pediococcus*) vytvářejí z jednoduchých sacharidů anaerobním kvasným pochodem různé množství vedlejších produktů a kyselinu mléčnou, která vytváří nevhodné prostředí pro ostatní bakterie (Lehari, 2011). Během fermentace kyseliny mléčné přijímá pyruvát elektrony z NADH a je redukován na kyselinu mléčnou. Mikroby provádějící fermentaci dělíme podle Parker *et al.*, (2016) na:

- homofermentativní mléčné bakterie produkují výhradně kyselinu mléčnou (90 %),
- heterofermentativní mléčné bakterie produkují směs kyseliny mléčné (více než 50 %), kyseliny octové, oxidu uhličitého a ethanolu.

Z výše uvedeného rozdělení vznikají během heterofermentativního kvašení chuťově a konzervařensky významné látky jako jsou kyselina octová, kyselina propionová, etanol, glycerol a chuťově nežádoucí a zapáchající produkty jako je amoniak a kyselina máselná (Ingr, 2007; Kyzlink, 1980).

Etanolové kvašení je rozklad cukrů kvasinkami ve vhodném prostředí na etanol a oxid uhličitý. Výrobek je alkoholem konzervován a rozklad cukrů můžeme vyjádřit rovnicí (1.2):



Skutečný rozklad však probíhá přes řadu dílčích reakcí katalyzovaných specifickými enzymy. Přímo zkvasitelné jsou monosacharidy, které mají na čtvrtém až šestém uhlíku stejnou izomerní konfiguraci jako glukóza. Složitější cukry se musí nejdříve hydrolyzovat enzymy nebo kyselinami na jednoduché zkvasitelné cukry. V průběhu etanolového kvašení (rovnice 1.2) nevzniká z cukru pouze etanol a oxid uhličitý, ale i četné vedlejší produkty, jako jsou např.:

- glycerol 3,2 %
- buněčná hmota 2,0 %
- vyšší alkoholy 0,8 %
- organické kyseliny 0,6 %
- acetaldehyd – stopově (Balašík, 2001).

Další možností, jak prodloužit trvanlivost potravin, je tzv. bariérový efekt. Jedná se o kombinaci několika konzervačních zákroků, které samotné nemusí stačit na stabilizaci výrobku, ale společně vytváří systém bariér proti růstu mikroorganismů. Mezi tyto postupné zákroky patří např. tepelné opracování, chladírenské skladování, zmrazování, snížení aktivity vody, použití látek s konzervačním účinkem, použití ušlechtilé mikroflóry, vakuové balení a kontrolovaná atmosféra obalů. Zmíněnými postupy je cílena snaha dosáhnout zachování zdravotní nezávadnosti potravin při prodloužení trvanlivosti vyhnutím se jejich kažením. Především tím, že se zabrání chemickým reakcím v potravine a pomnožování mikroorganismů (Kilcast & Subramaniam, 2000).

### 1.4.3 Méně tradiční metody netepelného ošetření potravin

Kromě klasických, zcela běžných (ať už více či méně šetrných) postupů pro konzervaci potravin, se pro konzervaci potravin mohou využít i méně známé a přesto zajímavé alternativní metody, které mohou stávající způsoby doplnit, nebo případně zcela nahradit.

Tradiční metody tepelného ošetření (více podkapitola 1.4.1) jsou v průmyslu rozšířené a oblíbené právě z důvodu vysoké efektivity při devitalizaci mikroorganismů. Ačkoliv je jejich působící efekt žádoucí, dochází při ošetření potravin vlivem vysoké teploty k řadě chemickým změnám, které zhoršují výslednou jakost a sensorické vlastnosti potravin a zároveň snižují nutriční

hodnotu výrobků. Z těchto důvodů se ve vědecké sféře věnuje značná pozornost novým anebo staronovým technologiím, které byly v minulosti již vyzkoušené, avšak nebyly konstrukčně dořešené. Díky současnému vědecko technickému pokroku dochází u těchto metod k řadě obměn a ověřuje se jejich účinnost v porovnání s tradičními tepelnými metodami. Mezi tyto metody patří technologie na principu pulzního elektrického pole, pulzního světla, mikrofiltrace, mikrovlnného záření, ultrazvuku, použití chemikálií a biochemikálií anebo vysokotlakých ošetření potravin (Bendicho *et al.*, 2003; Čuboň *et al.*, 2017; Maged & Eiss, 2012).

Jak uvádí Wouters *et al.*, (2001) technologie pulzního elektrického pole (PEF) je považována za jednu z nejslibnějších netermálních metod pro inaktivaci mikroorganismů v potravinách. Principem PEF je aplikace krátkých vysokonapěťových pulsů ( $\mu\text{s}$ ) elektrického pole v rozmezí  $5\text{-}50\text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$  mezi dvěma elektrodami. Při tomto procesu proniká elektrický impuls do suroviny umístěné v potrubí mezi elektrodami a způsobuje mikrobiální inaktivaci při teplotách nižších než jsou teploty používané při tepelném zpracování. Přesné mechanismy, kterými jsou mikroorganismy inaktivovány pulzními elektrickými poli, nejsou dobře známy; je však obecně uznáváno, že PEF vede k permeabilizaci mikrobiálních membrán. Aplikování této metody je avšak omezeno na tekuté a polotekuté potravinářské výrobky, které neobsahují bubliny. Proto mezi nejčastěji studované potraviny ve studiích PEF patří jablečné a pomerančové šťávy. Výsledky senzorických zkoušek měly velmi dobré hodnocení a také bylo potvrzeno prodloužení doby skladovatelnosti. Mezi další potraviny zpracované technologií PEF patří mléko, rajčatová šťáva (Min *et al.*, 2003), mrkvová šťáva, hrachová polévka (Vega-Mercado *et al.*, 1996), tekuté celé vejce (Martín-Belloso *et al.*, 1997). Po ošetření se potravina sterilně zabalí a následně se skladuje při chladírenských teplotách. Hlavní výhoda této metody spočívá v šetrném ošetření tekutých nebo polotekutých potravin. Na druhé straně se jedná i o její nevýhodu. Dále je možné se domnívat o možném průběhu elektrochemických reakcí v potravině (Maged & Eiss, 2012; Ho & Mittal, 2001).

Zajímavým řešením pro dekontaminace povrchů potravin od případného mikrobiálního znečištění je pulzní světlo. Základem technologie je emise impulsů intenzivního elektromagnetického UV-C světla v oblasti 200 až 1100 nm (MacGregor *et al.*, 1998). Inaktivace mikroorganismů lze dosáhnout použitím nízkotlaké rtuťové výbojky při 254 nm (monochromatické světlo), běžně známé jako germicidní světlo. Vyšší účinnost mají UV lampy od 200 do 300 nm (polychromatické světlo) (Bolton & Linden, 2003). Je třeba zdůraznit, že při použití této metody dochází pouze k ošetření svrchní vrstvy materiálu.

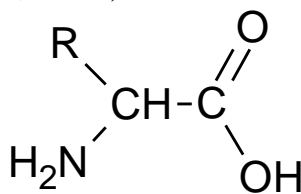
Vysokotlaké ošetření potravin se řadí mezi vhodné alternativní metody k tradičním tepelným metodám. Základem technologií je aplikace vysokého tlaku (100 - 1000 MPa) při laboratorní teplotě 60 – 80 °C s cílem inaktivovat i spory do 30 minut. Hlavní výhoda spočívá v udržení čerstvosti, chuti a barvy potravin (Hjelmqwist, 2005; Cheftel, 1995), zatímco nevýhodou je, že nepůsobí na

sporulující bakterie jako je např. *C. botulinum* odolné proti tlaku, a je třeba jednotlivá balení ošetřovat postupně. Navíc musí mít potraviny vyšší obsah vody a přitom žádný objem vzduchu. Proto není možné tuto metodu použít např. pro jahody, které by byly tlakem rozdrceny (Pereda *et al.*, 2007).

Během skladování může docházet k významným chemickým, mikrobiologickým a organoleptickým změnám v potravinách. Tyto procesy mohou probíhat spontánně na základě chemického složení anebo v důsledku obalových materiálů a skladovacích podmínek. Výsledkem jsou pak zpravidla degradační reakce, mající za důsledek hmotnostní ztráty potravin spojené se snížením výživové hodnoty, změnou chutě a vůně, popř. výskytem nežádoucích barevných změn (Tanner, 2016).

#### 1.4.4 Změny aminokyselin, bílkovin a peptidů

Aminokyselinami rozumíme proteinogenní  $\alpha$ -L-aminokyseliny, 21 základních stavebních složek všech proteinů, jež jsou při syntéze bílkovin připojovány na ribozomu. Chemicky se jedná o molekulu obsahující karboxylovou (-COOH) a aminovou (-NH<sub>2</sub>) funkční skupinu, obecný vzorec aminokyseliny je pak uveden na Obr. 1.1 (Velíšek & Hajšlová, 2009).



Obr. 1.1: Obecný vzorec aminokyseliny (Velíšek & Hajšlová, 2009)

V potravinářských surovinách, které jsou vesměs složeny z živočišných tkání a rostlinných pletiv, probíhají různé biochemické reakce, kterých se účastní bílkoviny, peptidy a volné aminokyseliny. Působením různých fyzikálních faktorů (hydrostatický tlak, mechanická síla, teplo, záření, aj.) a chemických činidel (kyseliny, zásady, soli, povrchově aktivní látky) dochází k chemickým a biochemickým reakcím těchto sloučenin při zpracování potravinářských surovin a dále pak během přípravy pokrmů. Aminokyseliny, bílkoviny, ale i proteiny reagují vzájemně mezi sebou, a navíc i s přirozenými složkami potravin, jako jsou oxidované sloučeniny, redukující cukry v Maillardově reakci, potravinářská aditiva, popř. i některé kontaminanty. Výsledkem těchto reakcí jsou rozsáhlé konformační změny proteinů (denaturace) a změny ve struktuře proteinů. Celkový rozsah reakcí, které probíhají během zpracování, ale zvláště pak při skladování, závisí na chemickém složení dané potraviny a na podmínkách během skladování (aktivita vody, teplota, pH prostředí, koncentrace kyslíku, aj.) (Belitz *et al.*, 2009; Hardin & Knopp, 2013; Tanner, 2016; Velíšek & Hajšlová, 2009).

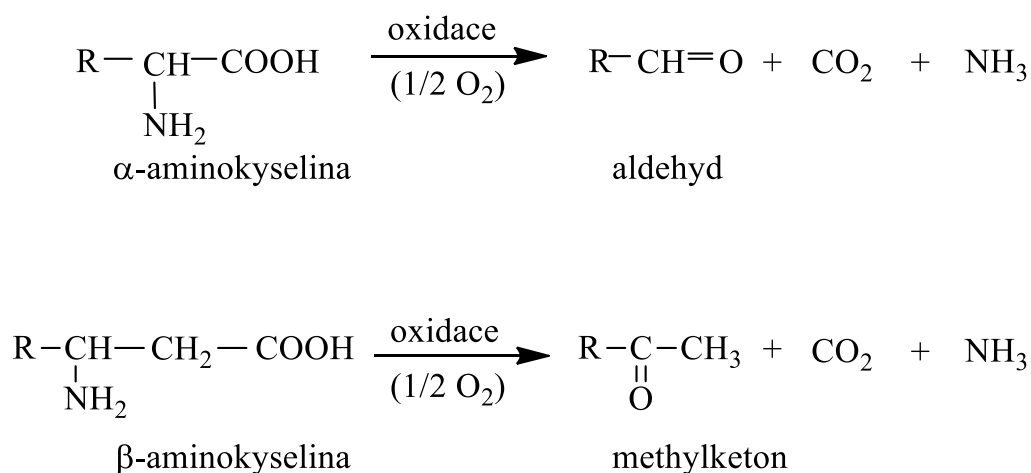
Pokud bychom měli shrnout příznivé důsledky probíhajících změn a reakcí týkajících se aminokyselin, bílkovin a peptidů, jednalo by se o inaktivaci nežádoucích enzymů a mikroorganismů, denaturaci proteinových toxinů, produkci žádoucích chuťových a vonných látek, žádoucí změny barvy potravin,

vyšší stravitelnost a vyšší údržnost. Na druhé straně pozitivní změny jsou kompenzovány nepříznivými důsledky, např. určitým snížením výživové hodnoty (snížení obsahu některých esenciálních aminokyselin, např. valinu, leucinu, isoleucinu, threoninu, methioninu, fenylalaninu), občasným vznikem nežádoucích vonných a chuťových látek, případnou nežádoucí barvou potravin (Berg, 2012; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Oxidativní dekarboxylace aminokyselin je oxidace aminokyselin působením oxidačních činidel. Při této reakci vzniká amoniak, oxid uhličitý a karbonylová sloučenina obsahující o jeden atom uhlíku méně než výchozí reaktant. Tento sled reakcí je znám jako Streckerova degradace aminokyselin a její obecné schéma je uvedeno na Obr. 1.2. Podle tohoto obecného schématu vznikají z mono karboxylových  $\alpha$ -aminokyselin s primární aminoskupinou sensoricky aktivní aldehydy nazývané Streckerovy aldehydy (např. formaldehyd z glycinu, acetaldehyd z alaninu, 3-methylbutanal z leucinu, 5-aminopentanal z lysinu). K degradaci  $\beta$ -aminokyselin dochází v menším rozsahu a produkty reakcí jsou alkan-2ony. Následně alkan-3ony vznikají reakcí z  $\gamma$ -aminokyselin (Belitz *et al.*, 2009; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Amoniak, vznikající při oxidativní dekarboxylaci aminokyselin lze považovat za kvalitativní znak potravin a může při vyšších koncentracích znatelně ovlivnit jakost, viz Obr. 1.2 (Adamiec *et al.*, 2001). Obsah amoniaku můžeme v potravinách sledovat různými metodami, např. vytěšňovací Conwayovou metodou (Buňka *et al.*, 2004).

Streckerova degradace aminokyselin je velmi důležitou a významnou chemickou reakcí, ke které dochází zejména při termickém zpracování potravin, ale i při skladování potravin. Hlavními produkty jsou Streckerovy aldehydy, vonné chemické sloučeniny a látky, které mezi sebou a dalšími produkty, zejména  $\alpha$ -aminokyselinami, amoniakem, aminy a různých sírnými sloučeninami vzájemně reagují.



Obr. 1.2: Obecné schéma Streckerovy degradace aminokyselin (Velíšek & Hajšlová, 2009)

### 1.4.5 Změny sacharidů

Sacharidy jsou organické sloučeniny patřící do skupiny polyhydroxyderivátů karbonylových sloučenin. Reakce sacharidů v potravinách jsou zpravidla enzymové a chemické. Na těchto reakcích se podílejí všechny funkční skupiny molekul v závislosti na podmínkách prostředí, pH, teplotě, obsahu vody aj., a řadí se mezi nejvýznamnější a zároveň nejrozšířenější chemické reakce probíhající během zpracování a skladování potravin. Tyto reakce, známé jako Maillardovy reakce jsou komplexem chemických reakcí mezi aminosloučeninami a redukujícími sacharidy. V průběhu sledu těchto reakcí dochází ke vzniku řady velmi reaktivních karbonylových sloučenin, které reagují vzájemně mezi sebou, a navíc také reagují s přítomnými aminosloučeninami (Belitz *et al.*, 2009; Rizzi, 2008; Velíšek & Hajšlová, 2009).

V zásadě se jedná o komplex reakcí, jejichž produkty jsou nejčastěji hnědé pigmenty, sensoricky významné těkavé látky, např. melanoidiny, a proto se tyto reakce nazývají reakce neenzymového hnědnutí. Neenzymové hnědnutí může také probíhat při jiných reakcích, jako jsou např. karamelizace cukrů nebo reakce bílkovin s oxidovanými lipidy. Při Maillardových reakcích dochází k snížení nutriční hodnoty potravin a příkladem jsou reakce karbonylových sloučenin s lizinem, esenciální a často limitující aminokyselinou. Během tohoto neenzymatického hnědnutí mohou vznikat i látky antinutriční, popř. toxické (Hardin & Knopp, 2013; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Ačkoliv je průběh Maillardovy reakce znám, sloučeniny vznikající v těchto reakcích se doposud nepodařilo všechny charakterizovat, nýbrž jen jejich malou část. Převážně se jedná o relativně stálé nízkomolekulární sloučeniny, u kterých nedochází k dalším reakcím během izolace a identifikace. Na druhou stranu, o nestálých reaktivních meziproduktech, které vznikají ve velmi nízkých koncentracích, a navíc u nich dochází k rozkladu během izolace, se toho ví velmi málo. To samé platí o vznikajících volných radikálech. Přitom případná znalost chemických struktur těchto sloučenin se jeví jako důležitá, jelikož mají podstatnou úlohu při tvorbě chuťových a vonných látek, barevných pigmentů, a také reakcí probíhajících *in vivo* (Belitz *et al.*, 2009; Hardin & Knopp, 2013; Velíšek & Hajšlová, 2009).

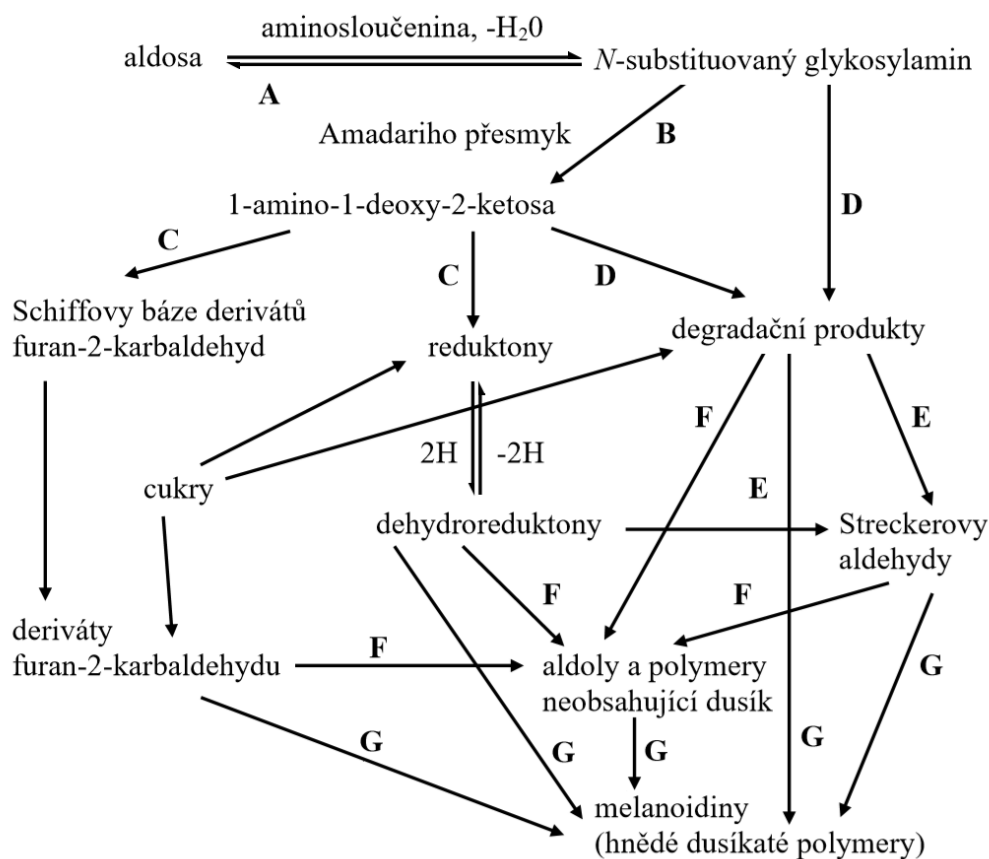
Potravinářskými chemiky byla věnována značná pozornost studiu reakčních pochodů Maillardovy reakce, zejména:

- vzniku hnědého zabarvení, které může být jak žádoucím projevem (např. barva pečiva, pražené kávy, smažených výrobků), tak negativním fenoménem (např. při výrobě sušených potravin a mléka, ovoce a zeleniny),
- vzniku aromatických aktivních látek, a také sensorických látek s nežádoucími organoleptickými vlastnostmi,
- výživovým a fyziologickým aspektům reakcí (snížení nutriční hodnoty potravin),
- toxicitě některých produktů, zejména mutagenních a karcinogenních látek,
- antioxidačním vlastnostem reakčních produktů.

Z monosacharidů podílejících se na Maillardově reakci v potravinách jsou zejména glukóza, fruktóza a dále pak v některých případech pentóza a ribóza (např. u masa a masných výrobků). Z disacharidů laktóza (mléko a mléčné výrobky) a maltóza (cereální výrobky, slad) (Velíšek & Hajšlová, 2009).

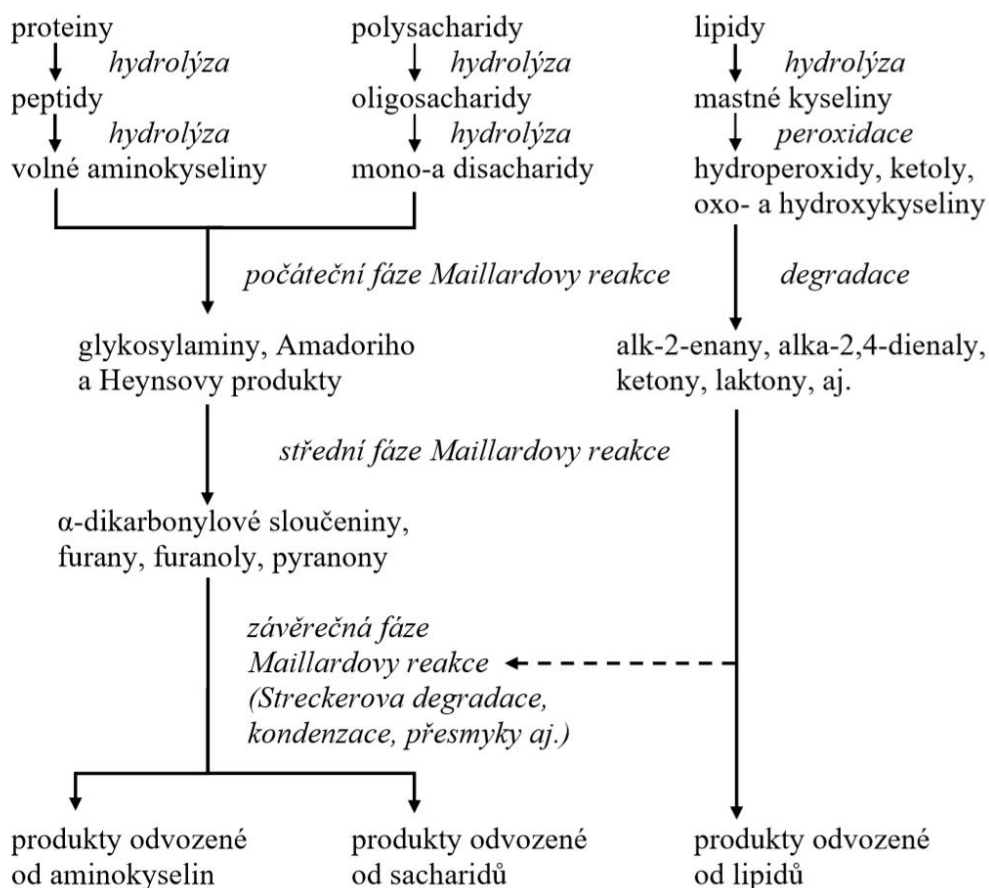
Klasifikaci dílčích reakcí probíhajících během Maillardovy reakce provedl roku 1953 J. E. Hodge a dodnes patří mezi nejdůležitější schematický popis (Obr. 1.3). Roku 1993 bylo toto schéma doplněno R. Tresslem (Obr. 1.4). Maillardovu reakci lze dle tohoto popisu rozdělit na tři fáze:

- Na fázi počáteční, kdy dochází ke kondenzaci karbonylové skupiny redukujícího sacharidu s aminoskupinou aminokyseliny. Produktem této reakce je cyklický N-substituovaný glykosylamin, který podléhá nevratnému Amadoriho přesmyku za vzniku nízkomolekulárních nevyužitelných premelanoidinů (reakce A a B),
- fázi střední, zahrnující dehydrataci, fragmentaci sacharidů a Streckerovu degradaci aminokyselin (reakce C, D a E),
- a závěrečnou fázi, ve které probíhají reakce vzniklých meziproductů vedoucích k tvorbě heterocyklických sloučenin (zpravidla vonné a chuťové látky) a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů (F a G) (Taub & Singh, 1998; Velíšek & Hajšlová, 2009).



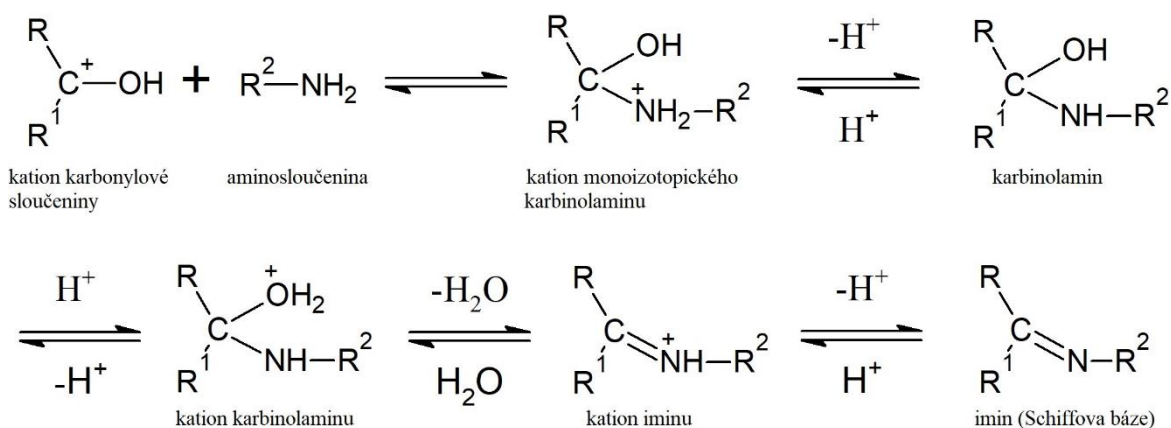
Obr. 1.3: Schematické znázornění Maillardovy reakce podle Hodge, písmena A-G jsou vysvětlena v textu (Velíšek & Hajšlová, 2009)





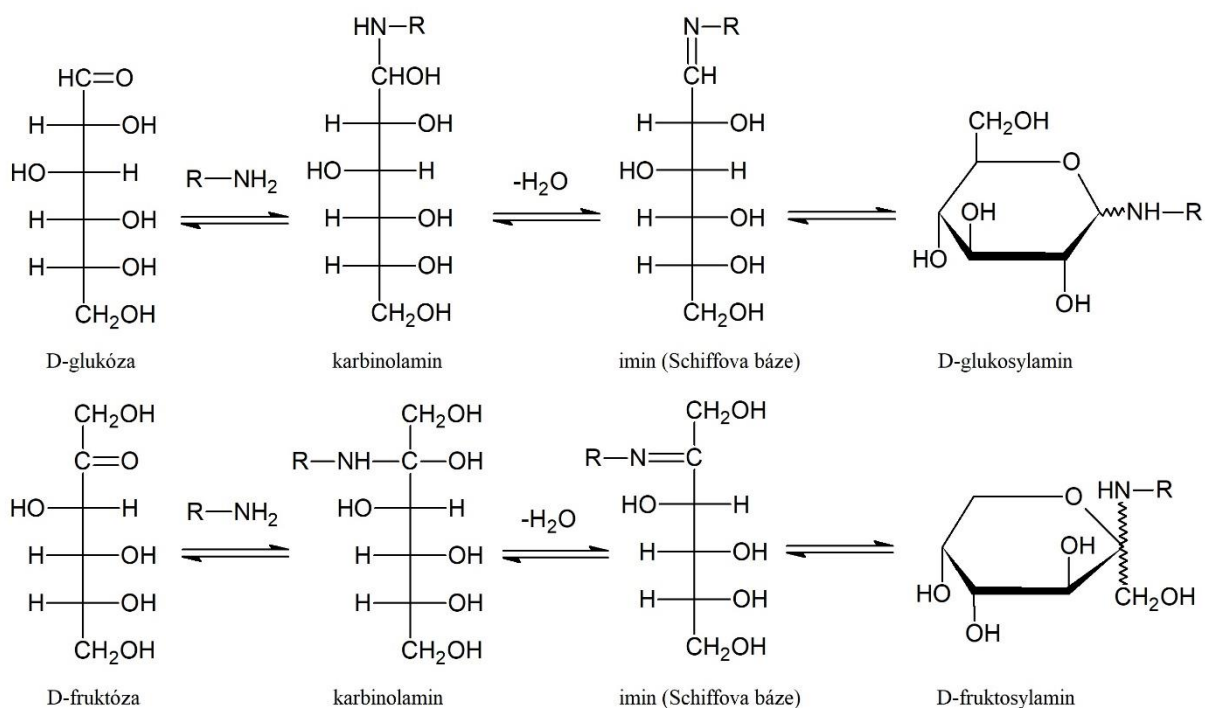
Obr. 1.4: Schematické znázornění Maillardovy reakce podle Tressla (Velíšek & Hajšlová, 2009)

V Maillardově reakci nejprve dochází k adici neprotonizované aminoskupiny aminosloučeniny na elektrodeficitní uhlíkový atom polarizované karbonylové skupiny redukujícího cukru. Vzniklý karbinolamin se dehydratuje a vzniká nestálá Schiffova báze, která se stabilizuje dalšími reakcemi. Vzájemná reakce karbonylové sloučeniny a aminosloučeniny je uvedena na Obr. 1.5 (Belitz, Grosch *et al.*, 2009; Velíšek & Hajšlová, 2009).



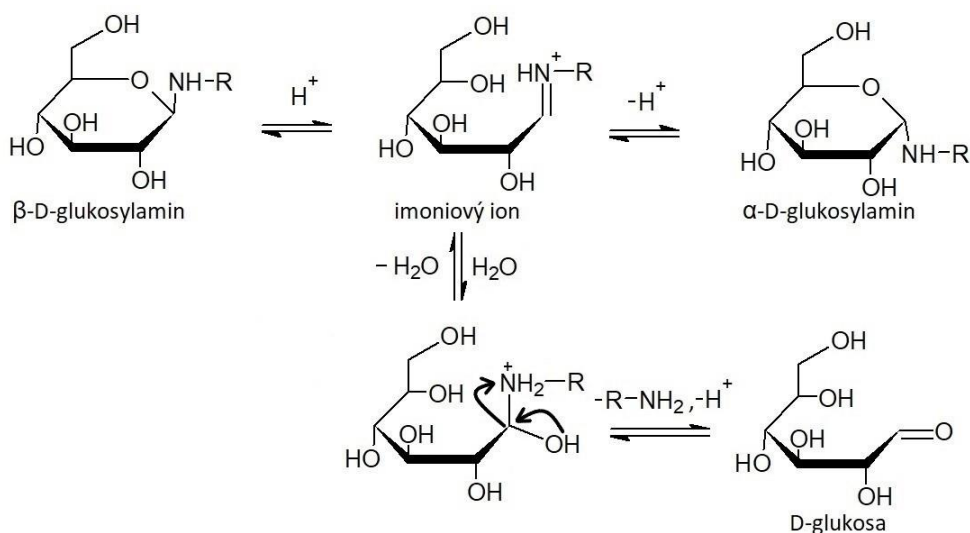
Obr. 1.5: Obecné schéma reakce karbonylových sloučenin s aminosloučeninami (Velíšek & Hajšlová, 2009)

Následně z cukrů vzniklá Schiffova báze podléhá vratné reakci na N-substituovaný glykosylamin (Obr. 1.6)



Obr. 1.6: Vznik glykosylaminů (Velíšek & Hajšlová, 2009)

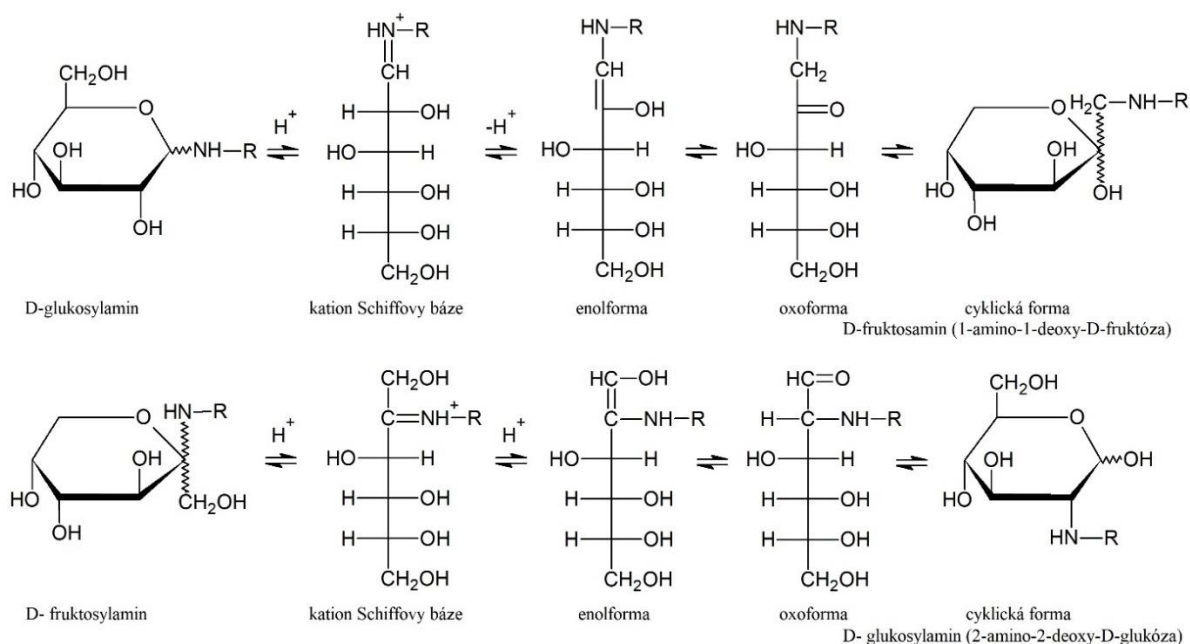
Vzniklé N-glykosylaminy se v roztocích vyskytují převážně ve formě pyranóz a furanóz a snadno se hydrolyzují na původní cukry a aminosloučeniny. Schéma mutarotace a hydrolýzy je znázorněno na Obr. 1.7.



Obr. 1.7: Mutarotace a hydrolýza glukosylaminů (Velíšek & Hajšlová, 2009)

Schiffovy báze v prostředí se středně až vysokým obsahem vody a rozmezí hodnot pH 5-7 podléhají transformaci přesmykem na stabilnější sloučeniny. Aldosylaminy jsou transformovány na ketosaminy (Amadoriho sloučeniny) tzv.

Amadoriho přesmykem. Ketosylaminy jsou podobně transformovány na aldosalaminy (Heynsovy sloučeniny) tzv. Heynsovým přesmykem. Amadoriho a Heynsův přesmyk katalyzovaný kyselinami je znázorněn na Obr. 1.8 (Belitz *et al.*, 2009; Velíšek & Hajšlová, 2009).



Obr. 1.8: Amadoriho a Heynsův přesmyk katalyzovaný kyselinami (Velíšek a Hajšlová, 2009)

Dalšími významnými změnami sacharidů při dlouhodobém skladování jsou změny způsobené odpařováním vody nebo prudkým zchlazením. Probíhá krystalizace a následně i změny viskozity produktu (Velíšek & Hajšlová, 2009). Krystalizace je přirozený proces způsobený přesycením roztoku, který probíhá ve dvou fázích. Na počátku dochází k tzv. nukleaci, vytváření zárodečných krystalů. Následně tyto krystaly rostou do velikosti. Krystalizace má tendenci probíhat jako difúze, proto je závislá na viskozitě, přičemž viskozita je logaritmicky závislá na teplotě. Odtud je patrné, že čerstvě ochlazený med krystalizuje mnohem pomaleji z důvodu zpomalení pohybu molekul ke krystalizačním centřům (Pink, 2020; Veselý, 2003).

#### 1.4.6 Změny lipidů

Lipidy patří k velmi významným složkám potravin a tvoří jednu z hlavních živin ve výživě člověka. Lipidy definujeme jako přírodní sloučeniny obsahující vázané mastné kyseliny s více než třemi atomy uhlíku v molekule. Podle chemického složení rozdělujeme lipidy do třech hlavních skupin, a to na homolipidy, heterolipidy a komplexní lipidy. Stejně tak jako ostatní složky v potravinách, podléhají tyto sloučeniny řadě chemických reakcí. Jejich reaktivitu můžeme posuzovat dle toho, zda reaguje uhlíkatý řetězec, karboxylová, anebo esterová skupina (Akoh & Min, 2002; Belitz *et al.*, 2009; Christie, 2019).

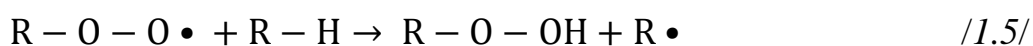
Nejběžnějšími typy chemických reakcí mastných kyselin při zpracování nebo skladování potravin jsou autooxidace. Za běžných skladovacích teplot se oxidují vzdušným kyslíkem jen nenasycené mastné kyseliny, a naopak při vyšších teplotách (smažení, pečení a pražení) dochází již k autooxidaci nasycených mastných kyselin. Autooxidace uhlovodíkového řetězce mastných kyselin a jiných uhlovodíků je (chemicky) radikálová řetězová reakce, která probíhá ve třech stupních. Zjednodušený reakční mechanismus je znázorněn v rovnicích 1.3 až 1.8 (Akoh & Min, 2002; Davídek, 1991; Velíšek & Hajšlová, 2009).



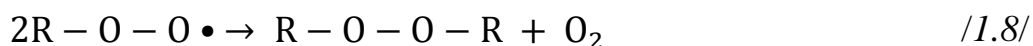
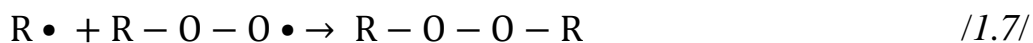
lipid            volný radikál lipidu



tvorba peroxylového radikálu



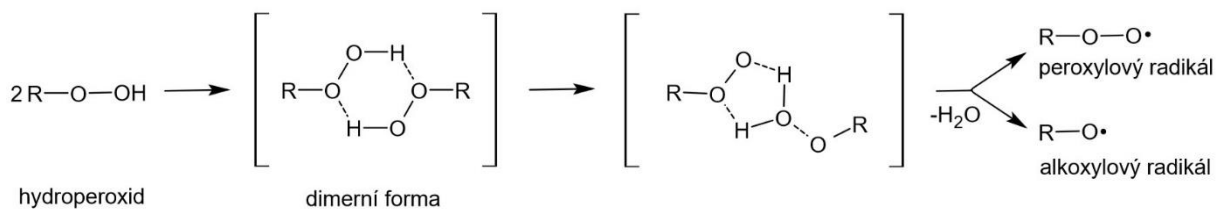
tvorba hydroperoxidu



Prvním stupněm (iniciačním) reakce je tvorba volného vodíkového radikálu ( $H\cdot$ ) a radikálu mastné kyseliny ( $R\cdot$ ) homolytickým štěpením kovalentní vazby C-H uhlovodíkového řetězce. Vzniklý volný radikál mastné kyseliny ( $R\cdot$ ) je velmi reaktivní a snadno reaguje s molekulou kyslíku v druhém propagačním stupni (propagace). Tímto dochází ke vzniku peroxylového radikálu ( $R-O-O\cdot$ ), který je opět velmi reaktivní, a proto odštěpí vodík z další molekuly mastné kyseliny za vzniku hydroperoxidu ( $R-O-OH$ ) a volného radikálu mastné kyseliny ( $R\cdot$ ). Rychlost reakce ovlivňuje průběh tvorby hydroperoxidu, jelikož je z výše uvedených sledů reakcí nejpomalejší. Třetím a posledním stupněm je proces terminačních reakcí vedoucích ke vzniku neradikálových, poměrně stabilních produktů. Pravděpodobnost vzniku těchto produktů je dána dostatečně vysokou koncentrací volných radikálů v reakčním systému (Velíšek & Hajšlová, 2009).

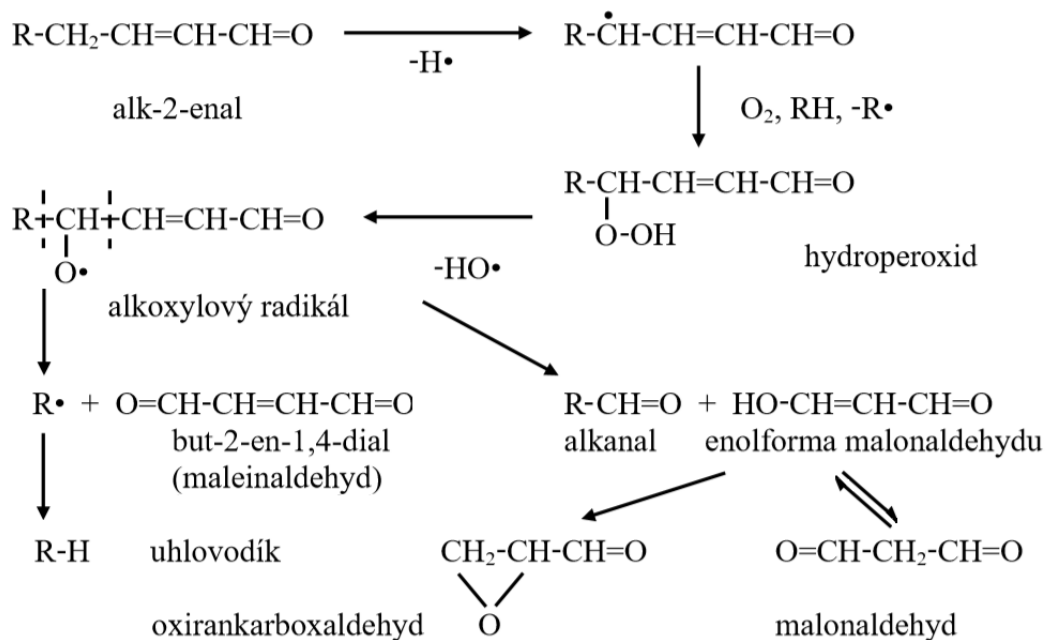
Primárními produkty oxidace jsou hydroperoxydy, u nichž často dochází ke změně polohy dvojnásobné vazby. Vzniklé produkty jsou velmi nestálé a odštěpují buď vodíkový, anebo hydroxylový radikál. Tímto způsobem dochází ke vzniku peroxylového radikálu anebo alkoxylového radikálu. Zjednodušený reakční mechanismus je znázorněn na Obr. 1.9. Vznik hydroperoxidů je iniciován teplem, proto je iniciační rychlost malá. Produkty se postupem času hromadí a přispívají k vzniku dalších hydroperoxidů. Po dosažení maxima postupně dochází k vyčerpání reaktivních skupin a reakce se zpomalují. V konečné fázi má tento

úbytek za důsledek rozklad hydroperoxidů a snížení jejich množství. Ukazatelem obsahu primárních produktů oxidace tuků je peroxidové číslo, které je ovšem nestálé, a proto je vhodnější sledovat sekundární oxidační produkty (Akoh & Min, 2002; Christie, 2019; Velíšek & Hajšlová, 2009).



Obr. 1.9: Rozklad hydroperoxidů na radikály (Velíšek a Hajšlová, 2009)

Volné radikály a hydroperoxydy vstupují do sekundárních autooxidačních reakcí, přičemž kromě jiných produktů vzniká i malondialdehyd, který je velmi senzorycky aktivní a ovlivňuje chuť a vůni. Reakční mechanismus je znázorněn na Obr. 1.10. Malonaldehyd se vyskytuje ve vodných roztocích jako *trans*-izomer. Navíc má schopnost reagovat s kyselinou thiobarbiturovou za vzniku zbarvení, jehož intenzita se dá měřit spektrofotometricky. Tohoto principu se využívá při stanovení thiobarbiturového čísla jako indikace oxidace lipidů v potravinách, které je více vypovídající oproti peroxidovému číslu (Kristensen & Skibsted, 1999).



Obr. 1.10: Sekundární štěpení alk-2enanů vznikajících rozkladem hydroperoxidů (Velíšek & Hajšlová, 2009)

## 2. CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavním cílem disertační práce bylo sledovat a popsat jakostní změny vybraných trvanlivých potravin během dlouhodobého skladování. Naplnění tohoto cíle bylo realizováno v rámci následujících dílčích cílů:

- založit skladovací pokus s vybranými potravinami a sledovat jejich trvanlivost,
- skladovat potraviny po dobu 24 měsíců při 4 rozdílných teplotách,
- v pravidelných intervalech provést:
  - o senzoryckou analýzu,
  - o chemickou analýzu,
  - o mikrobiologickou analýzu,
  - o reologickou a texturní analýzu,
- pro každou potravinu navrhnout kritickou teplotu a kritický čas,
- za daných podmínek zhodnotit, zdali je možné tyto potraviny použít v případě krizového stavu jako krizové dávky potravin,
- na základě výsledků navrhnout použití potravin jako součást řešení krizových situací anebo bojových dávek potravin.

### 3. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

#### 3.1 Charakteristika skladovacího pokusu a analyzovaných potravin

V rámci hlavního cíle disertační práce byly založeny dvouleté experimenty ve dvou skupinách očíslovaných jako římská I a II, při nichž byly sledovány jakostní změny. Potraviny byly skladovány při čtyřech různých teplotních podmínkách simulujících odlišné klimatické pásy (arktický, mírný, subtropický a tropický). Zvolené teploty pro vyjádření těchto klimatických pásů byly: mrazírenská teplota ( $-18 \pm 2$  °C), chladírenská teplota ( $6 \pm 2$  °C), skladová teplota ( $23 \pm 2$  °C) a termostatová teplota ( $40 \pm 2$  °C).

Potraviny, které se v průběhu dvou let skladovaly za výše uvedených teplot, lze rozdělit do následujících celků:

- trvanlivé dehydratované výrobky
  - o bramborová kaše s mlékem, instantní gulášová polévka, instantní nudle, instantní nudlová polévka s hovězí příchutí, dobrý hostinec svíčková,
- jedlý olej
  - o slunečnicový olej,
- mléčné výrobky
  - o balkánský sýr,
- pečivo
  - o předpečené bagety,
- trvanlivé potraviny s obsahem masa (masovou složkou)
  - o segedínský guláš, kuřecí maso ve vlastní šťávě, májka lahůdkový vepřový krém, tuňák kousky ve vlastní šťávě, kuře na paprice, čočka s klobásou,
- trvanlivé potraviny s vyšším obsahem sacharidů, z toho cukrů
  - o ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, müsli křupavé čokoládové, džem meruňkovo-jablečný, med květový luční, nutella.

Souhrnný seznam těchto potravin pro obě skupiny římská I a II je uveden v Tab. 3.1, přičemž skladovací pokus číslo I obsahoval potraviny označené písmeny A až I a skladovací pokus č. II potraviny J až T. Dále je v tabulce uvedeno i základní nutriční složení uváděné výrobcem na obalu.

Tab. 3.1: Seznam potravin pro skladovací pokusy I a II.

Označení	Potravina	Bílkoviny [g/100 g]	Tuky [g/100 g]	Sacharidy [g/100 g]
A	Bramborová kaše s mlékem	9,70	2,40	73,0
B	Instantní gulášová polévka	13,0	12,0	52,0
C	Slunečnicový olej	0,00	4,60	0,00
D	Balkánský sýr	15,0	22,0	3,00
E	Předpečené bagety	8,00	1,50	50,0
F	Segedínský guláš	4,30	9,50	5,90
G	Kuřecí maso ve vlastní šťávě	17,2	5,60	0,70
H	Májka lahůdkový vepřový krém	9,10	29,3	1,50
I	Tuňák kousky ve vlastní šťávě	18,0	0,70	0,50
J	Ovesná kaše jablka, rozinky, skořice	12,0	7,40	64,0
K	Müsli křupavé čokoládové	7,90	17,0	63,0
L	Džem meruňkovo-jablečný	<0,50	<0,50	69,0
M	Med květový luční	<0,50	0,00	82,0
N	Nutella	6,00	31,6	57,6
O	Instantní nudle	9,10	18,3	63,4
P	Kuře na paprice*	2,40	8,50	6,80
R	Instantní nudlová polévka s hovězí příchutí	9,00	18,1	61,6
S	Dobry hostinec svíčková	11,8	4,10	69,4
T	Čočka s klobásou	6,40	7,90	13,9

\* výživové údaje uvedené výrobcem na obalu ve 100 ml hotové omáčky

K realizaci experimentu I a II byl zakoupen celkový počet kusů balení: 58 (A-bramborová kaše s mlékem; C-slunečnicový olej; F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě), 104 (B-instantní gulášová polévka), 23 (D-balkánský sýr; E-předpečené bagety), 61 (J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; P-kuře na paprice;



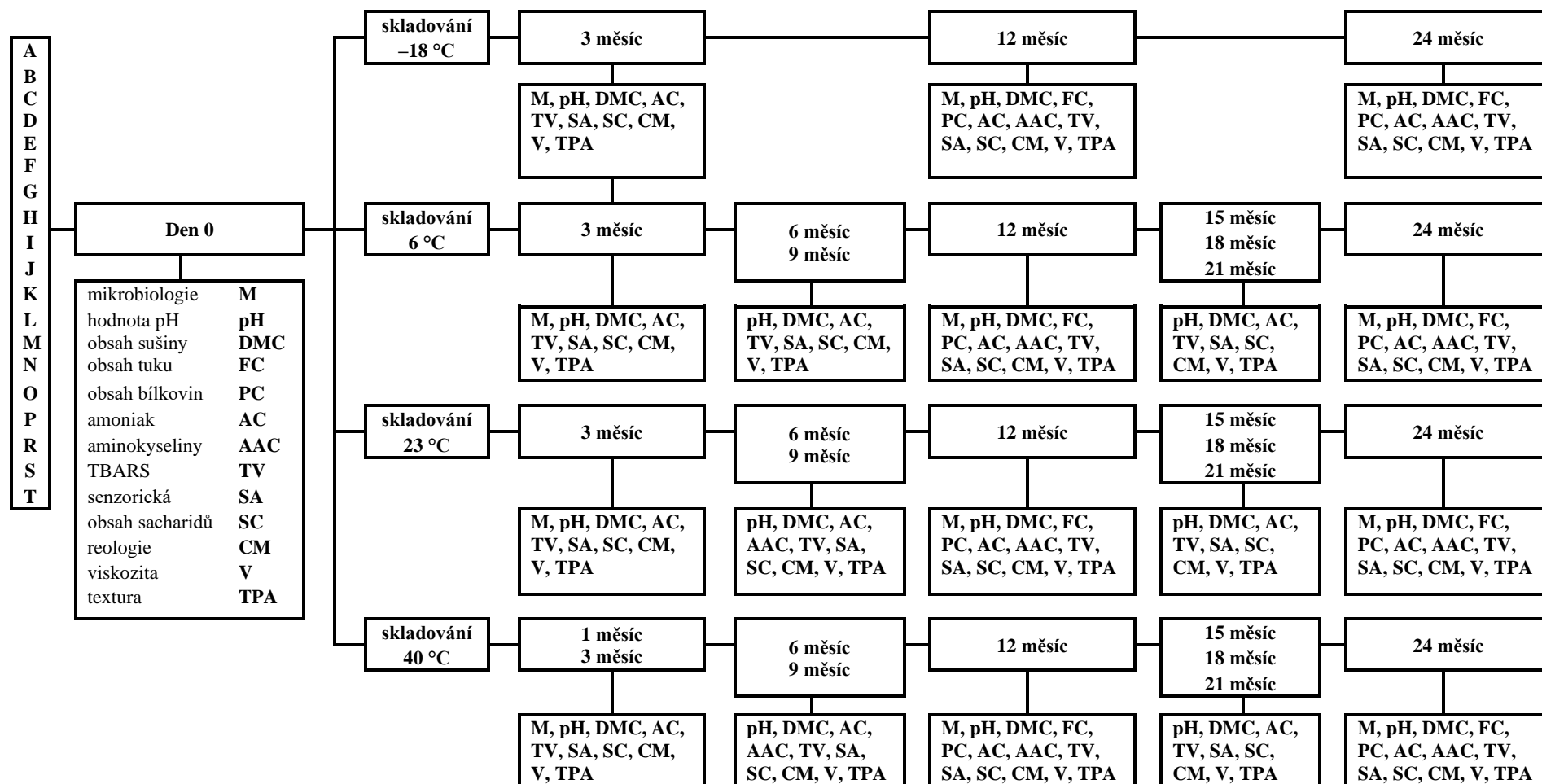
R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svíčková; T-čočka s klobásou), 3 (K-müsli křupavé čokoládové), 109 (L-džem meruňkovo-jablečný; M-med květový luční; N-nutella), 24 (O-instantní nudle). Potravina K byla rozvážena do 100 ml plastových kelímků a zatavena hliníkovou folií. Následně byly vzorky označeny příslušnými kódy a uskladněny. Pro každý odběrový termín a pro danou skladovací teplotu bylo k dispozici balení pro sensorickou, mikrobiologickou analýzu a dostatečné množství potravin k provedení veškerých plánovaných chemických a fyzikálních analýz.

Během skladování byly v pravidelných intervalech prováděny odběry vzorků potravin uvedených v Tab. 3.1. Schéma očekávaného experimentálního designu pro skladovací experiment I a II je graficky znázorněné v Tab. 3.2. Jak lze ze schématu vyčíst, u potravin skladovaných při mrazírenské teplotě (-18 °C) nebyla předpokládána výrazná změna jakostních parametrů, proto byly odběry provedeny pouze ve třech termínech. U dalších dvou teplot, chladírenské a skladové (6 a 23 °C), byly naopak předpokládány intenzivní změny později během dvouletého pozorování. Sledování změn při termostatové teplotě (40 °C), ačkoliv bylo plánované po dobu dvou let, se prakticky provádělo pouze jeden rok, jelikož zde byl předpoklad sensorické nepříjemnosti potravin po 12 měsících skladování.

Analýza vzorků probíhala v plánovaných odběrových termínech, jak je uvedeno Tab. 3.2. Ustanovený pracovní postup zahrnoval vždy homogenizaci vzorku před samotnou chemickou analýzou, sterilní odběr vzorku pro mikrobiologickou analýzu, přípravu vzorku pro sensorickou analýzu dle pokynu výrobce na balení vzorku a teplotní temperaci vzorku pro fyzikální analýzy.

Detailní seznam provedených analýz pro konkrétní skladované potraviny je uveden v následující kapitole 3.2 pojednávající o zvolených metodách analýz. Výjimkou byla např. mikrobiologická analýza, která byla provedena v nultém měsíci a pak po 1., 3., 12., a 24. měsíci skladování, a dále chemická analýza bílkovin a tuků v 0., 12. a 24. měsíci skladování.

Tab. 3.2: Obecné schéma očekávaného experimentálního designu pro skladovací experiment I a II. \*



\* A – bramborová kaše s mlékem, B – instantní gulášová polévka, C – slunečnicový olej, D – balkánský sýr, E – předpečené bagety, F – segedínský guláš, G – kuřecí maso ve vlastní šťávě, H – májka lahůdkový vepřový krém, I – tuňák kousky ve vlastní šťávě, J – ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, K – müsli křupavé čokoládové, L – džem meruňkovo-jablečný, M – med květový luční, N – nutella, O – instantní nudle, P – kuře na paprice, R – instantní nudlová polévka s hovězí příchutí, S – dobrý hostinec svičková, T – čočka s klobásou, TBARS – sekundární oxidační produkty

## 3.2 Zvolené metody analýz

### 3.2.1 Stanovení hodnoty pH

Hodnota pH byla stanovena vpichovým pH metrem s pevnou vpichovou elektrodou (Eutech Instruments, Nizozemsko) v homogenizovaném vzorku. V případě dehydratovaných potravin (A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka; J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé čokoládové; O-instantní nudle; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svíčková) byla hodnota pH stanovena ve vodném výluhu.

### 3.2.2 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky po vysušení při teplotě  $102 \pm 2$  °C. Na analytických vahách bylo do hliníkových misek naváženo 3 g vzorku s přesností 0,0001 g pro (D-balkánský sýr; E-předpečené bagety; F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě; L-džem meruňkovo-jablečný; M-med květový luční; N-nutella; P-kuře na paprice; T-čočka s klobásou), jako nasávací hmota byl použit písek, stejně tak u vzorku C-slunečnicový olej. U vzorků (A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka; J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé čokoládové; O-instantní nudle; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svíčková) bylo pak navažováno 5 g pro vzorky s přesností 0,0001 g, bez nasávací hmoty. Sušení probíhalo v sušárně Venticell 55 Standard (MMM Medcenter, Německo) do konstantní hmotnosti. Obsah sušiny byl vypočítán podle vzorce 3.1 (ČSN 57 0107; ČSN 58 0120; Kubáň a Kubáň, 2007).

$$\text{Obsah sušiny [\% (w/w)]} = \frac{m_3 - m_1}{m_n} \cdot 100 \quad /3.1/$$

$m_1$	hmotnost prázdné váženky, resp. váženky s pískem	[g]
$m_3$	hmotnost váženky se vzorkem po vysušení	[g]
$m_n$	navážka vzorku	[g]

### 3.2.3 Stanovení obsahu amoniaku

Obsah amoniaku byl stanoven Conwayovou metodou. Princip metody spočívá ve vytěsnění amoniaku pomocí nasyceného roztoku uhličitanu draselného a následného jímání do kyseliny borité. Následně je amoniak titrován kyselinou sírovou. Na krajní obvod Conwayovy nádoby byla nanášena vrstva Ramsay tuku. Do vnitřního prostoru nádoby byl pipetován 1 ml 1 % roztoku kyseliny borité a přidány dvě kapky indikátoru (směs bromkresolové zeleně a metylčerveně). Dále bylo do vnějšího prostoru nádoby pipetováno 1 ml nasyceného roztoku uhličitanu draselného a 1 ml homogenizovaného výluhu vzorku s destilovanou vodou v poměru 1:3. Po utěsnění nádoby skleněnou

destičkou byl obsah ve vnějším prostoru nádoby promíchán. Po dobu 2 hodin byl vytěsněný amoniak absorbován v roztoku kyseliny borité a následně stanoven titračně 0,005 M kyselinou sírovou. Obsah amoniaku v  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  byl vypočítán ze vztahu 3.2 (Buňka *et al.*, 2004).

$$\text{Obsah amoniaku } [\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}] = \frac{170 \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot F_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{0,25} \quad /3.2/$$

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  spotřeba  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [ml]  
 $F_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  faktor  $\text{H}_2\text{SO}_4$

### 3.2.4 Stanovení obsahu sekundárních oxidačních produktů

Princip stanovení thiobarbiturového čísla (z angl. thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) je založen na reakci malondialdehydu (MDA) s kyselinou 2-thiobarbiturovou (TBA) za vzniku barevného komplexu. Další tvorbě MDA je během samotného měření zabráněno přidáním antioxidantu, např. butylhydroxytoluenu. Intenzita zbarvení je následně měřena spektrofotometricky.

*volné radikály + nenasycená mastná kyselina → MDA*

*MDA + TBA → barevný komplex* /3.3/

K navážce 5 g homogenizovaného vzorku v 50 ml zkumavce bylo přidáno 15 ml 3,86 % kyseliny chloristé a 0,5 ml 4,2% etanolového roztoku BHT (2,6-Di-tert-butyl-4methylphenol). V případě dehydratovaných vzorků (bramborová kaše s mlékem; instantní gulášová polévka; ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; müsli křupavé čokoládové; instantní nudle; instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; dobrý hostinec svíčková) byly přísady roztoků dvojnásobné. Slepý vzorek č. 1 neobsahoval navážku vzorku ale 5 ml destilované vody, dále bylo pracováno jako se vzorkem. Po důkladném promíchání byly vzorky třepány 15 min (Heidolph, Promax 21, Verkon, ČR) a následně odstředovány 5 min při 6000 ot/min (Hettich EBA 21, Andreas Hettich GmbH & Co. KG, Německo). Do skleněné zkumavky bylo pipetováno 4 ml supernatantu a přidáno 4 ml 0,02 M roztoku kyseliny thiobarbiturové. Slepý pokus č. 2 byl připraven přidáním 4 ml destilované vody k vzorku namísto kyseliny thiobarbiturové. Zahřívání proběhlo ve vodní lázni při 100 °C po dobu 45 min. Po zchlazení byly vzorky přefiltrovány přes stříkačkový filtr (LUT Syringe Filters Nylon; 13 mm; 0,22  $\mu\text{m}$ ; Labicom, ČR) a na závěr byla proměřena absorbance spektrofotometricky (UV mini 1240, Shimadzu Europa GmbH, Německo), při vlnové délce 450 nm (žluté odstíny) anebo 538 nm (červené odstíny). Žluté produkty byly měřeny u vzorků A-bramborová kaše s mlékem; D-balkánský sýr; E-předpečené bagety; F-segedínský guláš), zatímco červené produkty byly měřeny u vzorků B-instantní gulášová polévka; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě; J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé

čokoládové; N-nutella; O-instantní nudle; P-kuře na paprice; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svíčková; T-čočka s klobásou. Thiobarbiturové číslo bylo vypočítáno (podle vzorce 3.4), které se udává v jednotkách absorbance při dané vlnové délce na miligram vzorku ( $A_{450} \cdot \text{mg}^{-1}$  nebo  $A_{538} \cdot \text{mg}^{-1}$ ) (Kristensen & Skibsted, 1999).

$$\text{Obsah TČ} = \frac{A_{vz} - A_{sp1} - A_{sp2}}{m} \cdot 1000 \quad /3.4/$$

TČ	thiobarbiturové číslo	$[A_{450} \cdot \text{mg}^{-1}$ nebo $A_{538} \cdot \text{mg}^{-1}]$
$A_{vz}$	absorbance vzorku	[-]
$A_{sp1}$	absorbance slepého pokusu č.1	[-]
$A_{sp2}$	absorbance slepého pokusu č.2	[-]
m	navážka vzorku	[g]

### 3.2.5 Stanovení obsahu sacharidů

Před vlastním stanovením byly sacharidy nejprve extrahovány ze vzorků (L-džem meruňkovo-jablečný; M-med květový luční; N-nutella) a následně provést čiření pro odstranění bílkovin. Do kádinky bylo naváženo 5 g vzorku s přesností na 0,0001 g, přidáno 25 ml destilované vody a roztok byl homogenizován. Směs byla zahřívána na vyhříváném elektrickém míchadle (50 °C) po dobu 15 min a následně kvantitativně převedena do 100 ml odměrné baňky. Následně byly vyčeřeny bílkoviny. Do odměrné baňky s extrahovanou směsí bylo pipetováno 2,5 ml činidla Carrez I (30%  $\text{ZnSO}_4$ ), roztok byl promíchán a nechán stát po dobu 1 min. Poté bylo pipetováno 2,5 ml činidla Carrez II (15%  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ), roztok byl opět promíchán a nechán stát po dobu 5 min. Následně byla odměrná baňka doplněna destilovanou vodou po rysku a obsah zfiltrován přes papírový filtr KA 4 (Papírna Peršejn s.r.o., ČR). Před vlastním stanovením byl filtrát ještě přefiltrován přes stříkačkový filtr (Nylon; 13 mm; 0,22  $\mu\text{m}$ ; Labicom, ČR).

Ze zásobních roztoků standardů o koncentraci 100  $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  byly připraveny kalibrační řady stanovovaných sacharidů fruktóza, glukóza, galaktóza, sacharóza, maltóza a laktóza o koncentracích 0,5 až 10  $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Z kalibračních řad byly sestrojeny kalibrační křivky a z jejich rovnic regrese vypočítán obsah sacharidů v  $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  vzorku. Obsah sacharidů byl stanoven pomocí HPLC Shimadzu LC-20AD Prominence vybaveným moduly DGU-20A<sup>SR</sup>, LC-20AD, SIL-20AC, RID-20AD, SPD-20AV (Shimadzu Handels GMBH, Rakousko). Separace byla prováděna na koloně ZORBAX  $\text{NH}_2$  70Å 5  $\mu\text{m}$  (250 x 4.6 mm, Agilent Technologies, USA) s izokratickou elucí a průtokem mobilní fáze 1,4  $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$  při teplotě  $23 \pm 1$  °C. Jako mobilní fáze byla zvolena směs voda:acetonitril v poměru 20:80, eluované sacharidy byly detekovány pomocí refraktometrického detektoru (Moraga *et al.*, 2006).

### 3.2.6 Stanovení obsahu celkových aminokyselin

Analýza celkových aminokyselin byla provedena iontovýměnnou chromatografií pomocí sodnocitrátových pufrů a ninhydrinové detekce. Vzorky potravin byly podrobeny kyselé (Lazárková *et al.*, 2011) a oxidativní hydrolýze z důvodu rozkladu siřných aminokyselin při kyselé hydrolýze (Fountoulakis & Lahm, 1998). Pro zjištění obsahu jednotlivých aminokyselin byly aminokyseliny ze vzorků (navážka 25 mg s přesností na 4 desetinná místa) uvolněny kyselou hydrolýzou (15 ml 6 M HCl, zahřívání v suchém termobloku po dobu 23 hodin při 117 °C,) (Juranville *et al.*, 1998; Weiss *et al.*, 1998). Cystein a metionin byl před kyselou hydrolýzou oxidován směsí 30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 85 % HCOOH v poměru 1:9 v/v (4 °C, 16 hodin) a následně hydrolyzován 50 ml 6 M HCl v olejové lázni po dobu 23 hodin při 118 °C. Po ukončení hydrolýzy byla ze vzorků odpařena HCl na rotační vakuové odparce (RVO 400, Ingos, ČR), sirupovitý odparek byl rozpuštěn v sodnocitrátovém pufru (pH 2,2) a nakonec byl vzorek přefiltrován přes stříkačkový filtr (LUT Syringe Filters Nylon; 13 mm; 0,22 µm; Labicom, ČR). Závěrem byly uvolněné aminokyseliny analyzovány pomocí iontové výměnné kapalinové chromatografie na automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingos, ČR) s kolonou 370 x 3.7 mm (iontoměnič Ostion LG ANG) s postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a spektrofotometrickou detekcí (440 nm pro prolin a 570 nm pro ostatní aminokyseliny (Friedman, 2004)). Cystein a methionin byly stanoveny jako kyselina cysteová a methioninsulfon. Z důvodu konverze amidů na příslušné kyseliny při kyselé hydrolýze byly asparagin a glutamin stanoveny jako kyselina asparagová kyselina glutamová (Fountoulakis & Lahm, 1998). Výsledky byly vyjádřeny g/kg (% w/w). Index esenciálních aminokyselin (EAAI) byl vypočítán podle vzorce 3.5 (Kráčmar *et al.*, 1999).

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 \cdot A_1}{B_1} \cdot \dots \cdot \frac{100 \cdot A_n}{B_n}} \quad /3.5/$$

A - množství specifické aminokyseliny v testovaném proteinu v g/100 g surového proteinu. B - množství stejné aminokyseliny v referenčním proteinu v g/100 g surového proteinu.

### 3.2.7 Stanovení obsahu bílkovin

Principem Kjeldahlovy metody s úpravou podle Winklera je mineralizace organické dusíkaté látky varem s koncentrovanou kyselinou sírovou, kdy se dusík přítomný ve formě různých funkčních skupin převádí na amoniak. Produkt reakce, vázaný ve formě síranu amonného se alkalizací uvolní a stanoví titračně (Lynch *et al.*, 2002). K navážce 0,25 g vzorku bylo pipetováno 10 ml koncentrované H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 2 kapky 30% roztoku H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Poté byl přidán směsný katalyzátor (CuSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v poměru 1:10) a následně probíhala mineralizace při teplotě 400 °C po dobu 60 minut. Mineralizovaný vzorek byl kvantitativně převeden do 25 ml odměrné baňky a doplněn po rysku destilovanou vodou.

Destilace 10 ml mineralizátu proběhla v přístroji Behr S2 (Behr Labor-Technik GmbH, Německo) vodní parou, amoniak byl uvolněn přidávkem 30% roztoku NaOH a jímán do titrační baňky s 50 ml 2% kyseliny trihydrogenborité. Závěrem byl vzniklý boritan amonný titrován 0,025 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na indikátor Tashiro (1 g methylenové modři a 2 g methylčerveně doplněné 96 % roztokem ethanolu na 1000 ml). Hmotnostní obsah hrubé bílkoviny byl vypočten podle vzorce 3.6.

$$\text{Obsah } m_B = a \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot M_N \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{př} \quad /3.6/$$

$m_B$	hmotnostní % hrubé bílkoviny	[% (w/w)]
$a$	spotřeba odměrného roztoku při titraci	[ml]
$c$	přesná koncentrace odměrného roztoku	[0,022912 M]
$M_N$	molární hmotnost dusíku	[ $M_N = 14,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ]
$f_t$	titrační faktor	[2]
$f_z$	zřed'ovací faktor	[2,5]
$f_{př}$	přepočítávací faktor podle (pšenice: – mouky a těstoviny 5,70; mléko a mléčné výrobky 6,38; ostatní potraviny 6,25)	

### 3.2.8 Stanovení obsahu tuků

Principem stanovení celkového obsahu tuků je extrakce nepolárních netěkavých látek z lyofilizovaného vzorku rozpouštědlem v Soxhletově extraktoru. Po odpaření rozpouštědla z extraktu je odparek zvážen. Papírová extrakční patrona s navázkou 3 g analyzovaného vzorku byla vložena v drátěném držáku do extrakční baňky se 100 ml hexanu. Po dobu 2,5 hodin probíhala extrakce, na jejímž konci byl hexan oddestilován a zbytek hexanu odpařen v digestoři. Dosušení probíhalo v sušárně při teplotě  $102 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 1 hodiny. Po vychladnutí byla baňka s vyextrahovaným tukem zvážena gravimetricky a obsah tuku byl vypočítán podle vzorce 3.7 (Manirakiza *et al.*, 2001).

$$\text{Obsah tuku } [\% (w/w)] = \frac{100 \cdot (b - a)}{m_{vz}} \quad /3.7/$$

$b$	hmotnost vysušené nádoby s tukem	[g]
$a$	hmotnost prázdné nádoby	[g]
$m_{vz}$	navážka vzorku	[g]

### 3.2.9 Senzorické hodnocení

Senzorické hodnocení bylo provedeno smyslovým panelem sestávajícím z vybraných hodnotitelů (zaměstnanci a studenti v doktorském studiu Ústavu technologie potravin) vyškolených podle normy ISO 8586 (2015) na úroveň vybraný posuzovatel anebo expert. Hodnocení probíhalo v senzorické laboratoři vybavené kójemi, vzorky označené příslušnými kódy byly podávány při teplotě  $22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , u potravin vyžadující tepelnou úpravu byl dodržen postup uváděný

výrobce a vzorky byly podávány ohřáté při teplotě  $65 \pm 2$  °C. Pro posouzení jednotlivých sensorických vlastností (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně – flavour) byla použita sedmibodová ordinální stupnice hédonického typu (1 - vynikající, 4 - dobrá, 7 - nepřijatelná), zatímco tuhost, cizí chutě a vůně (off-flavour) byly hodnoceny intenzitní stupnicí (1 - velmi malá, 4 - střední, 7 - extrémní).

V každém odběrovém termínu byla prováděna sensorická analýza pro posouzení jakosti potravin. V případě, že byla potravina hodnocena dvakrát po sobě v odběrových termínech nevyhovujícím stupněm, byla pro následující odběrový termín vyřazena z experimentu. Tímto způsobem byla eliminována náhodná chyba špatného balení, jež by mohla ovlivnit experiment. Přičemž v měsíci udělení jakékoliv úrovně sensorického hodnocení byla potravina podrobena všem analýzám.

### 3.2.10 Reologická analýza

Stanovení zdánlivé viskozity a viskoelastických vlastností bylo provedeno na reometru HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific, USA) se softwarem RheoWin Job Manager a RheoWin Data Manager. Řízení teplot bylo zajištěno pomocí ponorného cirkulátoru HAAKE AC 200 a chlazeného cirkulátoru ARCTIC A10 (Thermo Scientific, USA). Všechny analýzy byly prováděny v triplikátech ( $n = 3$ ).

Stanovení zdánlivé viskozity vzorku C-slunečnicový olej a M-med květový luční bylo provedeno za použití geometrie válec/válec (Z10 DIN, štěrbina 2,1 mm) při teplotě  $20,0 \pm 0,1$  °C. Do geometrie bylo naváženo 1,50 g vzorku (1 ml) a obsah byl promíchán při smykové rychlosti ( $\phi$ ) =  $40 \text{ s}^{-1}$  po dobu 1 minuty. V průběhu měření byla monitorována rotace a snímána viskozita z cyklické variace smykové rychlosti v rozsahu  $0,01\text{--}150 \text{ s}^{-1}$  po dobu 2 minut ve vzestupném a sestupném režimu. Data byla zpracována podle rovnice 3.8 k určení reologických parametrů (Yanniotis *et al.*, 2006).

$$\tau = K_c \phi^n \quad /3.8/$$

$\tau$	smykové napětí	[Pa]
$K_c$	index konzistence	[Pa·sec <sup>n</sup> ]
$\phi$	smyková rychlost	[sec <sup>-1</sup> ]
$n$	index chování kapaliny	[-]

Stanovení viskoelastických vlastností vzorku L-džem meruňkovo-jablečný, Nutella bylo provedeno pomocí paralelní geometrie deska/deska (MCP 35 a P35 Ti L, průměr 35 mm, štěrbina 1 mm). Teplota při měření byla udržována na  $20,0 \pm 0,1$  °C. Okraj vzorku byl ošetřen silikonovým olejem, aby se zabránilo vysychání. V průběhu měření byl monitorován elastický modul pružnosti ( $G'$ ) a ztrátový modul pružnosti ( $G''$ ). Tyto parametry byly určeny jako frekvence



funkce v rozmezí 0,05 - 100,00 Hz (amplituda smykového napětí 2 Pa). Komplexní modul ( $G^*$ ) byl vypočten podle rovnice 3.9. Frekvence 1 Hz byla zvolena jako referenční hodnota pro prezentaci výsledků  $G^*$  (Basu *et al.*, 2011).

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad /3.9/$$

### 3.2.11 Analýza texturního profilu

Vzorky potravin (D-balkánský sýr; E-předpečené bagety; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém) byly podrobeny dvojnásobné kompresi o 80 % své výšky (Texture Analyser TA.XT Plus, Stable Micro System, Velká Británie). Pro stlačení vzorků byla použita sonda deskového tvaru. Parametry analýzy byly následující: rychlost  $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , teplota  $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Z každé analyzované potraviny byl pro analýzu vyřezán vzorek kruhového tvaru (průměr 35 mm) (Szczesniak, 2002). Výsledkem analýz byly jednotlivé závislosti síly na čase, z nichž byly vypočítány jednotlivé parametry: tvrdost ( $F_{\text{max}}$ , maximální síla dosažená během prvního stlačovacího cyklu), soudružnost (poměr ploch energie druhého cyklu k cyklu prvnímu) a relativní lepivost (síla potřebná k překonání síly mezi povrchem vzorku a povrchem zatěžovací desky, se kterou vzorek přichází do kontaktu).

### 3.2.12 Mikrobiologická analýza

Stanovení celkového počtu aerobních a fakultativně anaerobních mezofilních mikroorganismů bylo provedeno podle normy ISO 4833-1 (2013), počet aerobních a anaerobních mikroorganismů tvořících spory podle (Harrigan, 1998), počet enterobakterií podle normy ISO 4832 (2006) a počet kvasinek a plísní podle normy ISO 21527-2 (2008). Mikrobiologická analýza byla provedena u všech analyzovaných vzorků potravin.

## 3.3 Statistické vyhodnocení výsledků

Výsledky chemických analýz byly podrobeny statistické analýze s použitím neparametrického Kruskal-Wallisova. Data ze senzorického hodnocení byla vyhodnocena Wilcoxonovým jednostranným testem. Data z chromatografických, reologických a texturně profilových analýz byla vyhodnocena pomocí Wilcoxonova testu (Eckschlager *et al.*, 1980; Hendl, 2015). Všechna statistická hodnocení byla provedena na hladině významnosti 0,05.

## 4. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

### 4.1 Skladovací pokus I

Dvouletý skladovací pokus, který obsahoval potraviny uvedené v Tab. 3.1 lze rozdělit do následujících celků:

- trvanlivé dehydratované výrobky
  - A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka,
- jedlý olej
  - C-slunečnicový olej,
- mléčné výrobky
  - D-balkánský sýr,
- pečivo
  - E-předpečené bagety,
- trvanlivé potraviny s obsahem masa
  - F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě.

#### 4.1.1 Výsledky mikrobiologického rozboru

Výsledky mikrobiologických analýz trvanlivých potravin během 24měsíčního skladování ukázaly, že sterilační záhřev v případě konzervovaných potravin byl dostatečný. Naopak, nejvyšší počty mikroorganismů byly zjištěny v dehydratovaných instantních produktech (bramborová kaše s mlékem, instantní gulášová polévka). Celkový počet aerobních anebo fakultativních anaerobních mezofilních mikroorganismů byl nad  $10^2$  KJT/g (bramborová kaše s mlékem) a  $10^4$  KJT/g (instantní gulášová polévka). Mimoto, při vyšších teplotách byl zjištěn počet sporulujících mikroorganismů až  $10^5$  KJT/g. Ze zjištěných dat lze usoudit, že konzumace tohoto druhu potravin po delší době skladování může vést ke zdravotnímu riziku spotřebitele. Navíc tyto výsledky potvrzují, že proces dehydratace není tak účinný jako sterilizační proces, zejména při skladování za zvýšené teploty. Podobné výsledky byly publikovány v práci Akharume *et al.*, (2018) při sledování růstu bakterií a plísní v potravinách.

Mikrobiologické analýzy balkánského sýru prokázaly přítomnost celkového počtu mikroorganismů v počtu nad  $10^3$  KJT/g. Také byly z kultivačních misek ojedinele odečteny aerobní a anaerobní sporuláty v rozmezí  $10^2$  až  $10^4$  KJT/g, dále byla zjištěna přítomnost plísní na počátku experimentu a po prvním měsíci skladování vzorků při mrazírenských teplotách. Nálezy celkového počtu mikroorganismů v počtu až do  $10^5$  KJT/g byly odečteny u vzorku předpečené bagety, stejně tak jako nálezy aerobních a anaerobních sporulátů, nejvíce však v počtu do  $10^4$  KJT/g.

#### 4.1.2 Výsledky chemické analýzy

Při založení experimentu byly v potravinách naměřeny počáteční údaje chemické analýzy (hodnota pH, obsah sušiny, obsah amoniaku, obsah sekundárních oxidačních produktů, obsah bílkovin a tuků).

Během skladování byl pozorován pokles hodnoty pH u všech skladovaných vzorků potravin. Výraznější změny byly pozorovány se vzrůstající teplotou skladování, a dále pak během prvních 12 měsíců skladování vzorků potravin.

U vzorku bramborová kaše s mlékem byla při založení experimentu naměřena hodnota pH  $6,04 \pm 0,01$ ; v průběhu skladování došlo k poklesu hodnoty pH o 0,33 až 0,76 po 12 měsících skladování ( $P < 0,05$ ), přičemž k největšímu poklesu hodnoty pH došlo během prvního roku skladování při teplotě 40 °C ( $P < 0,05$ ). Oproti tomu na konci skladování byl naměřen nejnižší pokles hodnoty pH u vzorků skladovaných při mrazírenských teplotách, a to o téměř šest desetin ( $P < 0,05$ ). Při použití ostatních teplot došlo k poklesu k hodnotám  $5,29 \pm 0,01$  (6 °C; 21 měsíc) a  $5,36 \pm 0,01$  (23 °C; 18 měsíc).

U vzorku instantní gulášová polévka byl naměřen ve 12 měsíci pokles o 1,10 hodnoty pH ( $P < 0,05$ ) při teplotě 40 °C z původní hodnoty v nultý den pH  $5,58 \pm 0,01$ . U vzorků skladovaných při teplotě 23 °C došlo k poklesu hodnoty pH o téměř jedna a půl na hodnotu  $4,13 \pm 0,01$  ( $P < 0,05$ ; 18 měsíc). K podobnému poklesu došlo i u vzorků skladovaných při teplotě 6 °C, kdy byla ve stejný měsíc naměřena hodnota pH  $4,23 \pm 0,01$ . Naopak, nejnižší naměřený pokles hodnoty pH o více jak čtyři desetiny byl zaznamenán při mrazírenské teplotě, kdy po 24měsíčním skladování byla hodnota pH stanovena jako  $5,14 \pm 0,02$ . Na počátku skladování byla u vzorku balkánský sýr naměřena hodnota pH  $5,00 \pm 0,02$ . Během skladování došlo k výraznému poklesu hodnoty pH, přičemž k největšímu poklesu o více jak jednu jednotku pH a šest desetin došlo u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C ( $P < 0,05$ ). Naopak nejnižší pokles o téměř devět desetin byl zaznamenán při teplotě -18 °C ( $P < 0,05$ ). Při teplotě 6 °C došlo během skladování k poklesu o 1,28 ( $P < 0,05$ ) a při teplotě 23 °C k poklesu o 1,49 ( $P < 0,05$ ) jednotek pH. Taktéž u vzorku předpečené bagety došlo k výraznému poklesu hodnoty pH z původně naměřené  $5,56 \pm 0,01$  až na pH 5,17 (40 °C;  $P < 0,05$ ). Méně výrazné poklesy v hodnotě pH byly naměřeny u teplot 23 °C, 6 °C a -18 °C. Segedínský guláš byl charakterizován hodnotou pH  $4,54 \pm 0,01$ , která poklesla na hodnotu 3,92 (-18 °C) a 3,57 (40 °C) po 12 měsících skladování, tj. pokles o více jak 6 desetin a téměř jednotku pH ( $P < 0,05$ ). Pokles hodnot pH pokračoval až do konce experimentu ( $P < 0,05$ ) a to o 1,29 v mrazírenských podmínkách, o 1,19 v chladírenských podmínkách a o 1,35 ve skladových podmínkách. Původní hodnoty pH  $6,37 \pm 0,01$  vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě poklesly pouze o šest setin při teplotě 40 °C. Pokles o čtyři setiny byl naměřen u teploty -18 °C, při 6 °C o dvě desetiny a při 23 °C o více jak tři desetiny ( $P < 0,05$ ). Vzorek májka lahůdkový vepřový krém byl na počátku charakterizován hodnotou pH  $6,04 \pm 0,01$ . Během prvních 12 měsíců došlo k poklesu o tři až osm desetin pro teploty od -18 °C po 40 °C ( $P < 0,05$ ). Po 24 měsících byly naměřeny hodnoty

5,65 ± 0,01 (-18 °C), 5,17 ± 0,01 (6 °C) a 4,96 ± 0,01 (23 °C). U vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě byl zaznamenán pokles hodnot pH pouze o jednu desetinu po 24měsíčním skladování při teplotě -18 °C. Z původní hodnoty pH 5,72 ± 0,01 klesla hodnota pH o více jak pět desetin při teplotě 6 °C a o téměř sedm desetin při teplotě 23 °C (P<0,05). Při teplotě 40 °C byl zaznamenán pokles o více jak tři desetiny po 12 měsících (P<0,05).

Ze získaných údajů obsahu sušiny bylo zjištěno, že během prvních 6 měsíců docházelo k největšímu vysoušení (P<0,05). Tento trend je přirozeným jevem probíhajícím v potravinách při skladování a byl pozorován po celou dobu experimentu, avšak s prodlužující se dobou skladování probíhal pomaleji. Obsah sušiny u dehydratovaných vzorků potravin (bramborová kaše s mlékem a instantní gulášová polévka) se v průběhu skladování příliš nelišil od hodnoty stanovené na počátku experimentu (94,83 % w/w; 95,48 % w/w). Po uplynutí 24 měsíců skladování byla intervalem vyjádřená hodnota obsahu sušiny pro vzorek bramborová kaše s mlékem 98,51 - 98,91 % (w/w). Pro vzorek instantní gulášová polévka byla hodnota obsahu sušiny v intervalu 98,89 až 99,06 % (w/w). U vzorku balkánský sýr byl pozorován nárůst obsahu sušiny z původních 41,07 % (w/w) až na 46,83 - 61,74 % (w/w) během prvních třech měsíců skladování. V následujících měsících se již hodnoty obsahu sušiny prudce nezvyšovaly a postupně docházelo k jejich ustálení na hodnotách vyjádřených intervalem 49,85 % (w/w) až 61,13 % (w/w). Předpečené bagety měly podobný nárůst obsahu sušiny z původních 64,55 % (w/w) na 70,02 až 96,89 % (w/w). U vzorku segedínský guláš byla při založení experimentu stanovena hodnota obsahu sušiny 15,81 % (w/w). Tato počáteční hodnota se v průběhu skladování navýšila až na hodnoty v rozmezí 17,04 - 17,93 % (w/w) ve 12 měsíci. S prodlužující se dobou skladování probíhalo další postupné navyšování obsahu sušiny na 18,11 % (w/w) až 18,60 % (w/w). U zbývajících vzorků nedocházelo k výrazným změnám v obsahu sušiny po dobu experimentu. Ve vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě byla na počátku stanovena hodnota obsahu sušiny 27,07 % (w/w), která se během skladování měnila jen velmi málo. Na konci experimentu byl stanoven obsah sušiny v rozmezí 26,74 až 28,92 % (w/w). Ve vzorku májka lahůdkový vepřový krém byla stanovena na počátku hodnota 43,58 (w/w) a po 24 měsících 46,03 až 47,23 % (w/w). Stejně tak ve vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě byla stanovena hodnota obsahu sušiny 21,26 % (w/w), po 24 měsících 18,70 - 20,26 % (w/w).

Obsah tuku i bílkovin v analyzovaných vzorcích (A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka; D-balkánský sýr; E-předpečené bagety; F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě) byl v souladu s nutričními údaji uvedenými výrobcem na obalech. Intervalem vyjádřené hodnoty obsahu tuku pro jednotlivé vzorky, seřazené abecedně od A až I, byly: 2,29 - 2,33 % (w/w), 12,73 - 11,42 % (w/w), 20,05 - 32,06 % (w/w), 1,27 - 1,62 % (w/w), 9,73 - 8,44 % (w/w), 4,72 - 5,26 % (w/w), 28,14 - 29,50 % (w/w), 1,80 - 1,63 % (w/w). Stejně tak jsou uvedeny i obsahy bílkovin: 8,84 - 9,80 % (w/w), 12,50 - 13,61 % (w/w), 14,85 -

21,97 % (w/w), 7,39 - 8,26 % (w/w), 4,43 - 4,68 % (w/w), 17,95 - 18,66 % (w/w), 8,66 - 9,16 % (w/w), 22,13 - 21,51 % (w/w).

Změny hodnot amoniaku jsou uvedeny v Tab. 4.1, ze které lze vyčíst počáteční hodnoty amoniaku v rozmezí od 15,0 do 71,1 mg/kg. V průběhu skladování docházelo k procesu deaminace, a byl pozorován trend vzrůstající koncentrace amoniaku. Na konci experimentu došlo ke zdvojnásobení původních hodnot u vzorků bramborová kaše s mlékem, předpečené bagety, segedínský guláš, májka lahůdkový vepřový krém, tuňák kousky ve vlastní šťávě. Vyšší nárůst byl zaznamenán u vzorků balkánský sýr a instantní gulášová polévka. V prvním případě se během prvních 12 měsíců navýšily hodnoty obsahu amoniaku čtyřnásobně a v druhém případě se během 24 měsíců původní hodnoty zpětinasobily. Během výzkumu bylo pozorováno, že obsah amoniaku u vzorků skladovaných při mrazírenských teplotách se časem postupně navyšoval. Lze tedy konstatovat, že teploty pod -18 °C nezastavily proces deaminace, nýbrž pouze do jisté míry zpomalily.

Sekundární produkty oxidace lipidů byly měřeny jako TBARS a jsou uvedeny v Tab. 4.2. Při použití této metody produkují mono nenasycené mastné kyseliny žluté pigmenty a červené pigmenty pocházejí z oxidovaných polynenasycených lipidů (Hoyland & Taylor, 1991). Na počátku experimentu byly hodnoty TBARS všech vzorků v rozmezí od 7,2 do 167,0 jednotek absorbance na miligram vzorku. S prodlužující se dobou skladování docházelo k navyšování hodnot obsahu TBARS u všech vzorků. K nejnižším nárůstům, většinou zdvojnásobení původních hodnot, docházelo ve vzorcích skladovaných při mrazírenské teplotě. Teplota měla velký vliv na tvorbu sekundárních oxidačních produktů, proto při teplotě 40 °C byly naměřeny nejvyšší hodnoty obsahu TBARS, intervalem vyjádřené rozmezí hodnot bylo 90–700 jednotek absorbance na mg vzorku. Nejnižší nárůst (2,5 až 4násobek) původní hodnoty byl pozorován u vzorků bramborová kaše s mlékem, instantní gulášová polévka, segedínský guláš, májka lahůdkový vepřový krém, tuňák kousky ve vlastní šťávě. Výrazný, a to 7 až 13krát násobný nárůst naměřených počátečních hodnot TBARS, byl naměřen u vzorků balkánský sýr, předpečené bagety a segedínský guláš. Tato maxima hodnot obsahu TBARS byla pozorována obvykle mezi 12 a 15 měsícem skladování. Po dosažení jejich maxim, již dále nedocházelo k dalšímu navyšování, hodnoty TBARS začaly měnit svůj rostoucí trend, a naopak začaly mírně klesat, popř. již dále neklesaly, a ustálily se.

Slunečnicový olej byl z experimentu vyřazen v průběhu prvního půlroku skladování, jelikož prováděné chemické analýzy neposkytly validní data. Z tohoto důvodu není tato potravina v této práci dále zmiňována.

Tab. 4.1: Výsledky stanovení obsahu amoniaku vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

Délka a teplota skladování		Amoniak [mg/kg]							
[měsíce]	[°C]	A	B	D	E	F	G	H	I
0	23	38,0 ± 0,7 <sup>A</sup>	39,9 ± 0,8 <sup>A</sup>	15,2 ± 0,3 <sup>A</sup>	15,0 ± 0,2 <sup>A</sup>	45,7 ± 1,0 <sup>A</sup>	71,1 ± 1,5 <sup>A</sup>	30,5 ± 0,6 <sup>A</sup>	68,5 ± 1,4 <sup>A</sup>
1	40	49,7 ± 1,0 <sup>B</sup>	95,2 ± 2,7 <sup>B</sup>	43,2 ± 0,9 <sup>B</sup>	24,7 ± 0,5 <sup>B</sup>	55,9 ± 1,1 <sup>B</sup>	93,9 ± 1,8 <sup>B</sup>	53,4 ± 1,1 <sup>B</sup>	76,2 ± 1,5 <sup>B</sup>
3	-18	37,9 ± 0,7 <sup>aA</sup>	101,4 ± 2,9 <sup>aB</sup>	15,5 ± 0,3 <sup>aA</sup>	15,1 ± 0,3 <sup>aA</sup>	48,2 ± 1,0 <sup>aB</sup>	88,9 ± 1,5 <sup>aB</sup>	40,6 ± 0,7 <sup>aB</sup>	70,1 ± 1,4 <sup>aA</sup>
	6	38,7 ± 0,8 <sup>aA</sup>	128,2 ± 3,0 <sup>bB</sup>	20,3 ± 0,4 <sup>bB</sup>	16,1 ± 0,3 <sup>bB</sup>	50,8 ± 1,0 <sup>bB</sup>	91,4 ± 1,7 <sup>bB</sup>	43,2 ± 0,5 <sup>bB</sup>	72,3 ± 1,4 <sup>aB</sup>
	23	39,4 ± 0,8 <sup>bA</sup>	152,3 ± 3,2 <sup>cB</sup>	38,1 ± 0,7 <sup>cB</sup>	18,0 ± 0,4 <sup>cB</sup>	53,3 ± 1,1 <sup>cB</sup>	93,2 ± 1,7 <sup>bB</sup>	45,7 ± 0,7 <sup>bB</sup>	79,2 ± 1,5 <sup>bB</sup>
6	40	56,2 ± 1,0 <sup>cC</sup>	161,8 ± 3,6 <sup>dC</sup>	53,3 ± 1,1 <sup>dC</sup>	27,9 ± 0,6 <sup>dC</sup>	60,9 ± 1,3 <sup>dC</sup>	106,6 ± 2,0 <sup>cC</sup>	57,1 ± 1,0 <sup>cC</sup>	88,6 ± 1,6 <sup>cC</sup>
	6	44,4 ± 0,9 <sup>aB</sup>	147,1 ± 3,6 <sup>aC</sup>	25,4 ± 0,5 <sup>aC</sup>	18,8 ± 0,3 <sup>aC</sup>	54,1 ± 1,2 <sup>aC</sup>	99,6 ± 1,9 <sup>aC</sup>	47,9 ± 0,8 <sup>aC</sup>	76,3 ± 1,5 <sup>aC</sup>
	23	45,8 ± 0,9 <sup>aB</sup>	168,2 ± 3,7 <sup>bC</sup>	41,0 ± 1,0 <sup>bC</sup>	19,5 ± 0,3 <sup>bC</sup>	56,5 ± 1,2 <sup>aC</sup>	108,7 ± 2,0 <sup>bC</sup>	50,6 ± 0,8 <sup>bC</sup>	84,0 ± 1,8 <sup>bC</sup>
9	40	60,8 ± 1,1 <sup>bD</sup>	194,2 ± 3,9 <sup>cD</sup>	59,7 ± 1,5 <sup>cD</sup>	30,7 ± 0,6 <sup>cC</sup>	66,3 ± 1,4 <sup>bD</sup>	115,9 ± 2,2 <sup>cD</sup>	62,4 ± 1,1 <sup>cD</sup>	97,0 ± 1,9 <sup>cD</sup>
	6	47,9 ± 0,7 <sup>aC</sup>	155,3 ± 3,3 <sup>aD</sup>	27,1 ± 0,6 <sup>aD</sup>	20,1 ± 0,5 <sup>aD</sup>	57,2 ± 1,2 <sup>aD</sup>	110,7 ± 2,1 <sup>aD</sup>	51,0 ± 0,9 <sup>aD</sup>	80,9 ± 1,6 <sup>aD</sup>
	23	48,4 ± 0,8 <sup>aC</sup>	176,1 ± 3,8 <sup>bD</sup>	43,7 ± 1,0 <sup>bD</sup>	21,2 ± 0,4 <sup>aD</sup>	59,7 ± 1,3 <sup>aD</sup>	113,8 ± 2,1 <sup>aD</sup>	55,4 ± 1,1 <sup>bD</sup>	87,3 ± 1,7 <sup>bC</sup>
12	-18	41,7 ± 0,6 <sup>aB</sup>	130,9 ± 3,1 <sup>aC</sup>	15,9 ± 0,2 <sup>aA</sup>	16,0 ± 0,3 <sup>aB</sup>	52,4 ± 1,1 <sup>aC</sup>	95,4 ± 1,7 <sup>aC</sup>	49,7 ± 0,9 <sup>aC</sup>	74,0 ± 1,6 <sup>aB</sup>
	6	49,9 ± 0,9 <sup>bC</sup>	169,4 ± 3,7 <sup>bE</sup>	28,6 ± 0,7 <sup>bD</sup>	22,0 ± 0,5 <sup>bE</sup>	60,1 ± 1,3 <sup>bE</sup>	115,9 ± 2,1 <sup>bE</sup>	57,0 ± 1,3 <sup>bE</sup>	85,3 ± 1,7 <sup>bE</sup>
	23	50,7 ± 1,0 <sup>bD</sup>	188,2 ± 3,9 <sup>cE</sup>	47,9 ± 1,1 <sup>cE</sup>	22,3 ± 0,6 <sup>bE</sup>	61,7 ± 1,3 <sup>bD</sup>	121,9 ± 2,3 <sup>cE</sup>	60,3 ± 1,3 <sup>cE</sup>	92,7 ± 1,9 <sup>cD</sup>
15	40	65,1 ± 1,4 <sup>cE</sup>	-	66,0 ± 1,7 <sup>dE</sup>	35,7 ± 0,7 <sup>cD</sup>	98,6 ± 1,4 <sup>cD</sup>	126,4 ± 2,2 <sup>dE</sup>	91,6 ± 2,7 <sup>dE</sup>	109,2 ± 2,4 <sup>dE</sup>
	6	58,8 ± 1,1 <sup>aD</sup>	175,4 ± 2,6 <sup>aE</sup>	-	-	63,3 ± 1,4 <sup>aF</sup>	121,7 ± 1,9 <sup>aF</sup>	55,8 ± 1,7 <sup>aE</sup>	83,8 ± 0,9 <sup>aE</sup>
	23	57,1 ± 1,0 <sup>aE</sup>	206,3 ± 3,4 <sup>bF</sup>	-	-	68,2 ± 0,8 <sup>bE</sup>	126,6 ± 1,7 <sup>bF</sup>	66,0 ± 1,4 <sup>bF</sup>	96,5 ± 1,5 <sup>bD</sup>
18	6	63,1 ± 1,4 <sup>aE</sup>	182,9 ± 3,9 <sup>aF</sup>	-	-	58,4 ± 0,4 <sup>aD</sup>	136,8 ± 2,2 <sup>aG</sup>	60,9 ± 1,8 <sup>aF</sup>	96,2 ± 1,3 <sup>aF</sup>
	23	82,5 ± 1,2 <sup>bF</sup>	215,8 ± 3,5 <sup>bG</sup>	-	-	70,8 ± 1,2 <sup>bF</sup>	157,4 ± 1,4 <sup>bG</sup>	73,6 ± 0,5 <sup>bG</sup>	102,7 ± 1,4 <sup>bE</sup>
21	6	76,2 ± 0,9 <sup>F</sup>	190,9 ± 3,7 <sup>G</sup>	-	-	76,2 ± 1,4 <sup>aF</sup>	152,3 ± 1,4 <sup>aH</sup>	63,2 ± 1,5 <sup>aF</sup>	107,1 ± 1,8 <sup>aG</sup>
	23	-	-	-	-	81,2 ± 0,8 <sup>bG</sup>	198,0 ± 2,1 <sup>bH</sup>	79,2 ± 0,9 <sup>bH</sup>	115,3 ± 1,7 <sup>bF</sup>
24	-18	47,0 ± 0,7 <sup>C</sup>	190,4 ± 3,1 <sup>aD</sup>	-	-	63,0 ± 1,0 <sup>D</sup>	87,3 ± 1,8 <sup>B</sup>	60,9 ± 1,0 <sup>aD</sup>	76,9 ± 1,8 <sup>aB</sup>
	6	-	205,5 ± 3,4 <sup>bH</sup>	-	-	-	-	67,5 ± 0,4 <sup>bG</sup>	112,3 ± 1,4 <sup>bH</sup>
	23	-	-	-	-	-	-	83,2 ± 0,6 <sup>cI</sup>	126,4 ± 1,5 <sup>cG</sup>

\* Obsah amoniaku je uveden jako průměr ± SD (n = 10); - nestanoveno; A-bramborová kaše s mlékem, B-instantní gulášová polévka, D-balkánský sýr, E-předpečené bagety, F-segedínský guláš, G-kuřecí maso ve vlastní šťávě, H-májka lahůdkový vepřový krém, I-tuňák kousky ve vlastní šťávě; Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší (P≥0,05). Průměrné hodnoty ve sloupcích u jednotlivých teplot (vliv doby skladování) následované stejným velkým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší (P≥0,05).

Tab. 4.2: Výsledky stanovení obsahu TBARS vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

Délka a teplota skladování		TBARS [ $A_{450}/\text{mg}$ ; $A_{538}/\text{mg}$ ]							
[měsíce]	[°C]	A	B	D	E	F	G	H	I
0	23	55,7 ± 1,0 <sup>A</sup>	136,2 ± 3,1 <sup>A</sup>	7,2 ± 0,1 <sup>A</sup>	102,8 ± 2,1 <sup>A</sup>	167,0 ± 3,3 <sup>A</sup>	6,7 ± 0,1 <sup>A</sup>	28,2 ± 0,6 <sup>A</sup>	30,8 ± 0,6 <sup>A</sup>
1	40	90,4 ± 2,6 <sup>B</sup>	157,1 ± 3,2 <sup>B</sup>	18,5 ± 0,4 <sup>B</sup>	311,2 ± 5,7 <sup>B</sup>	241,4 ± 4,7 <sup>B</sup>	13,2 ± 0,3 <sup>B</sup>	39,7 ± 0,8 <sup>B</sup>	56,2 ± 1,4 <sup>B</sup>
3	-18	60,5 ± 1,1 <sup>aB</sup>	143,5 ± 3,1 <sup>aB</sup>	23,8 ± 0,5 <sup>aB</sup>	245,9 ± 4,6 <sup>aB</sup>	208,8 ± 4,1 <sup>aB</sup>	11,9 ± 0,2 <sup>aB</sup>	32,5 ± 0,7 <sup>aB</sup>	31,1 ± 0,6 <sup>aA</sup>
	6	119,5 ± 2,4 <sup>bB</sup>	144,3 ± 3,2 <sup>bB</sup>	24,5 ± 0,5 <sup>aB</sup>	260,8 ± 4,7 <sup>aB</sup>	218,4 ± 4,2 <sup>bB</sup>	12,3 ± 0,2 <sup>bB</sup>	37,6 ± 0,7 <sup>bB</sup>	53,3 ± 1,3 <sup>bB</sup>
	23	121,2 ± 2,1 <sup>bB</sup>	154,8 ± 3,3 <sup>cB</sup>	28,1 ± 0,6 <sup>bB</sup>	321,1 ± 5,1 <sup>bB</sup>	236,1 ± 4,6 <sup>cB</sup>	15,5 ± 0,2 <sup>cB</sup>	41,7 ± 0,7 <sup>cB</sup>	56,2 ± 1,4 <sup>cB</sup>
6	40	129,1 ± 2,6 <sup>cC</sup>	306,7 ± 5,6 <sup>dC</sup>	35,9 ± 0,6 <sup>cC</sup>	477,6 ± 8,8 <sup>cC</sup>	299,7 ± 5,0 <sup>dC</sup>	29,8 ± 0,6 <sup>dC</sup>	61,9 ± 1,5 <sup>dC</sup>	77,2 ± 1,6 <sup>dC</sup>
	6	137,3 ± 2,8 <sup>aC</sup>	161,3 ± 3,6 <sup>aC</sup>	29,5 ± 0,5 <sup>aC</sup>	356,1 ± 7,6 <sup>aC</sup>	278,1 ± 5,2 <sup>aC</sup>	24,7 ± 0,7 <sup>aC</sup>	44,6 ± 0,8 <sup>aC</sup>	62,1 ± 1,4 <sup>aC</sup>
	23	140,5 ± 2,8 <sup>aC</sup>	169,1 ± 3,7 <sup>bC</sup>	34,4 ± 0,5 <sup>bC</sup>	369,4 ± 8,1 <sup>bC</sup>	302,7 ± 5,6 <sup>bC</sup>	30,8 ± 0,7 <sup>bC</sup>	49,4 ± 0,8 <sup>bC</sup>	67,8 ± 1,5 <sup>bC</sup>
9	40	174,1 ± 3,3 <sup>bD</sup>	351,9 ± 4,9 <sup>cD</sup>	55,3 ± 0,8 <sup>cD</sup>	581,7 ± 9,6 <sup>dD</sup>	357,1 ± 6,1 <sup>cD</sup>	58,6 ± 0,9 <sup>cD</sup>	73,1 ± 1,6 <sup>cD</sup>	89,5 ± 1,9 <sup>cD</sup>
	6	148,0 ± 3,1 <sup>aD</sup>	180,4 ± 3,9 <sup>aD</sup>	36,9 ± 0,5 <sup>aD</sup>	422,4 ± 8,8 <sup>aD</sup>	305,9 ± 6,0 <sup>aD</sup>	35,7 ± 0,8 <sup>aD</sup>	51,2 ± 0,9 <sup>aD</sup>	68,8 ± 1,6 <sup>aD</sup>
	23	159,2 ± 3,1 <sup>bD</sup>	191,1 ± 4,0 <sup>bD</sup>	40,1 ± 0,6 <sup>bD</sup>	450,9 ± 9,2 <sup>bD</sup>	349,2 ± 6,4 <sup>bD</sup>	50,1 ± 0,9 <sup>bD</sup>	58,4 ± 1,1 <sup>bD</sup>	72,1 ± 1,6 <sup>bD</sup>
12	-18	97,6 ± 2,7 <sup>aC</sup>	150,4 ± 3,7 <sup>aC</sup>	32,6 ± 0,4 <sup>aC</sup>	306,8 ± 8,6 <sup>aC</sup>	261,4 ± 5,1 <sup>aC</sup>	31,2 ± 0,6 <sup>aC</sup>	41,6 ± 0,7 <sup>aC</sup>	53,4 ± 1,3 <sup>aB</sup>
	6	160,4 ± 3,5 <sup>bE</sup>	189,0 ± 4,2 <sup>bE</sup>	41,4 ± 0,7 <sup>bE</sup>	499,3 ± 9,5 <sup>bE</sup>	342,0 ± 6,4 <sup>bE</sup>	44,4 ± 0,7 <sup>bE</sup>	59,0 ± 1,4 <sup>bE</sup>	75,4 ± 1,7 <sup>bE</sup>
	23	168,7 ± 3,4 <sup>bE</sup>	203,8 ± 4,8 <sup>cE</sup>	45,6 ± 0,7 <sup>cE</sup>	527,3 ± 9,6 <sup>cE</sup>	391,5 ± 6,7 <sup>cE</sup>	62,8 ± 0,9 <sup>cE</sup>	67,7 ± 1,7 <sup>cE</sup>	78,3 ± 1,8 <sup>cE</sup>
15	40	194,1 ± 3,6 <sup>cE</sup>	-	92,8 ± 2,0 <sup>dE</sup>	691,4 ± 9,9 <sup>dE</sup>	438,7 ± 7,2 <sup>dE</sup>	87,3 ± 1,8 <sup>dE</sup>	102,7 ± 1,6 <sup>dE</sup>	97,0 ± 1,9 <sup>dE</sup>
	6	160,8 ± 3,6 <sup>aE</sup>	199,3 ± 3,3 <sup>aF</sup>	-	-	330,1 ± 3,9 <sup>aF</sup>	46,3 ± 0,1 <sup>aF</sup>	62,1 ± 1,5 <sup>aE</sup>	79,6 ± 1,6 <sup>aF</sup>
	23	169,3 ± 4,1 <sup>bE</sup>	206,7 ± 2,1 <sup>bE</sup>	-	-	374,2 ± 3,1 <sup>bF</sup>	64,7 ± 0,3 <sup>bF</sup>	73,2 ± 0,8 <sup>bF</sup>	83,6 ± 1,3 <sup>bF</sup>
18	6	156,5 ± 3,5 <sup>aE</sup>	197,7 ± 4,6 <sup>aF</sup>	-	-	301,0 ± 1,2 <sup>aD</sup>	41,6 ± 2,1 <sup>aG</sup>	58,9 ± 1,7 <sup>aE</sup>	76,9 ± 1,6 <sup>aE</sup>
	23	168,8 ± 3,2 <sup>bE</sup>	203,6 ± 3,0 <sup>bE</sup>	-	-	359,2 ± 4,3 <sup>bD</sup>	57,1 ± 1,1 <sup>bG</sup>	70,0 ± 1,4 <sup>bG</sup>	79,7 ± 1,9 <sup>bE</sup>
21	6	158,4 ± 3,8 <sup>E</sup>	192,5 ± 2,7 <sup>E</sup>	-	-	301,8 ± 2,9 <sup>aD</sup>	38,5 ± 0,8 <sup>aH</sup>	56,4 ± 1,0 <sup>aF</sup>	73,3 ± 2,0 <sup>aE</sup>
	23	-	-	-	-	345,8 ± 4,8 <sup>bD</sup>	55,6 ± 1,3 <sup>bG</sup>	66,7 ± 1,2 <sup>bE</sup>	76,7 ± 1,5 <sup>bE</sup>
24	-18	115,6 ± 1,9 <sup>D</sup>	177,4 ± 3,3 <sup>aD</sup>	-	-	257,7 ± 4,2 <sup>D</sup>	40,3 ± 1,5 <sup>D</sup>	44,5 ± 1,3 <sup>aC</sup>	60,0 ± 1,1 <sup>aC</sup>
	6	-	185,4 ± 4,1 <sup>bE</sup>	-	-	-	-	55,8 ± 1,4 <sup>bF</sup>	70,9 ± 1,2 <sup>bD</sup>
	23	-	-	-	-	-	-	67,4 ± 1,7 <sup>cE</sup>	73,1 ± 1,9 <sup>cD</sup>

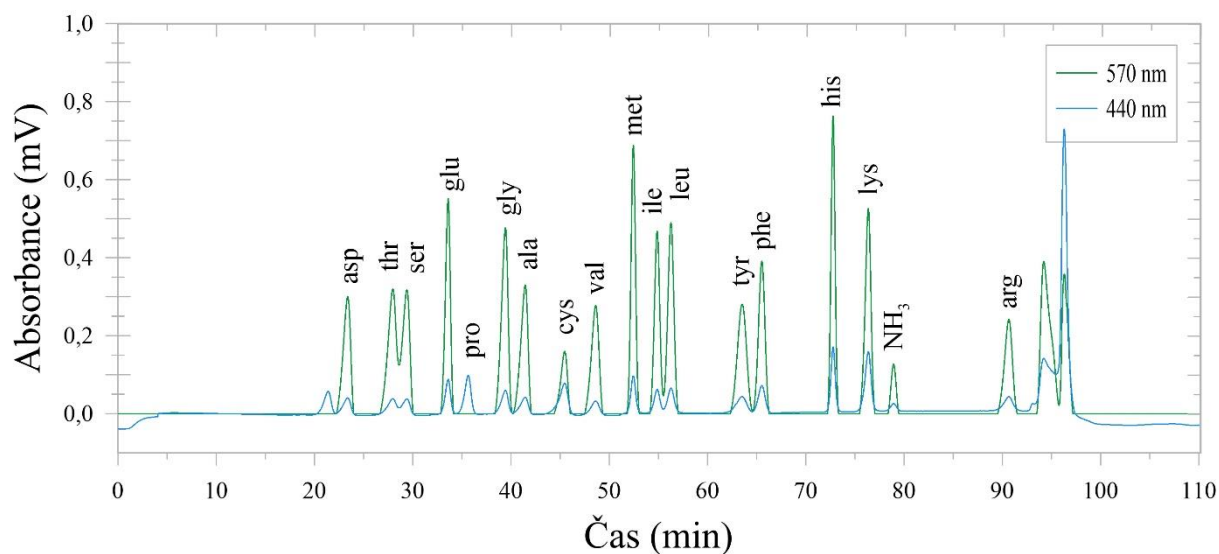
\* Obsah TBARS je uveden jako průměr ± SD (n = 10); - nestanoveno; A-bramborová kaše s mlékem, B-instantní gulášová polévka, D-balkánský sýr, E-předpečené bagety, F-segedínský guláš, G-kuřecí maso ve vlastní šťávě, H-májka lahůdkový vepřový krém, I-tuňák kousky ve vlastní šťávě; Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Průměrné hodnoty ve sloupcích u jednotlivých teplot (vliv doby skladování) následované stejným velkým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

### 4.1.3 Výsledky analýzy obsahu celkových aminokyselin

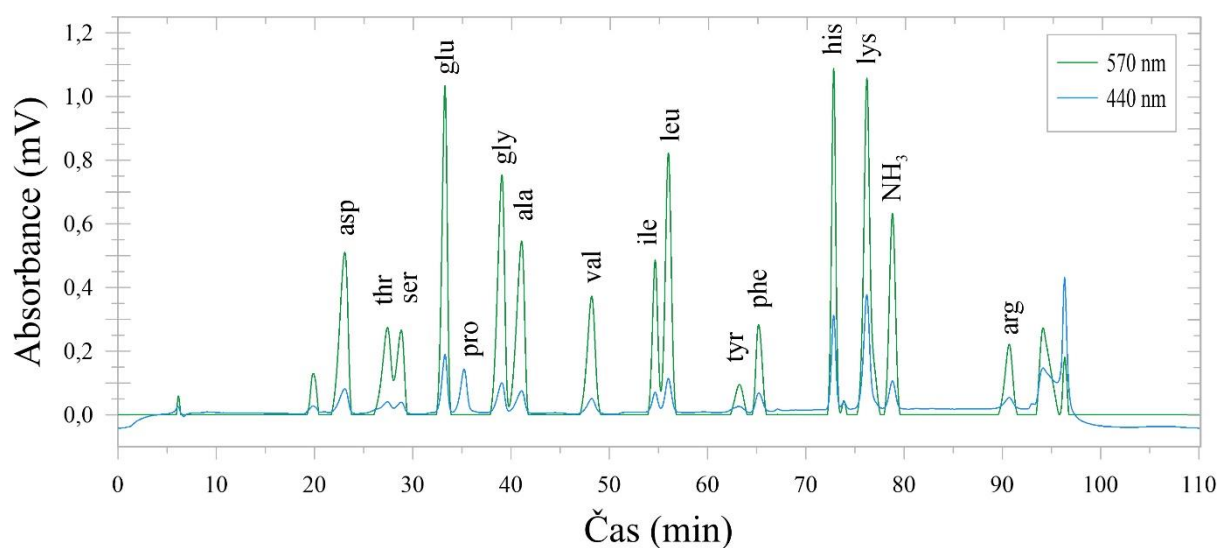
Analýza celkového obsahu aminokyselin byla provedena u všech vzorků z prvního experimentu. Příklady chromatogramů standardů kyselé hydrolyzy vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě jsou ilustrovány na Obr. 4.1, Obr. 4.2 a chromatogramy z oxidační hydrolyzy na Obr. 4.3, Obr. 4.4. Působení podmínek skladování na celkové souhrnné aminokyselinové složení potravin je prezentované v Tab. 4.3 a po zhodnocení lze formulovat následující závěry.

Celkový obsah aminokyselin během prvního roku u dehydratovaných potravin bramborová kaše s mlékem a instantní gulášová polévka skladovaných při  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  poklesl nejvíce o 7,54 % vůči hodnotě na počátku ( $P < 0,05$ ). Naopak významné rozdíly byly při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a to v prvním případě úbytek o 15,78 % ( $P < 0,05$ ) a v druhém o 5,44 % ( $P < 0,05$ ). Tento významný rozdíl byl způsoben ztrátou kyseliny glutamové a asparagové a dále pak methioninem. V průběhu druhého roku skladování byly ztráty aminokyselin oproti vstupní hodnotě na počátku měření v intervalu 12,76 – 15,28 % ( $P < 0,05$ ) bramborová kaše s mlékem a 2,58 až 9,55 % ( $P < 0,05$ ) instantní gulášová polévka. U aminokyselin alanin, leucin, methionin a cystein byly zaznamenány největší úbytky v prvním roce skladování. Naopak, v druhém roce již nebyl rozdíl tak významný ( $P \geq 0,05$ ). U potravin balkánský sýr docházelo v průběhu skladování k navyšování obsahu aminokyselin, a to v rozmezí od 0,13 až 2,09 % ( $P < 0,05$ ) v porovnání s hodnotou na počátku měření. U předpečené bagety tomu bylo o 8,25 až 14,71 % ( $P < 0,05$ ). Tento výrazný úbytek byl způsoben zejména ztrátou kyseliny glutamové a serinu. U balkánského sýru úbytkem kyseliny glutamové, argininu a dále pak cysteinem, methioninem a izoleucinem. Podobně, u vzorku segedínského guláše byly naměřeny ztráty celkového aminokyselinového složení v prvním roce skladování v intervalu od 2,49 – 5,66 % ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ( $P < 0,05$ ) a u vzorků skladovaných při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  o 10,20 % ( $P < 0,05$ ) oproti hodnotě na počátku. Úbytek celkového obsahu aminokyselin pokračoval i v druhém roce skladování, na jeho konci byl interval úbytku následující 2,27 – 10,20 % ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ( $P < 0,05$ ), porovnaný s hodnotami na počátku měření. V kuřecím masu ve vlastní šťávě, byly ztráty po prvním roce skladování oproti hodnotám na vstupu v intervalu od 1,76 – 5,58 % ( $P < 0,05$ ) ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a 10,44 % při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V druhém roce skladování byly ztráty v rozmezí od 2,25 – 10,26 % ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  v 24 měsících,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  v 21 měsících) ( $P < 0,05$ ). V případě májka lahůdkový vepřový krém byly po prvním roce skladování zaznamenány úbytky vyjádřené intervalem od počáteční hodnoty 1,24 – 5,18 % ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a o 9,84 %  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). V druhém roce skladování byly rozdíly o 1,53 % ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 5,06 % ( $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a 9,55 % ( $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ( $P < 0,05$ ). Podobně stabilní potravinou byl tuňák kousky ve vlastní šťávě, kde po prvním roce skladování byl naměřen úbytek aminokyselin o 1,47 až 5,94 % ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ( $P \geq 0,05$ ) a o 10,53 % při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). V druhém roce skladování také docházelo ke snižování obsahu aminokyselin, a to až o úbytky v rozmezí od 2,59 – 10,83 % ( $P < 0,05$ ).

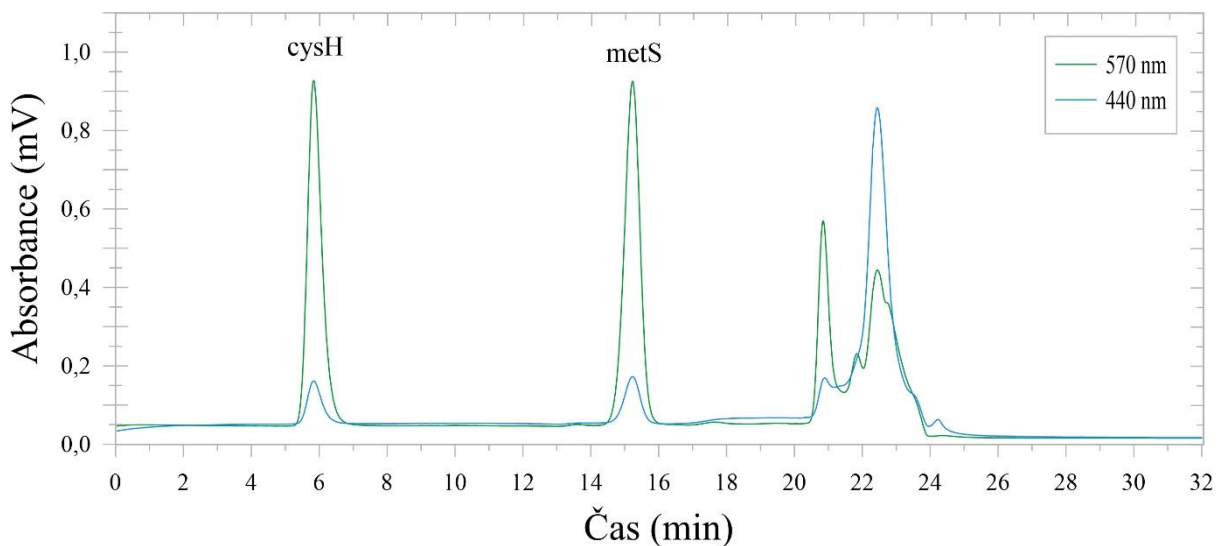




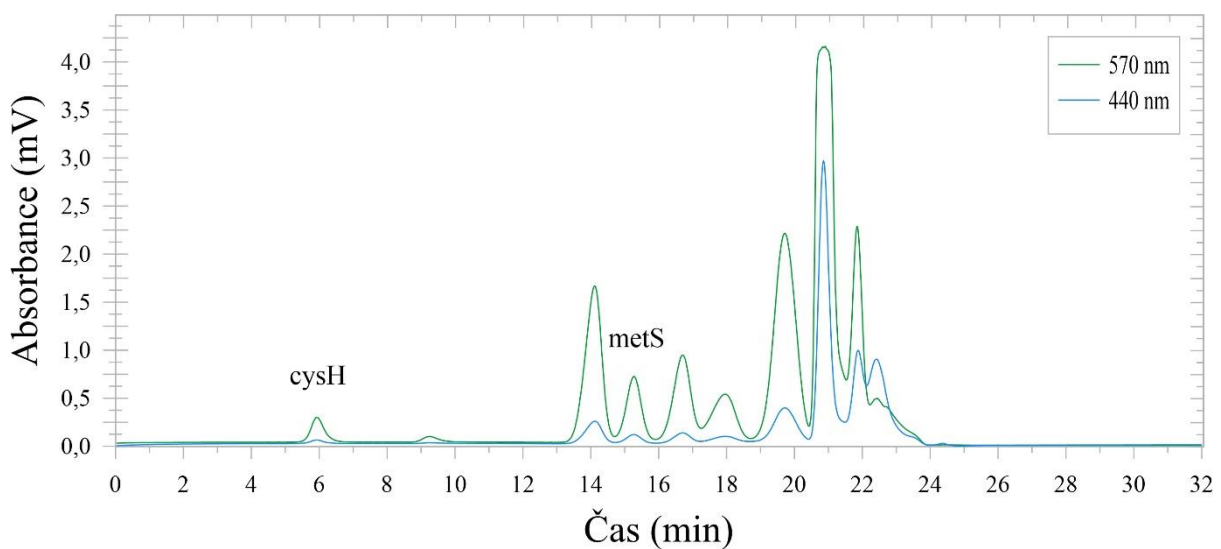
Obr. 4.1: Chromatogram standardu aminokyselin (kyselá hydrolyza). Pozn.: asp – kyselina asparagová; thr – threonin; ser – serin; glu – kyselina glutamová; pro – prolin; gly – glycin; ala – alanin; val – valin; ile – isoleucin; leu – leucin; tyr – tyrosin; phe – fenylalanin; his – histidin; lys – lysin;  $\text{NH}_3$  – amoniak; arg – arginin



Obr. 4.2: Chromatogram vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě (kyselá hydrolyza, 24 měsíc, teplota 23 °C). Pozn.: asp – kyselina asparagová; thr – threonin; ser – serin; glu – kyselina glutamová; pro – prolin; gly – glycin; ala – alanin; val – valin; ile – isoleucin; leu – leucin; tyr – tyrosin; phe – fenylalanin; his – histidin; lys – lysin;  $\text{NH}_3$  – amoniak; arg – arginin



Obr. 4.3: Chromatogram standardu aminokyselin (oxidační hydrolyza). Pozn.: cysH – cystein; metS – methionin



Obr. 4.4: Chromatogram vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě (oxidační hydrolyza, 24 měsíc, teplota 23 °C). Pozn.: cysH – cystein; metS – methionin

Zhodnocením celkového obsahu aminokyselin (viz Tab. 4.3) lze jednoznačně konstatovat snížení množství jak vlivem teploty, tak i délkou skladování. Tyto faktory se nejvíce promítly na snížení jejich množství aminokyselin alaninu, serinu, prolinu, fenyloalaninu, cysteinu, kyseliny glutamové a asparagové téměř u všech potravin. Z výsledků je navíc patrný největší úbytek aminokyselin při teplotě 40 °C. Vypočítané indexy esenciálních aminokyselin (EAAI) jsou uvedeny v Tab. 4.4. Z výsledků je patrné, že se EAAI snižovaly jak vlivem teploty, tak i délkou skladování ( $P < 0,05$ ). Poklesy obsahu aminokyselin ale také i EAAI při vyšších skladovacích teplotách spolu s prodlužující se délkou skladování byly popsány ve studiích Kadidlová *et al.*, (2010) a Lazárková *et al.*, (2011).

Tab. 4.3: Souhrnné výsledky celkového obsahu aminokyselin [g/kg (% w/w)] vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

	Délka [měsíce] a teplota skladování [°C]							
	0		12			24		
	23	- 18	6	23	40	- 18	6	23
A	54,43	50,34	52,07	50,62	45,83	46,12	46,79**	47,49***
B	112,10	109,69	108,54	106,02	10,63	109,24	106,28	101,39
D	0,05	0,18	0,49	1,03	2,16	-	-	-
E	51,02	46,13	46,80	45,89	43,53	-	-	-
F	44,14	43,04	42,72	41,58	39,62	43,09	41,73	39,60
G	164,69	161,81	159,02	155,54	147,49	161,01	155,27	147,78
H	274,33	270,93	266,46	260,12	247,34	270,13	260,38	248,12
I	169,90	167,42	164,27	159,81	152,04	165,49	160,67	151,53

\* celkový obsah aminokyselin je uveden jako průměr (n = 10); - nestanoveno; \*\* 21 měsíc; \*\*\* 18 měsíc; A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka; D-balkánský sýr; E-předpečené bagety; F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě

Tab. 4.4: Indexy esenciálních aminokyselin (EAAI) vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

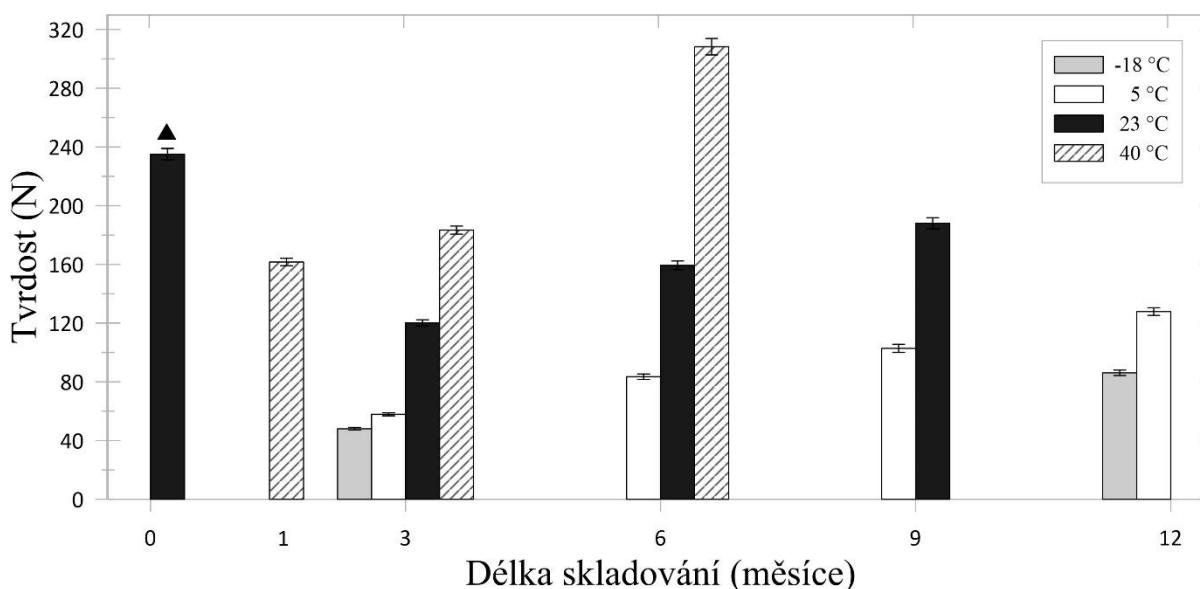
	Délka [měsíce] a teplota skladování [°C]							
	0		12			24		
	23	- 18	6	23	40	- 18	6	23
A	66,25	61,03	62,35	57,70	52,09	53,86	50,80*	52,22***
B	61,41	59,93	59,08	56,80	54,24	59,78	57,06	54,62
D	0,00	0,26	0,71	1,49	3,12	-	-	-
E	52,00	49,79	51,35	48,49	46,42	-	-	-
F	76,43	74,89	73,03	72,02	68,67	74,64	71,92	67,71
G	86,42	84,76	83,22	81,12	77,43	84,59	80,48	76,82
H	70,21	68,93	67,68	65,92	62,91	68,78	65,59	62,73
I	91,70	90,84	89,09	86,41	82,80	89,84	85,89	81,04

\* EAAI je uveden jako průměr (n = 10); - nestanoveno; \*\* 21 měsíc; \*\*\* 18 měsíc; A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka; D-balkánský sýr; E-předpečené bagety; F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě

#### 4.1.4 Analýza texturního profilu

Analýza texturního profilu byla použita pouze u vzorků balkánský sýr, předpečené bagety, kuřecí maso ve vlastní šťávě a májka lahůdkový vepřový krém, jelikož jejich konzistence umožnila tento typ analýzy. Výsledky analýz tvrdosti jsou zpracovány na Obr. 4.5 až Obr. 4.8.

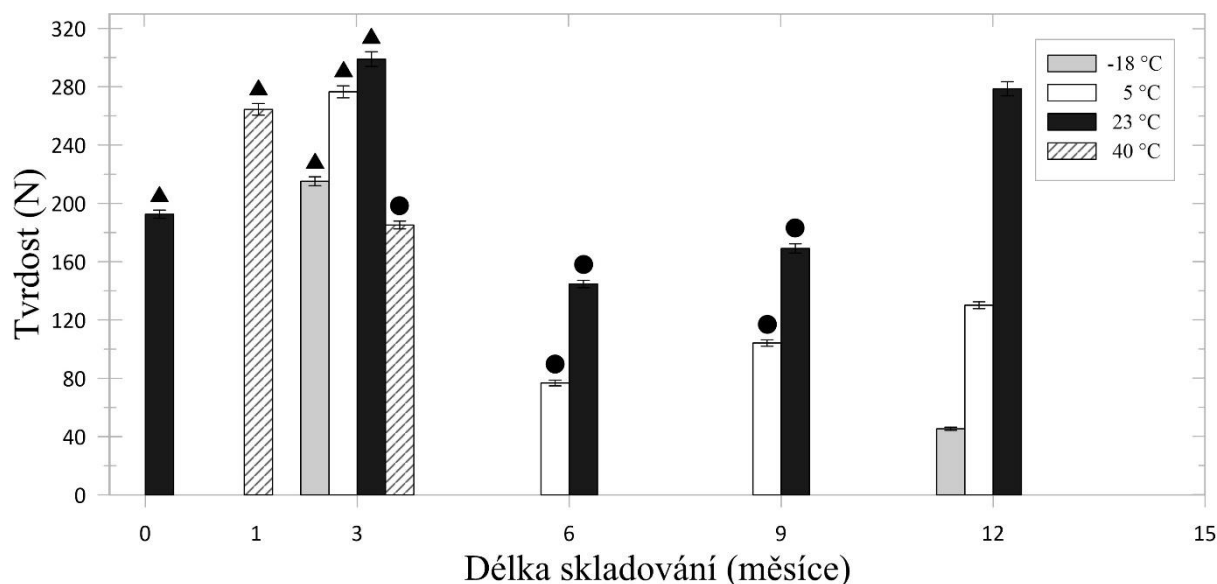
Texturní profil vzorku balkánský sýr byl před zahájením skladování proměřen 80% kompresí. Avšak kvůli výraznému navýšení sušiny, a tím pádem i výsledné tvrdosti, bylo nutné kompresi snížit. Proto již po prvním měsíci skladování byla komprese snížena na 50 % (viz Obr. 4.5). Navíc po 1 roce skladování při teplotě 40 °C dosáhly vzorky balkánského sýru takové tvrdosti, že je nebylo možné na daném zařízení analyzovat. Srovnáme-li tvrdost sýrů ve 3 měsíci a ve 12 měsíci, rozdíl tvrdosti při -18 °C a 6 °C byl přibližně 50 %, při 23 °C pak téměř 40 %. Další vypočítané veličiny, jako relativní lepivost a soudržnost byly během skladování zanedbatelné, popř. se měnily velmi nepravidelně.



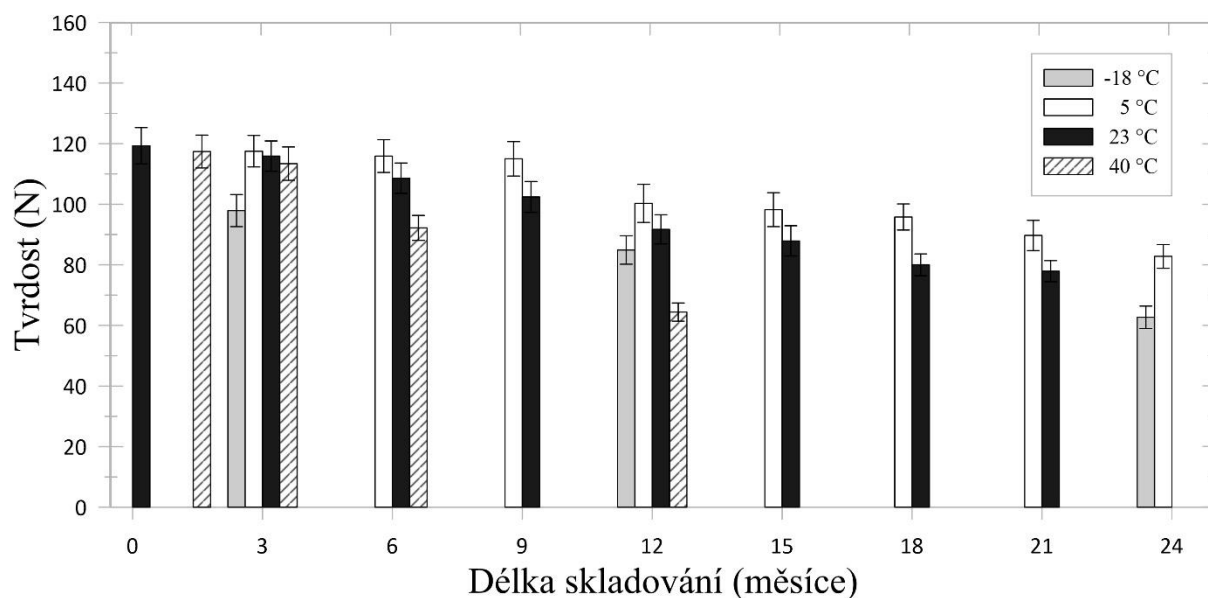
Obr. 4.5: Výsledky tvrdosti (N) během 12měsíčního skladování vzorku balkánský sýr. Vzorky označené (▲) byly stlačeny o 80 % a vzorky neoznačené o 50 %. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

U vzorku předpečené bagety (Obr. 4.6) byla míra komprese na začátku experimentu zvolena také 80 %. Z důvodu přílišného vysychání vzorku, který nebyl v takové míře předpokládán, docházelo k nárůstu tvrdosti, a proto byla míra komprese postupně měněna. Počáteční 80% komprese, byla ve třetím měsíci u vzorku skladovaném při 40 °C snížena na 50 %, a stejně tak bylo postupováno u dalších skladovaných vzorků předpečené bagety za jiných teplot od dalšího měřeného odběru. Ve 12. měsíci skladování byla komprese opět snížena, a to na 25 %. Při této kompresi nedokázal ovšem přístroj vzorek skladovaný při 40 °C proměřit, proto tento údaj chybí (Obr. 4.6). Z výše uvedených důvodů změn

komprese v průběhu experimentu, je obtížné získaná data objektivně porovnat a vyhodnotit. Přesto lze ze získaných dat s jistotou konstatovat, že vyšší teplota skladování měla signifikantní vliv na vysoušení vzorků (viz obsah sušiny), a tudíž i na výsledné texturní vlastnosti, zvláště pak navýšení tvrdosti. Soudržnost byla vyšší než u vzorku balkánský sýr a relativní lepivost vzorku předpečené bagety byla po dobu skladování nulová.



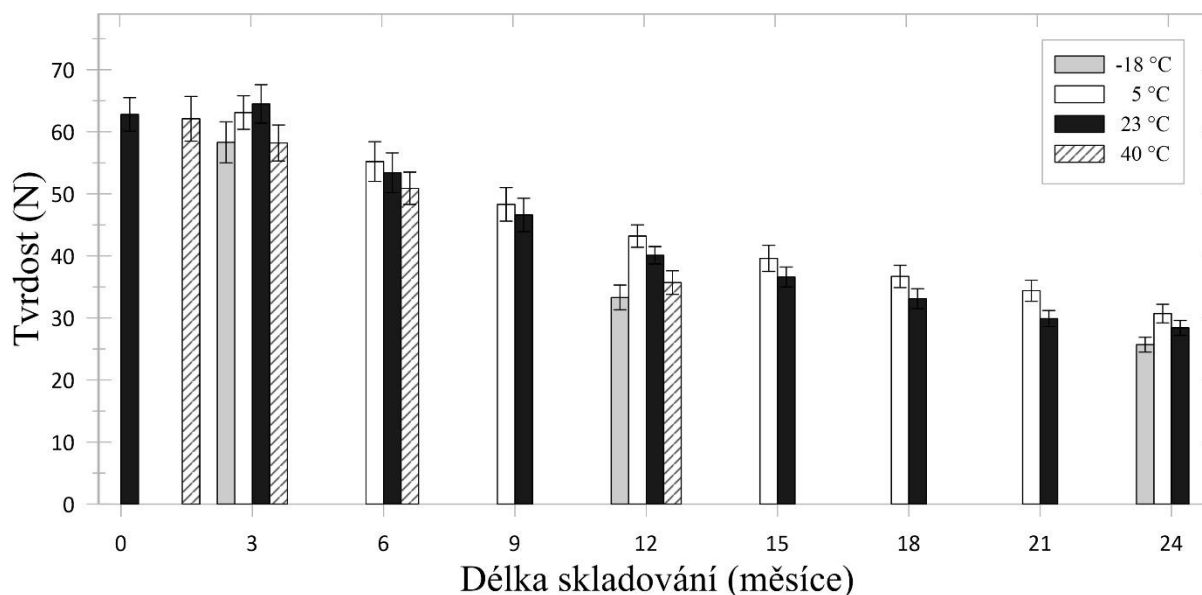
Obr. 4.6: Výsledky tvrdosti (N) během 12měsíčního skladování vzorku předpečené bagety. Vzorky označené (▲) byly stlačeny o 80 %, vzorky označené (●) o 50 %, vzorky neoznačené o 25 %. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )



Obr. 4.7: Výsledky tvrdosti (N) během 24měsíčního skladování vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

Výsledky texturní analýzy tvrdosti vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě, jsou uvedeny na Obr. 4.7 a májka lahůdkový vepřový krém na Obr. 4.8. U obou vzorků

nedocházelo k významným změnám v hodnotách tvrdosti během prvních třech měsíců skladování. Od třetího měsíce docházelo ke snižování tvrdosti jednotlivých vzorků. Tato změna je v souladu s obsahem sušiny, kdy se např. ve vzorku májka lahůdkový vepřový krém postupně navyšoval obsah sušiny ze 43 % (w/w) na 46 % (w/w) během prvních 9 měsíců a následně během zbývajících měsíců došlo k navýšení pouze o další jedno procento.



Obr. 4.8: Výsledky tvrdosti (N) během 24měsíčního skladování vzorku májka lahůdkový vepřový krém. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

#### 4.1.5 Senzorické hodnocení

Senzorické hodnocení bylo provedeno smyslovým panelem sestávajícím z 24 vybraných hodnotitelů pro posouzení kvality potravin. Tuhost byla hodnocena pouze u vzorků balkánský sýr, předpečené bagety, kuřecí maso ve vlastní šťávě, májka lahůdkový vepřový krém a tuňák kousky ve vlastní šťávě, jelikož jejich konzistence umožnila tento typ hodnocení. Zhodnocená data jsou přiložena v příloze A.

Při senzorické analýze vzorků bramborová kaše s mlékem skladovaných při mrazírenské teplotě bylo zjištěno, že se vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně a intenzita pochutí signifikantně nezhoršili ani na konci druhého roku skladování. Hodnoceny byly výborně a na chuti velmi dobře. Nejhůře byly hodnoceny vzorky skladované při teplotě 40 °C, které byly již po 3 měsících hodnoceny jako nevyhovující (vzhled a barva), s velkou intenzitou pachutí. V prvním měsíci byly vzorky hodnoceny stejně jako vzorky po dvou letech při teplotě -18 °C. Vyšší teplota se také negativně projevila na konzistenci výsledného pokrmu. Toto se ovšem dalo snadno odstranit přidáním většího množství vody, než je uvedeno výrobcem na obalu. Při teplotě 6 °C byla potravina hodnocena stále dobře v 18 měsíci skladování, a následně se hodnocení zhoršilo až na nevyhovující (chuť a vůně) ve 21 měsíci. Vzorky skladované při teplotě 23 °C byly hodnoceny

dobře s méně dobrou chutí již ve 12 měsíci. Hodnocení se zhoršilo na nevyhovující (chuť a vůně) až v 18 měsíci.

Vzorky instantní gulášové polévky byly hodnoceny jako méně dobré u vzhledu, barvy a konzistence již po 1 měsíci při 40 °C. S prodlužující se dobou skladování a vyšší teplotou, se jakost výrobku signifikantně zhoršovala, zvláště pak vzhled (tmavnutí), zhoršující se chuť krutonů, a také hořkost polévky a nepříjemná pachut' z procesu instantizace. Z důvodu nahořklé chuti a z pohledu bezpečnosti potravin byly vzorky polévky hodnoceny jako nepříjemné již v šestém měsíci při teplotě 40 °C. Méně dobré hodnocení bylo přiřazeno vzorkům skladovaným za ostatních teplot ve 12 měsíci a postupně se zhoršilo až na nepříjemné (chuť a vůně, pachut') po 18 měsících (23 °C) a 24 měsících (-18 °C). Přesto, vzorky uchovávané při teplotě 6 °C si udržely přijatelné hodnocení po celou dobu skladování. Hodnocení proto odpovídalo méně dobrému vzhledu, konzistenci a chuti se střední intenzitou pachuti. Ve 24 měsíci byla analyzována anomálie, vzorek skladovaný při -18 °C byl hodnocen hůře než vzorek při 6 °C. Jako příčina byla shledána pachut' krutonů obsažených v polévce.

V průběhu skladování docházelo u vzorku balkánský sýr k výrazným sensorickým změnám, které se projevily ve všech hodnocených parametrech. Nejenže docházelo k výraznému vysušování, jež je patrné jak z výsledků obsahu sušiny, ale i z analýzy texturního profilu. Z pohledu bezpečnosti potravin byly vzorky uskladněné při teplotě 40 °C již po třetím měsíci hodnoceny jako nevyhovující až nepříjemné (vysychání, zápach, ztmavnutí). Ve třetím měsíci skladování byly vzorky hodnoceny jako méně dobré na chuti, avšak bez přítomnosti jakýchkoliv pachutí (-18 °C až 23 °C). V následujících měsících docházelo k postupnému zhoršování sensorických vlastností.

Vzorky předpečené bagety skladované při 6 °C a 23 °C déle než 3 měsíce byly téměř nepoživatelné a v 6 měsíci byly hodnoceny jako méně dobré až nepříjemné pro vzhled a barvu, konzistenci, tuhost, chuť a vůni a intenzitu pachutí. O tři měsíce později bylo hodnocení nepříjemné. V případě teploty 40 °C tomu bylo již ve třetím měsíci. Při teplotě -18 °C byly vzorky ve třetím měsíci hodnoceny jako dobré, a následně ve 12 měsíci jako nepříjemné.

Na počátku skladování byl vzorek segedínský guláš hodnocen jako výborný (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně) s velmi malou intenzitou pachutí. Podobně jako u předešlých vzorků uchovávaných při 40 °C docházelo k intenzivnímu zhoršení sensorických vlastností, a proto ve třetím měsíci byl vzorek hodnocen jako méně dobrý, toto hodnocení si výrobek ponechal při dané teplotě až do 12. měsíce skladování. U vzorků skladovaných při teplotách 6 °C až 23 °C docházelo k postupnému zhoršování sensorických vlastností až na méně dobrou, mimo konzistenci, která zůstala po dobu skladování výborná. Vzorky uchovávané při -18 °C byly ve 24. měsíci skladování sensoricky hodnoceny nejhůře jako dobré.

U vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě docházelo ke zhoršení zejména při teplotách 40 °C (počáteční hodnocení vynikající s dobrou konzistencí). Již po

prvním měsíci skladování byla stupnicí ohodnocena chuť jako méně dobrá a v 6 měsíci skladování jako nevyhovující. Po 12 měsících skladování byly vzorky uskladněné při  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  hodnoceny střední intenzitou pachutí a dobrou chutí, přičemž vzhled, barva a konzistence zůstaly nezměněny. Během druhého roku skladování se vzhled zhoršil na velmi dobrý. S prodlužující se dobou skladování (21 měsíc) se hodnocení chutě a vůně postupně měnilo až na nevyhovující. Navíc, vzorky byly hodnoceny velkou intenzitou pachutí. Na konci skladování byly vzorky při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  hodnoceny dobrou tuhostí, nevyhovující chutí a tomu příslušnou intenzitou pachutí. Je třeba poznamenat, že v druhém roce skladování byla sensoricky zjištěna tzv. „kovová příchut“ ve výrobku.

Závěrem, vzorky májka lahůdkový vepřový krém a tuňák kousky ve vlastní šťávě si za podmínek skladování zachovaly celkově středně dobré hodnocení při všech skladovaných teplotách. Jediný téměř neuspokojivý výsledek byl pozorován ve vzorcích při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve 12 měsících (obecně žluknutí, změna barvy a struktury). Stejně jako v případě kuřecího masa ve vlastní šťávě, byla u vzorku tuňáku kousky ve vlastní šťávě zaznamenána „kovová příchut“.



## 4.2 Skladovací pokus II

V průběhu řešení prvního skladovacího pokusu byl založen druhý dvouletý skladovací pokus. Potraviny zvolené pro potřeby naplnění dílčího cíle lze rozdělit do následujících celků:

- trvanlivé potraviny s vyšším obsahem sacharidů, z toho cukrů
  - J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé čokoládové; L-džem meruňkovo-jablečný; M-med květový luční; N-nutella,
- trvanlivé dehydratované výrobky
  - O-instantní nudle; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svíčková,
- trvanlivé potraviny s obsahem masa (masovou složkou)
  - P-kuře na paprice; T-čočka s klobásou.

### 4.2.1 Výsledky mikrobiologického rozboru

Největší mikrobiologický nález byl odečten u vzorků ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; müsli křupavé čokoládové, med květový luční, nutella, instantní nudle, kuře na paprice, instantní nudlová polévka s hovězí příchutí a dobrý hostinec svíčková. U všech těchto potravin bylo zjištěno množství celkového počtu mikroorganismů v průběhu skladování v intervalu od  $10^1$ - $10^5$  KJT/g. Stejně tak bylo u těchto vzorků stanoveno velké množství aerobních a anaerobních sporulujících mikroorganismů:  $10^2$ - $10^3$  KJT/g (ovesná kaše jablka, rozinky, skořice),  $10^2$ - $10^4$  KJT/g (müsli křupavé čokoládové),  $10^1$ - $10^4$  KJT/g (džem meruňkovo-jablečný),  $10^1$ - $10^2$  KJT/g (med květový luční),  $10^1$ - $10^4$  KJT/g (nutella),  $10^1$ - $10^5$  KJT/g (instantní nudle),  $10^1$ - $10^4$  KJT/g (kuře na paprice),  $10^2$ - $10^3$  KJT/g (instantní nudlová polévka s hovězí příchutí),  $10^1$ - $10^4$  KJT/g (dobry hostinec svíčková).

Kvasinky anebo plísně byly detekovány ve vzorcích ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, müsli křupavé čokoládové, džem meruňkovo-jablečný, med květový luční, instantní nudle, kuře na paprice v řádech až  $10^2$  KJT/g. Ve vzorku kuře na paprice bylo detekováno největší množství kvasinek, celkově  $10^5$  KJT/g ve vzorku skladovaném 3 měsíce při  $40\text{ }^\circ\text{C}$ .

## 4.2.2 Základní chemická analýza

Stejně jako u prvního experimentu byly na počátku skladování proměřeny veškeré počáteční údaje základní chemické analýzy (hodnota pH, obsah sušiny, obsah amoniaku, obsah sekundárních oxidačních produktů, obsah bílkovin a tuků). Z důvodů senzorické jakosti (viz v kapitole 4.2.4) nebyly po 12 měsíci dále skladovány a hodnoceny vzorky potravin ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, müsli křupavé čokoládové, nutella a dobrý hostinec svíčková s výjimkou vzorků uskladněných při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

V průběhu skladování byl jako v předchozím experimentu pozorován trend poklesu hodnot pH u všech skladovaných vzorků. S prodlužující se délkou skladování a vzrůstající teplotou byly pozorovány výraznější změny, zvláště pak během prvních 12 měsíců ( $P < 0,05$ ). Počáteční hodnota pH vzorku ovesná kaše jablka, rozinky, skořice byla stanovena na  $5,58 \pm 0,02$  a následně během 12 měsíců došlo k poklesu jen o jednu setinu u vzorku skladovaném při mrazírenských teplotách a o čtyři setiny při chladírenských teplotách ( $P \geq 0,05$ ). Vyšší pokles hodnoty pH o téměř tři desetiny a o více jak čtyři desetiny byl naměřen u vzorků skladovaných při teplotě  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). Pokles o pouhých osm setin hodnoty pH byl naměřen ve 24 měsíci u vzorků uchovávaných při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ze získaných dat je zřejmé, že skladování při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  nemělo signifikantní vliv na změnu hodnoty pH ( $P \geq 0,05$ ). U vzorku müsli křupavé čokoládové nebyl po 12měsíčním skladování v mrazírenských podmínkách naměřen významný pokles hodnoty pH od hodnoty naměřené na počátku skladování a to  $6,47 \pm 0,03$  ( $P \geq 0,05$ ). Změny v hodnotě pH o více jak tři desetiny byly zaznamenány při teplotě  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pokles o čtyři desetiny při teplotě  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  a o více jak pět desetin při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). Ve 24 měsíci skladování byl naměřen pokles hodnoty pH o pouhých devět setin v mrazírenských teplotách ( $P \geq 0,05$ ). Hodnota pH vzorku džem meruňkovo-jablečný poklesla v průběhu 24měsíčního skladování z původní hodnoty  $3,20 \pm 0,01$  o jednu setinu hodnoty pH ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P \geq 0,05$ ) a o více jak tři desetiny a čtyři desetiny při teplotách  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). Pro srovnání hodnota pH ve 12 měsíci při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  byla naměřena jako  $2,81 \pm 0,02$ , tedy došlo k poklesu o téměř čtyři desetiny hodnoty pH ( $P < 0,05$ ). Podobně byly zaznamenány změny hodnoty pH u vzorku med květový luční. Počáteční naměřená hodnota pH byla  $3,80 \pm 0,03$  a následně po 24 měsících byly naměřeny poklesy hodnot pH o čtyři desetiny při teplotě  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a šest desetin při  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). U vzorků skladovaných při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  byla naměřena hodnota pH  $3,84 \pm 0,02$ . Po 12 měsících skladování při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  byl naměřen pokles hodnoty pH o čtyři desetiny ( $P < 0,05$ ). Pokles hodnoty pH u vzorku nutella z původně naměřené  $6,12 \pm 0,02$  byl po 12měsíčním skladování při teplotě  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  o téměř tři desetiny a o téměř čtyři desetiny při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). Na konci experimentu byl po 24 měsících naměřen pokles hodnoty pH o pouhou jednu desetinu u vzorků uchovávaných při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,05$ ). U vzorku instantní nudle proběhl pokles hodnoty pH z hodnoty  $6,92 \pm 0,01$  o 1,44 během 12 měsíců skladování při

teplotě 40 °C ( $P < 0,05$ ). Pokles o pět desetin (-18 °C), tři desetiny (6 °C) a více jak tři desetiny (23 °C) ( $P < 0,05$ ) byl zaznamenán po 24 měsících. Na konci skladování byly naměřeny poklesy hodnot pH ( $P < 0,05$ ) u vzorku kuře na paprice (-18 °C) o dvě desetiny, sedm desetin (6 °C) a šest desetin (23 °C, 40 °C). Původní hodnota pH byla stanovena na hodnotu  $6,21 \pm 0,02$ . Menší změny v trendu poklesu hodnoty pH byly pozorovány u vzorku instantní nudlová polévka s hovězí příchutí. Počáteční hodnota pH byla naměřena  $6,72 \pm 0,02$  a s prodlužující se dobou skladování byl naměřen pokles o šest desetin (40 °C) po 12 měsících, a po 24 měsících o dvě desetiny při teplotě -18 °C a 6 °C a o pět desetin při teplotě 23 °C ( $P < 0,05$ ). Získaná data z hodnot pH po dobu skladování vzorku dobrý hostinec svíčková ukázala pokles z původní hodnoty pH  $5,70 \pm 0,02$  o dvě desetiny (-18 °C, 24 měsíců), o více jak čtyři desetiny (6 °C, 12 měsíců), a dále pak o více jak devět desetin (23 °C, 12 měsíců), a nakonec o 1,15 hodnoty pH (40 °C, 12 měsíců) ( $P < 0,05$ ). Na počátku experimentu byla pro vzorek čocka s klobásou naměřena hodnota pH  $5,81 \pm 0,02$ . V průběhu skladování byly naměřeny poklesy hodnot pH o čtyři desetiny při teplotách -18 °C a 6 °C, o více jak pět desetin při teplotě 23 °C, a dále o více jak šest desetin (40 °C, 12 měsíců) ( $P < 0,05$ ). Následně po 24 měsících byl zaznamenán pokles oproti původní hodnotě o více jak dvě desetiny při teplotě -18 °C. Při teplotě 6 °C o více jak pět desetin a o téměř šest desetin při teplotě 23 °C ( $P < 0,05$ ).

Intervalem vyjádřená hodnota obsahu sušiny vzorku ovesná kaše jablka, rozinky, skořice byla po 12 měsících skladování 96,38 až 97,79 % (w/w). Hodnota stanovená při založení byla 95,01 % w/w. Pro srovnání, po 24 měsících při teplotě -18 °C byla naměřena hodnota 96,96 % (w/w). U vzorku müsli křupavé čokoládové po 12měsíčním skladování byly naměřeny hodnoty vyjádřené intervalem 96,03 až 97,62 % (w/w). Tyto hodnoty se výrazně neliší od hodnoty sušiny naměřené na počátku skladování 96,39 % (w/w) ( $P \geq 0,05$ ). Vzorky džem meruňkovo-jablečný a med květový luční obsahovaly větší množství vody, které se během skladování odpařovalo z původních hodnot 70,27 % (w/w) a 84,65 % (w/w). Ve vzorku džem meruňkovo-jablečný byly ve 12 měsíci skladování stanoveny hodnoty obsahu sušiny vyjádřené intervalem 71,32 - 83,03 % (w/w) a ve 24 měsíci skladování hodnoty 71,72 až 78,92 % (w/w). Stejně jsou uvedeny hodnoty obsahu sušiny pro vzorek med květový luční: 84,31 - 90,78 % (w/w; -18 °C až 40 °C, 12 měsíc) a 83,90 až 87,71 % (w/w; -18 °C až 23 °C, 24 měsíc). Hodnoty obsahu sušiny pro vzorek nutella byly naměřeny jako následující: 99,38 - 99,79 % (w/w; -18 °C až 40 °C, 12 měsíc). Hodnota naměřená ve 24 měsíci (-18 °C) byla 99,22 % (w/w) a původní hodnota na počátku experimentu byla 99,50 % (w/w). Pro vzorek instantní nudle byly při založení naměřeny hodnoty obsahu sušiny 97,81 % (w/w). V průběhu experimentu se hodnoty obsahu sušiny pohybovaly v rozmezí 97,70 až 99,17 % (w/w; -18 °C až 40 °C) a na konci experimentu 96,64 až 97,62 % (w/w; -18 °C až 23 °C). Obsah sušiny byl pro vzorek kuře na paprice na počátku experimentu 97,45 % (w/w), ve 12 měsíci skladování 98,08 - 99,17 % (w/w; -18 °C až 40 °C) a po 24 měsících 98,39 až

98,41 % (w/w; -18 °C až 23 °C). Vzorek instantní nudlová polévka s hovězí příchutí byl charakterizován hodnotou 98,92 % (w/w) na počátku a hodnotami obsahu sušiny ve 12 měsíci vyjádřenými intervalem 97,87 - 98,79 % (w/w; -18 °C až 40 °C). Po 24 měsících intervalem 97,05 až 98,61 % (w/w; -18 °C až 23 °C). Hodnota obsahu sušiny pro vzorek dobrý hostinec svíčková byla při založení 95,19 % (w/w). Ve 12 měsíci skladování byly hodnoty 97,08 - 98,12 % (w/w; -18 °C až 40 °C). Hodnota obsahu sušiny naměřená ve 24 měsíci skladování při teplotě -18 °C byla 96,93 % (w/w). Pro vzorek čočka s klobásou byly na počátku naměřeny hodnoty obsahu sušiny 28,04 % (w/w). V průběhu experimentu se obsah sušiny pohyboval v rozmezí hodnot 28,34 - 29,74 % (w/w; -18 °C až 40 °C) a na konci experimentu 28,34 až 29,32 % (w/w; -18 °C až 23 °C).

Při stanovení obsahu tuku a bílkovin v analyzovaných vzorcích docházelo pouze k minimálním odchylkám od výrobcem deklarovaných nutričních údajů, a to přibližně v rozmezí 1 %, jenž může odpovídat chybě stanovení. Výjimkou byl vzorek kuře na paprice, u kterého výrobce deklaruje údaje ve 100ml hotového pokrmu. Po přibližném přepočtu na koncentrát vychází údaje vyšší než naměřené. Přesnější výpočet nebyl stanoven z důvodu chybějících dat od výrobce. Intervalem vyjádřené hodnoty obsahu tuku pro jednotlivé vzorky, byly: 7,49 - 7,54 % (w/w; ovesná kaše jablka, rozinky, skořice), 16,97 - 17,54 % (w/w; müsli křupavé čokoládové), 30,06 - 31,70 % (w/w; nutella), 17,82 - 19,16 % (w/w; instantní nudle), 36,75 - 38,52 % (w/w; kuře na paprice), 17,89 - 15,66 % (w/w; instantní nudlová polévka s hovězí příchutí), 3,94 - 4,23 % (w/w; dobrý hostinec svíčková), 8,15 - 7,95 % (w/w; čočka s klobásou). Stejně tak jsou uvedeny i obsahy bílkovin: 10,92 - 11,89 % (w/w; ovesná kaše jablka, rozinky, skořice), 8,16 - 8,26 % (w/w; müsli křupavé čokoládové), 5,94 - 6,48 % (w/w; nutella), 9,34 - 9,57 % (w/w; instantní nudle), 6,91 - 6,59 % (w/w; kuře na paprice), 9,33 - 7,94 % (w/w; instantní nudlová polévka s hovězí příchutí), 11,69 - 12,36 % (w/w; dobrý hostinec svíčková), 7,71 - 5,66 % (w/w; čočka s klobásou).

Výsledky obsahu amoniaku jsou zaznamenány do Tab. 4.5, kde si z prezentovaných dat můžeme povšimnout postupného navyšování obsahu amoniaku ( $P < 0,05$ ). Tento trend měl lineární charakter ve všech skladovaných vzorcích při všech teplotách. Nejvyšší nárůst byl vyhodnocen u vzorků kuře na paprice, instantní nudlová polévka s hovězí příchutí, a to konkrétně u vzorku kuře na paprice téměř o dvojnásobek (-18 °C), trojnásobek (6 °C a 23 °C) a více než čtyřnásobek (40 °C) po jednom roce skladování. Následně pak po 24měsíčním skladování se obsah amoniaku navýšil o více jak dvojnásobek (-18 °C), více jak čtyřnásobek (6 °C) a téměř šestnásobek (23 °C) oproti původní hodnotě. U vzorku instantní nudlové polévky byly stanoveny nárůsty obsahů amoniaku na přibližně trojnásobek (-18 °C, 6 °C a 23 °C) a čtyřnásobek (40 °C) po prvním roce. Na konci experimentu se hodnoty navýšily o přibližně čtyřnásobek (-18 °C a 6 °C) a pětinásobek (23 °C). U vzorků ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, müsli křupavé čokoládové se shodně navyšoval obsah amoniaku o méně než dvojnásobek (-18 °C, 6 °C a 23 °C) a přibližně čtyřnásobek (40 °C). Ve vzorku

instantní nudle se během skladování navýšil ve 12 měsíci skladování obsah amoniaku o dvojnásobek (-18 °C), téměř trojnásobek (6 °C a 23 °C) a přibližně pětinásobek (40 °C). Po uplynutí 24 měsíců to bylo pak v porovnání s hodnotou na počátku téměř čtyřnásobek (-18 °C, 6 °C a 23 °C). Vzorek dobrý hostinec svíčková skladovaný pouze 12 měsíců měl nárůst o dvojnásobek (-18 °C), trojnásobek (6 °C a 23 °C) a čtyřnásobek (40 °C). Poslední skladovaný vzorek čočka s klobásou byl charakterizován navýšením obsahu amoniaku o více jak dvojnásobek (-18 °C, 6 °C), téměř trojnásobek (23 °C) a téměř čtyřnásobek (40 °C) po 12 měsících. Na konci experimentu byl nárůst přibližně trojnásobný (-18 °C, 6 °C) a více jak trojnásobný (23 °C).

Všechny vzorky (potravin) byly proměřeny jako červené pigmenty a získané hodnoty TBARS jsou uvedeny v Tab. 4.6, kde je vidět znatelný trend navyšování hodnot s prodlužující se délkou skladování a použitou teplotou ( $P < 0,05$ ). U vzorků ovesné kaše skladovaných 12 měsíců došlo během experimentu k navýšení hodnot TBARS po tuto dobu o čtyřnásobek (-18 °C), pětinásobek (6 °C, 23 °C) a sedminásobek (40 °C) původních hodnot naměřených při založení experimentu. U vzorku müsli křupavé čokoládové o pětinásobek (-18 °C), téměř šestinásobek (6 °C, 23 °C) a osminásobek (40 °C). Hodnoty TBARS u nutella se navýšily o pětinásobek (-18 °C), přibližně sedminásobek (6 °C, 23 °C) a více jak desetinásobek (40 °C). Vzorek dobrý hostinec svíčková pak o téměř trojnásobek (-18 °C, 6 °C a 23 °C) a skoro čtyřnásobek (40 °C). Zbylé potraviny byly skladované celé dva roky, avšak trend navyšování hodnoty TBARS byl u těchto vzorků zřetelný přibližně do 12 až 15 měsíce, po této době se buď hodnoty ustálily anebo mírně klesly. Navýšení hodnot obsahu TBARS v průběhu experimentu bylo následující. Vzorek instantní nudle celkem o trojnásobek (-18 °C), necelý čtyřnásobek (6 °C, 23 °C) a téměř pětinásobek (40 °C) po 12 měsících. Vzorek kuře na paprice o čtyřnásobek (-18 °C), pětinásobek (6, 23 °C) a více jak desetinásobek (40 °C). Vzorek instantní nudlová polévka s hovězí příchutí o téměř čtyřnásobek (-18 °C, 6 °C a 23 °C) a více jak pětinásobek (40 °C). A závěrem vzorek čočka s klobásou o pětinásobek (-18 °C), téměř šestinásobek (6 °C, 23 °C) a sedminásobek (40 °C).

Tab. 4.5: Výsledky stanovení obsahu amoniaku vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

Délka a teplota skladování		Amoniak [mg/kg]							
[měsíce]	[°C]	J	K	N	O	P	R	S	T
0	23	11,1 ± 0,3 <sup>A</sup>	10,7 ± 0,2 <sup>A</sup>	12,2 ± 0,2 <sup>A</sup>	5,08 ± 0,1 <sup>A</sup>	40,0 ± 0,5 <sup>A</sup>	8,00 ± 0,1 <sup>A</sup>	15,2 ± 0,3 <sup>A</sup>	28,9 ± 0,4 <sup>A</sup>
1	40	26,5 ± 0,4 <sup>B</sup>	18,4 ± 0,4 <sup>B</sup>	20,3 ± 0,5 <sup>B</sup>	11,5 ± 0,2 <sup>B</sup>	78,3 ± 1,8 <sup>B</sup>	13,3 ± 0,2 <sup>B</sup>	20,2 ± 0,4 <sup>B</sup>	43,2 ± 0,7 <sup>B</sup>
3	-18	13,3 ± 0,2 <sup>aB</sup>	11,3 ± 0,3 <sup>aB</sup>	14,4 ± 0,3 <sup>aB</sup>	7,30 ± 0,1 <sup>aB</sup>	48,6 ± 0,7 <sup>aB</sup>	9,70 ± 0,1 <sup>aB</sup>	17,5 ± 0,3 <sup>aB</sup>	39,3 ± 0,6 <sup>aB</sup>
	6	14,0 ± 0,3 <sup>bbB</sup>	13,1 ± 0,3 <sup>bbB</sup>	13,6 ± 0,2 <sup>bbB</sup>	9,20 ± 0,1 <sup>bbB</sup>	50,1 ± 0,7 <sup>bbB</sup>	11,3 ± 0,1 <sup>bbB</sup>	16,3 ± 0,3 <sup>bbB</sup>	44,6 ± 0,7 <sup>bbB</sup>
	23	14,8 ± 0,2 <sup>cB</sup>	12,4 ± 0,2 <sup>cB</sup>	14,8 ± 0,3 <sup>bbB</sup>	8,40 ± 0,1 <sup>cB</sup>	57,8 ± 0,9 <sup>cB</sup>	10,6 ± 0,1 <sup>cB</sup>	19,7 ± 0,4 <sup>cB</sup>	42,9 ± 0,6 <sup>cB</sup>
6	40	35,6 ± 0,5 <sup>dC</sup>	25,9 ± 0,5 <sup>dC</sup>	23,1 ± 0,5 <sup>cC</sup>	14,6 ± 0,3 <sup>dC</sup>	95,2 ± 1,9 <sup>dC</sup>	17,7 ± 0,3 <sup>dC</sup>	29,1 ± 0,5 <sup>dC</sup>	65,1 ± 0,9 <sup>dC</sup>
	6	15,2 ± 0,3 <sup>aC</sup>	14,2 ± 0,3 <sup>aC</sup>	15,0 ± 0,2 <sup>aC</sup>	9,40 ± 0,2 <sup>aB</sup>	74,2 ± 0,7 <sup>aC</sup>	16,1 ± 0,3 <sup>aC</sup>	21,4 ± 0,4 <sup>aC</sup>	51,7 ± 0,9 <sup>aC</sup>
	23	15,7 ± 0,3 <sup>aC</sup>	15,0 ± 0,3 <sup>bcC</sup>	16,3 ± 0,3 <sup>bcC</sup>	10,4 ± 0,1 <sup>bcC</sup>	78,3 ± 0,9 <sup>bcC</sup>	17,0 ± 0,3 <sup>aC</sup>	23,9 ± 0,4 <sup>bcC</sup>	55,3 ± 0,7 <sup>bcC</sup>
9	40	40,5 ± 0,5 <sup>bdD</sup>	32,1 ± 0,5 <sup>cdD</sup>	29,4 ± 0,4 <sup>cdD</sup>	19,0 ± 0,3 <sup>cdD</sup>	150,4 ± 3,0 <sup>cdD</sup>	25,8 ± 0,4 <sup>bdD</sup>	35,5 ± 0,6 <sup>cdD</sup>	80,2 ± 1,3 <sup>cdD</sup>
	6	17,1 ± 0,4 <sup>adD</sup>	16,3 ± 0,3 <sup>adD</sup>	15,9 ± 0,3 <sup>adD</sup>	12,1 ± 0,1 <sup>aC</sup>	97,6 ± 1,7 <sup>adD</sup>	20,2 ± 0,3 <sup>adD</sup>	34,1 ± 0,6 <sup>adD</sup>	59,4 ± 1,0 <sup>adD</sup>
	23	16,8 ± 0,3 <sup>adD</sup>	17,1 ± 0,4 <sup>bdD</sup>	16,6 ± 0,3 <sup>bcC</sup>	11,9 ± 0,1 <sup>adD</sup>	100,4 ± 1,9 <sup>adD</sup>	21,0 ± 0,3 <sup>adD</sup>	37,9 ± 0,6 <sup>bdD</sup>	63,2 ± 1,1 <sup>bdD</sup>
12	-18	15,2 ± 0,4 <sup>aC</sup>	15,3 ± 0,2 <sup>aC</sup>	16,4 ± 0,4 <sup>aC</sup>	10,2 ± 0,1 <sup>aC</sup>	72,9 ± 0,9 <sup>aC</sup>	22,3 ± 0,4 <sup>aC</sup>	40,4 ± 0,6 <sup>aC</sup>	70,5 ± 1,2 <sup>aC</sup>
	6	18,4 ± 0,3 <sup>beE</sup>	17,4 ± 0,3 <sup>beE</sup>	17,7 ± 0,3 <sup>beE</sup>	13,7 ± 0,1 <sup>bdD</sup>	125,1 ± 2,4 <sup>beE</sup>	24,7 ± 0,4 <sup>beE</sup>	46,1 ± 0,7 <sup>beE</sup>	78,7 ± 1,4 <sup>beE</sup>
	23	18,5 ± 0,3 <sup>beE</sup>	18,4 ± 0,3 <sup>ceE</sup>	-	14,7 ± 0,1 <sup>ceE</sup>	137,2 ± 2,5 <sup>ceE</sup>	25,6 ± 0,4 <sup>ceE</sup>	45,7 ± 0,8 <sup>beE</sup>	77,4 ± 1,5 <sup>beE</sup>
15	40	43,1 ± 0,6 <sup>ceE</sup>	40,4 ± 0,5 <sup>deE</sup>	-	25,4 ± 0,4 <sup>deE</sup>	186,6 ± 3,9 <sup>deE</sup>	32,5 ± 0,5 <sup>deE</sup>	60,9 ± 0,9 <sup>ceE</sup>	114,2 ± 2,0 <sup>ceE</sup>
	6	-	-	-	14,6 ± 0,1 <sup>aeE</sup>	133,3 ± 2,4 <sup>afE</sup>	25,8 ± 0,2 <sup>afE</sup>	-	76,2 ± 1,6 <sup>aeE</sup>
	23	-	-	-	15,2 ± 0,2 <sup>bfE</sup>	152,3 ± 3,0 <sup>bfE</sup>	26,7 ± 0,3 <sup>bfE</sup>	-	81,2 ± 1,9 <sup>bfE</sup>
18	6	-	-	-	16,5 ± 0,2 <sup>afE</sup>	146,0 ± 3,1 <sup>agE</sup>	27,5 ± 0,2 <sup>agE</sup>	-	86,8 ± 2,0 <sup>afE</sup>
	23	-	-	-	17,1 ± 0,2 <sup>bgE</sup>	171,4 ± 3,7 <sup>bgE</sup>	30,2 ± 0,3 <sup>bgE</sup>	-	86,3 ± 1,9 <sup>agE</sup>
21	6	-	-	-	19,0 ± 0,2 <sup>agE</sup>	152,3 ± 3,3 <sup>ahE</sup>	28,4 ± 0,4 <sup>ahE</sup>	-	91,4 ± 1,7 <sup>agE</sup>
	23	-	-	-	19,0 ± 0,2 <sup>ahE</sup>	190,4 ± 4,1 <sup>bhE</sup>	35,5 ± 0,3 <sup>bhE</sup>	-	96,0 ± 2,3 <sup>bhE</sup>
24	-18	18,7 ± 0,7 <sup>D</sup>	19,1 ± 0,9 <sup>D</sup>	20,3 ± 0,6 <sup>D</sup>	14,0 ± 0,1 <sup>adD</sup>	83,8 ± 1,8 <sup>adD</sup>	29,3 ± 0,3 <sup>adD</sup>	53,7 ± 1,2 <sup>D</sup>	68,5 ± 1,6 <sup>adD</sup>
	6	-	-	-	22,2 ± 0,4 <sup>bhE</sup>	171,4 ± 3,3 <sup>biE</sup>	32,9 ± 0,4 <sup>biE</sup>	-	94,4 ± 2,2 <sup>bgE</sup>
	23	-	-	-	24,1 ± 0,3 <sup>ciE</sup>	224,7 ± 4,7 <sup>ciE</sup>	40,0 ± 0,5 <sup>ciE</sup>	-	102,1 ± 2,3 <sup>ciE</sup>

\* Obsah amoniaku je uveden jako průměr ± SD (n = 10); - nestanoveno; J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, K-müsli křupavé čokoládové, L-džem meruňkovo-jablečný, M-med květový luční, N-nutella, O-instantní nudle, P-kuře na paprice, R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí, S-dobrý hostinec svíčková, T-čocka s klobásou; Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší (P≥0,05). Průměrné hodnoty ve sloupcích u jednotlivých teplot (vliv doby skladování) následované stejným velkým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší (P≥0,05).

Tab. 4.6: Výsledky stanovení obsahu TBARS vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

Délka a teplota skladování		TBARS [ $A_{538}/\text{mg}$ ]							
[měsíce]	[°C]	J	K	N	O	P	R	S	T
0	23	74,6 ± 1,7 <sup>A</sup>	50,6 ± 1,4 <sup>A</sup>	27,4 ± 0,5 <sup>A</sup>	69,6 ± 1,8 <sup>A</sup>	25,8 ± 0,5 <sup>A</sup>	88,62 ± 1,0 <sup>A</sup>	149,6 ± 3,5 <sup>A</sup>	29,9 ± 0,6 <sup>A</sup>
1	40	123,1 ± 2,2 <sup>B</sup>	85,0 ± 1,6 <sup>B</sup>	50,5 ± 1,4 <sup>B</sup>	101,4 ± 2,1 <sup>B</sup>	55,4 ± 0,8 <sup>B</sup>	138,0 ± 2,6 <sup>B</sup>	204,9 ± 3,9 <sup>B</sup>	55,5 ± 0,9 <sup>B</sup>
3	-18	136,2 ± 2,6 <sup>aB</sup>	79,6 ± 1,7 <sup>aB</sup>	60,7 ± 1,4 <sup>aB</sup>	91,0 ± 2,0 <sup>aB</sup>	39,9 ± 0,7 <sup>aB</sup>	126,2 ± 3,1 <sup>aB</sup>	200,2 ± 3,7 <sup>aB</sup>	60,3 ± 1,0 <sup>aB</sup>
	6	149,4 ± 2,7 <sup>bbB</sup>	88,4 ± 1,8 <sup>bbB</sup>	69,3 ± 1,5 <sup>bbB</sup>	99,8 ± 2,0 <sup>bbB</sup>	48,3 ± 0,8 <sup>bbB</sup>	142,1 ± 3,5 <sup>bbB</sup>	231,8 ± 3,9 <sup>bbB</sup>	65,2 ± 1,0 <sup>bbB</sup>
	23	155,1 ± 2,9 <sup>bbB</sup>	84,7 ± 1,6 <sup>bbB</sup>	74,2 ± 1,6 <sup>cbB</sup>	105,1 ± 2,2 <sup>cbB</sup>	50,1 ± 0,8 <sup>bbB</sup>	145,3 ± 3,5 <sup>bbB</sup>	259,0 ± 4,0 <sup>cbB</sup>	63,1 ± 1,0 <sup>bbB</sup>
6	40	214,7 ± 3,6 <sup>ccC</sup>	107,6 ± 2,8 <sup>ccC</sup>	87,1 ± 1,7 <sup>dcC</sup>	130,7 ± 3,2 <sup>dcC</sup>	84,3 ± 1,9 <sup>ccC</sup>	184,6 ± 3,8 <sup>ccC</sup>	286,7 ± 4,1 <sup>dcC</sup>	78,9 ± 1,4 <sup>ccC</sup>
	6	231,8 ± 3,9 <sup>bcC</sup>	136,7 ± 3,1 <sup>acC</sup>	89,6 ± 1,8 <sup>acC</sup>	128,5 ± 3,0 <sup>acC</sup>	72,6 ± 0,7 <sup>acC</sup>	197,2 ± 4,0 <sup>acC</sup>	294,2 ± 4,3 <sup>acC</sup>	81,1 ± 1,5 <sup>acC</sup>
	23	220,9 ± 3,8 <sup>acC</sup>	145,6 ± 3,3 <sup>bcC</sup>	96,2 ± 2,0 <sup>bcC</sup>	125,7 ± 3,2 <sup>acC</sup>	80,8 ± 2,0 <sup>bcC</sup>	199,9 ± 4,0 <sup>acC</sup>	301,9 ± 4,5 <sup>bcC</sup>	85,6 ± 1,5 <sup>acC</sup>
9	40	307,7 ± 4,9 <sup>cdD</sup>	224,7 ± 4,3 <sup>cdD</sup>	154,1 ± 3,3 <sup>cdD</sup>	184,1 ± 3,7 <sup>bdD</sup>	135,6 ± 3,2 <sup>cdD</sup>	270,4 ± 3,9 <sup>bdD</sup>	358,1 ± 5,2 <sup>cdD</sup>	104,6 ± 1,9 <sup>bdD</sup>
	6	284,4 ± 4,2 <sup>adD</sup>	208,0 ± 3,8 <sup>adD</sup>	128,0 ± 3,0 <sup>adD</sup>	176,1 ± 3,6 <sup>adD</sup>	101,1 ± 2,0 <sup>adD</sup>	249,0 ± 3,8 <sup>adD</sup>	372,1 ± 5,5 <sup>adD</sup>	110,9 ± 1,9 <sup>adD</sup>
	23	309,0 ± 4,2 <sup>bdD</sup>	215,4 ± 3,7 <sup>bdD</sup>	136,3 ± 3,2 <sup>bdD</sup>	181,6 ± 3,7 <sup>adD</sup>	99,5 ± 1,8 <sup>adD</sup>	253,2 ± 3,5 <sup>adD</sup>	391,8 ± 5,5 <sup>bdD</sup>	113,7 ± 2,0 <sup>adD</sup>
12	-18	324,3 ± 5,0 <sup>acC</sup>	236,1 ± 3,9 <sup>acC</sup>	141,1 ± 3,2 <sup>acC</sup>	217,1 ± 4,0 <sup>acC</sup>	119,0 ± 1,9 <sup>acC</sup>	294,1 ± 4,5 <sup>acC</sup>	401,8 ± 6,5 <sup>acC</sup>	149,2 ± 2,1 <sup>acC</sup>
	6	400,2 ± 5,5 <sup>ceE</sup>	269,5 ± 4,1 <sup>beE</sup>	179,3 ± 3,5 <sup>beE</sup>	246,0 ± 4,1 <sup>beE</sup>	136,2 ± 2,5 <sup>beE</sup>	328,7 ± 4,7 <sup>ceE</sup>	418,1 ± 7,3 <sup>beE</sup>	170,3 ± 2,2 <sup>ceE</sup>
	23	387,6 ± 5,6 <sup>beE</sup>	284,7 ± 4,6 <sup>ceE</sup>	-	257,3 ± 4,2 <sup>ceE</sup>	148,4 ± 2,7 <sup>ceE</sup>	317,7 ± 4,6 <sup>beE</sup>	430,5 ± 7,1 <sup>ceE</sup>	164,1 ± 2,2 <sup>beE</sup>
15	40	519,3 ± 7,1 <sup>deE</sup>	406,1 ± 5,5 <sup>deE</sup>	-	312,7 ± 4,9 <sup>deE</sup>	286,2 ± 4,7 <sup>deE</sup>	465,0 ± 7,0 <sup>deE</sup>	521,4 ± 9,1 <sup>deE</sup>	215,5 ± 2,5 <sup>deE</sup>
	6	-	-	-	235,6 ± 4,3 <sup>afF</sup>	131,8 ± 3,2 <sup>aeE</sup>	337,2 ± 6,5 <sup>beE</sup>	-	184,9 ± 4,2 <sup>bfF</sup>
	23	-	-	-	230,5 ± 4,4 <sup>afF</sup>	141,9 ± 3,4 <sup>beEF</sup>	322,5 ± 5,8 <sup>aeE</sup>	-	165,9 ± 3,9 <sup>aeE</sup>
18	6	-	-	-	232,8 ± 4,2 <sup>bfF</sup>	134,1 ± 3,2 <sup>aeE</sup>	327,4 ± 6,0 <sup>beE</sup>	-	178,0 ± 4,1 <sup>bfF</sup>
	23	-	-	-	200,8 ± 3,7 <sup>agG</sup>	138,5 ± 3,3 <sup>afF</sup>	307,8 ± 5,8 <sup>aeE</sup>	-	134,7 ± 3,5 <sup>afF</sup>
21	6	-	-	-	228,0 ± 4,7 <sup>bfFG</sup>	129,1 ± 3,5 <sup>aeEF</sup>	325,5 ± 6,6 <sup>aeE</sup>	-	169,9 ± 3,9 <sup>beE</sup>
	23	-	-	-	184,1 ± 3,3 <sup>adD</sup>	131,7 ± 3,6 <sup>afF</sup>	284,8 ± 6,9 <sup>bfF</sup>	-	141,6 ± 3,3 <sup>agG</sup>
24	-18	285,1 ± 3,6 <sup>D</sup>	175,8 ± 3,4 <sup>D</sup>	124,1 ± 2,7 <sup>D</sup>	173,3 ± 2,5 <sup>adD</sup>	72,3 ± 1,8 <sup>adD</sup>	114,8 ± 2,5 <sup>adD</sup>	359,3 ± 4,5 <sup>D</sup>	76,2 ± 2,2 <sup>adD</sup>
	6	-	-	-	219,9 ± 4,2 <sup>bgG</sup>	126,6 ± 2,9 <sup>bfF</sup>	297,6 ± 6,6 <sup>bfF</sup>	-	161,2 ± 3,8 <sup>cgG</sup>
	23	-	-	-	175,3 ± 3,9 <sup>adD</sup>	134,9 ± 3,3 <sup>cfF</sup>	279,0 ± 6,8 <sup>cfF</sup>	-	133,8 ± 3,1 <sup>bfF</sup>

\* Obsah TBARS je uveden jako průměr ± SD (n = 10); - nestanoven; J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, K-müslí křupavé čokoládové, L-džem meruňkovo-jablečný, M-med květový luční, N-nutella, O-instantní nudle, P-kuře na paprice, R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí, S-dobrý hostinec svíčková, T-čočka s klobásou; Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší (P≥0,05). Průměrné hodnoty ve sloupcích u jednotlivých teplot (vliv doby skladování) následované stejným velkým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší (P≥0,05).

#### 4.2.1 Výsledky analýzy obsahu celkových aminokyselin

Analýza celkového obsahu aminokyselin byla provedena u skladovaných vzorků z druhého experimentu, vyjma potravin med květový luční a džem meruňkovo-jablečný. Celkové souhrnné aminokyselinové složení potravin je prezentované v Tab. 4.7.

U vzorků s vyšším obsahem sacharidů, z toho cukrů, docházelo k poklesu v celkovém obsahu aminokyselin po prvním roce skladování u vzorků skladovaných při mrazírenské teplotě (ovesná kaše jablka, rozinky, skořice o 5,35 %, müsli křupavé čokoládové o 8,61 % a nutella o 1,96 %) ( $P < 0,05$ ). Po 24 měsících došlo ke snížení o 6,86 % (ovesná kaše jablka, rozinky, skořice), 10,96 % (müsli křupavé čokoládové) a 3,42 % (nutella) ( $P < 0,05$ ). Při chladírenských a skladových teplotách se úbytek pohyboval v rozmezí 4,88 – 6,58 % (ovesná kaše jablka, rozinky, skořice), 8,97 – 13,12 % (müsli křupavé čokoládové) a 3,43 – 4,81 % (nutella) ( $P < 0,05$ ). Nejvyšší úbytek celkového obsahu aminokyselin oproti hodnotám na počátku měření bylo u vzorků skladovaných v termostatu, a to o 14,28 % (ovesná kaše jablka, rozinky, skořice), 16,28 % (müsli křupavé čokoládové) a o 6,88 % (nutella) ( $P < 0,05$ ). Po prvním roce byly úbytky pro vzorky instantní nudle 5,50 – 14,42 % ( $-18\text{ °C}$  až  $40\text{ °C}$ ) ( $P < 0,05$ ) a u vzorku instantní nudlová polévka s hovězí příchutí 5,82 – 13,91 % ( $-18\text{ °C}$  až  $40\text{ °C}$ ) ( $P < 0,05$ ). Na konci skladování byly hodnoty sníženy o 8,89 – 16,66 % (instantní nudle) a 8,82 – 11,81 % (instantní nudlová polévka s hovězí příchutí) ( $P < 0,05$ ). Relativně stabilní při nízkých skladovacích teplotách byl vzorek omáčka kuře na paprice. Ztráta celkového obsahu aminokyselin po prvním roce skladování byla o 6,05 ( $-18\text{ °C}$ ) a 11,48 ( $6\text{ °C}$ ) ( $P < 0,05$ ), a oproti tomu hodnoty při vyšších teplotách byly 14,91 % ( $23\text{ °C}$ ) a 20,73 % ( $40\text{ °C}$ ) ( $P < 0,05$ ). Na konci experimentu došlo ke ztrátě až o 12,05 – 17,56 % ( $-18\text{ °C}$  až  $23\text{ °C}$ ) ( $P < 0,05$ ) oproti hodnotě na začátku experimentu. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že se jednalo o jednu z nejméně stabilních potravin dle celkového obsahu aminokyselin. Naproti tomu, ztráty u vzorku dobrý hostinec svíčková byly po prvním roce skladování v rozmezí 2,57 – 8,34 % ( $-18\text{ °C}$  až  $23\text{ °C}$ ) a 15,84 % při teplotě  $40\text{ °C}$  ( $P < 0,05$ ). Vzorek skladovaný při teplotě  $-18\text{ °C}$  měl výslednou hodnotu po druhém roce 4,63 % ( $P < 0,05$ ). Z výsledků je patrné, že docházelo k výraznému poklesu aminokyselin, vyjma prolinu, cysteinu a methioninu. U poslední skladované potraviny čočka s klobásou byly zaznamenány ztráty po prvním roce o 3,15 - 6,29 % pro teploty  $-18\text{ °C}$  až  $23\text{ °C}$  ( $P < 0,05$ ). Při teplotě  $40\text{ °C}$  byla hodnota stanovena na úbytek o 8,94 % ( $P < 0,05$ ). V druhém roce již byly rozdíly významnější, a to v rozmezí ztrát 6,13 – 10,23 % ( $-18\text{ °C}$  až  $23\text{ °C}$ ) ( $P < 0,05$ ) oproti počáteční hodnotě.

Podobně jako u skladovaných vzorků v prvním roce experimentu docházelo vlivem teploty a délky skladování ke ztrátám celkového obsahu aminokyselin (Tab. 4.7) ale také i ke snížení indexu esenciálních aminokyselin (Tab. 4.8). Z výsledků EAAI je patrné, že u některých skladovaných vzorků nedocházelo k



příliš významnému snížení výživové hodnoty proteinů. Avšak, nejvíce signifikantní ztráty byly zaznamenány při teplotě 40 °C ( $P < 0,05$ ). Pozorovaný trend je v souladu s výsledky Lazárková *et al.*, (2011).

Tab. 4.7: Výsledky celkového obsahu aminokyselin [g/kg (% w/w)] vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

	Délka [měsíce] a teplota skladování [°C]							
	0		12				24	
	23	- 18	6	23	40	- 18	6	23
J	89,50	84,72	85,13	83,61	76,72	83,36	-	-
K	55,65	50,86	50,66	48,35	46,59	49,55	-	-
N	100,72	98,75	97,27	95,87	93,81	97,28	-	-
O	74,59	70,48	70,36	65,76	63,83	67,95	68,82	62,16
P	48,91	46,06	44,53	44,17	42,10	44,59	43,54	43,13
R	72,87	68,46	64,50	62,00	57,76	64,09	60,70	60,07
S	76,13	74,17	72,25	69,78	64,07	72,60	-	-
T	79,32	76,82	74,33	74,56	72,23	74,46	71,31	71,20

\* celkový obsah aminokyselin je uveden jako průměr ( $n = 10$ ); - nestanoveno; J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé čokoládové; N-nutella; O-instantní nudle; P-kuře na paprice; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchuť; S-dobrý hostinec svíčková; T-čočka s klobásou

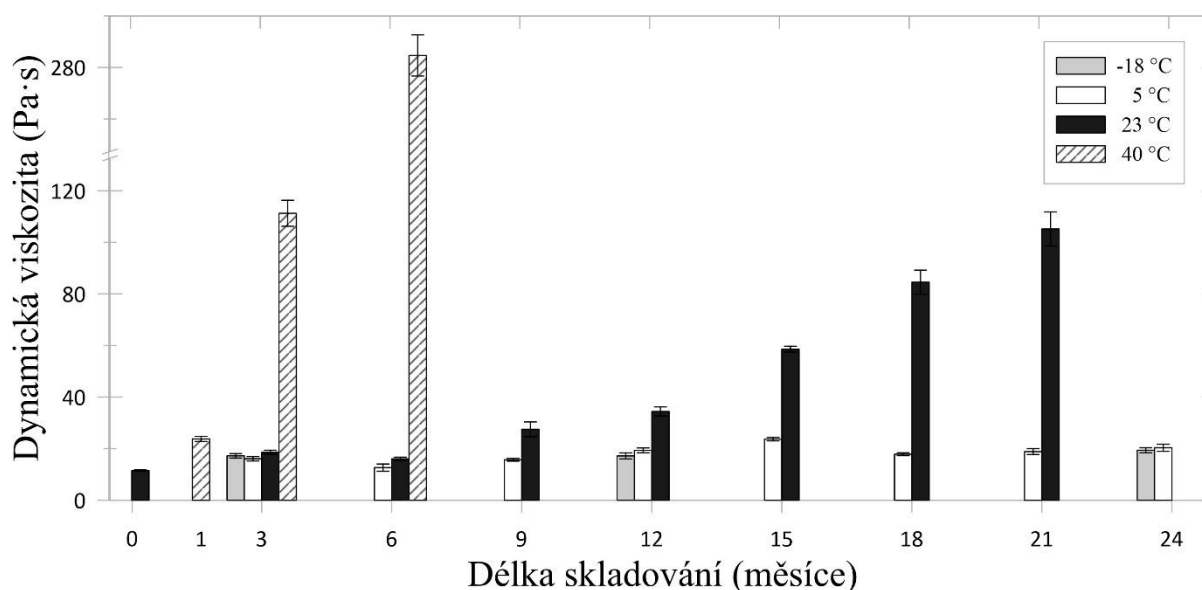
Tab. 4.8: Indexy esenciálních aminokyselin (EAAI) vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). \*

	Délka [měsíce] a teplota skladování [°C]							
	0		12				24	
	23	- 18	6	23	40	- 18	6	23
J	118,45	110,61	110,25	106,97	96,28	108,11	-	-
K	64,67	61,98	56,96	53,69	50,32	58,77	-	-
N	119,16	115,51	114,10	112,49	109,14	109,46	-	-
O	74,97	66,52	67,52	62,14	59,00	62,56	64,89	60,58
P	58,23	51,35	50,12	47,66	42,85	46,09	47,00	45,38
R	60,62	54,48	50,55	48,40	39,68	51,89	47,92	43,03
S	89,54	84,53	82,60	75,59	68,19	81,41	-	-
T	87,73	82,85	78,30	76,72	75,40	78,54	74,81	74,20

\* EAAI je uveden jako průměr ( $n = 10$ ); - nestanoveno; J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé čokoládové; N-nutella; O-instantní nudle; P-kuře na paprice; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchuť; S-dobrý hostinec svíčková; T-čočka s klobásou

## 4.2.2 Reologická analýza

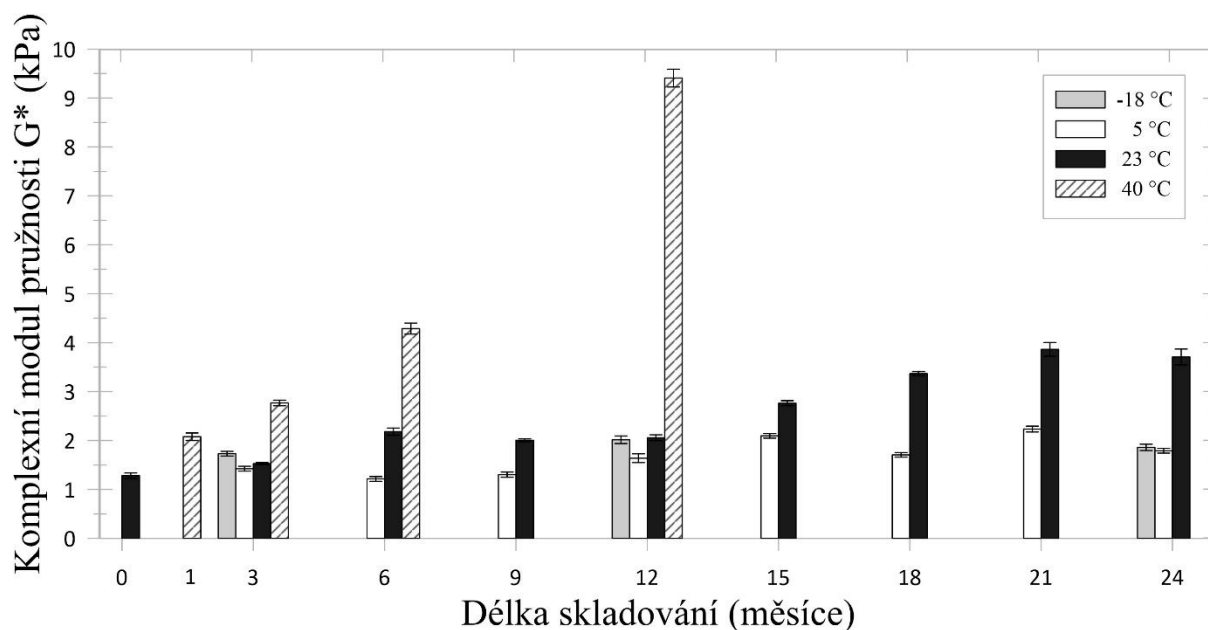
Výsledky reologické analýzy jsou prezentovány na Obr. 4.9 až Obr. 4.12. Ze získaných dat a interpretovaných výsledků na Obr. 4.9 zdánlivé viskozity vzorku med květový luční je patrné, že během prvních 12 měsíců skladování (teplota -18 °C, 6 °C a 23 °C) nedocházelo k výrazným změnám ( $P \geq 0,05$ ). Oproti tomu, u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C docházelo vlivem vysušování (viz stanovení obsahu sušiny) a tvorby krystalizace k výraznému nárůstu viskozity ( $P < 0,05$ ). Tato skutečnost se projevila výrazně ve 12 měsíci, kdy výsledná konzistence vzorku neumožnila provedení analýzy, a proto data ze 12 měsíce nejsou k dispozici. Změny v konzistenci ve vzorku byly taktéž patrné v sensorické analýze (viz Obr. 4.18 v kapitole 4.2.4). Zbylé vzorky vykazovaly při vyšší teplotě skladování obdobný trend zvyšování viskozity, zejména při teplotě 23 °C po 12 měsíci ( $P < 0,05$ ). Porovnáním výsledků můžeme konstatovat, že viskozita vzorku medu květového lučního byla ve 3 měsíci při teplotě 40 °C podobná vzorkům skladovaným při teplotě 23 °C přibližně až ve 21–24 měsíci skladování. Podobné trend vlivu teploty a délky skladování byly publikovány v práci Gómez-Díaz *et al.*, (2009).



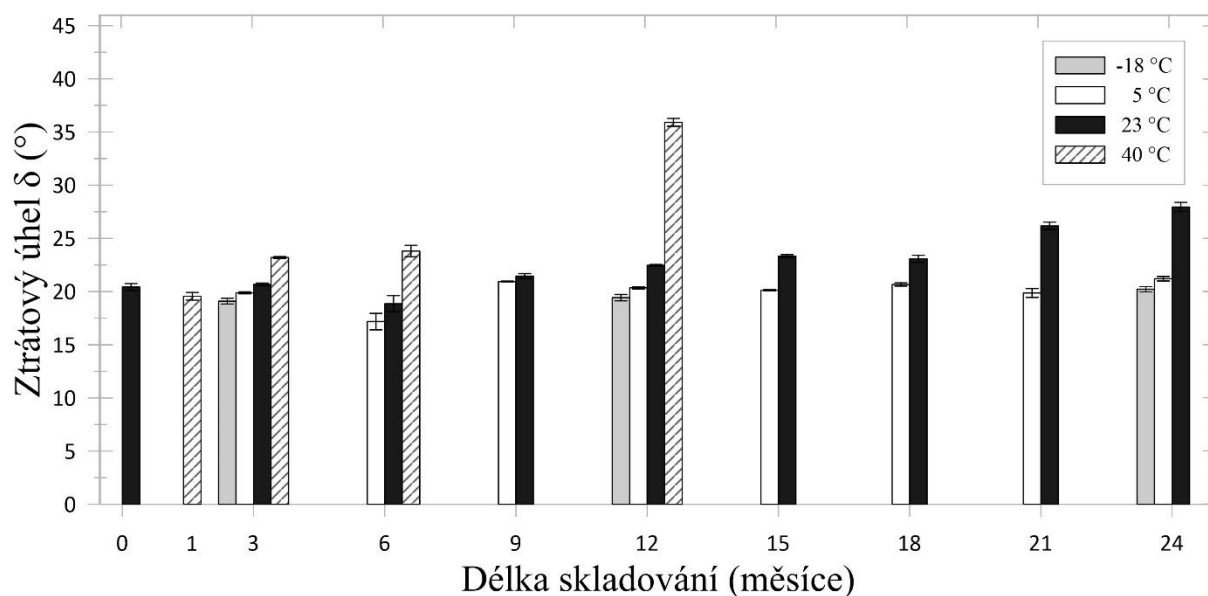
Obr. 4.9: Závislost zdánlivé viskozity na teplotě a délce skladování (med květový luční). Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

Z prezentovaných dat na Obr. 4.10, je zřejmé, že obdobně jako u vzorku med květový luční, nedocházelo v prvních 12 měsících skladování vzorku džem meruňkovo-jablečný k výrazným změnám ( $P \geq 0,05$ ). Výjimkou byly vzorky skladované při teplotě 40 °C, kde byl zaznamenán skokový nárůst v pevnosti gelu ( $P < 0,05$ ) v průběhu skladování. Navíc, od 12 měsíce je zde patrný trend navyšování pevnosti gelu také při teplotě 23 °C ( $P < 0,05$ ). Lze tedy opět

konstatovat, že doba skladování a vyšší teplota mají vliv na zvyšování pevnosti gelu ( $P < 0,05$ ).



Obr. 4.10: Závislost komplexního modulu pružnosti [ $G^*$ ] na teplotě a délce skladování u vzorku dżem meruňkovo-jablečný. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

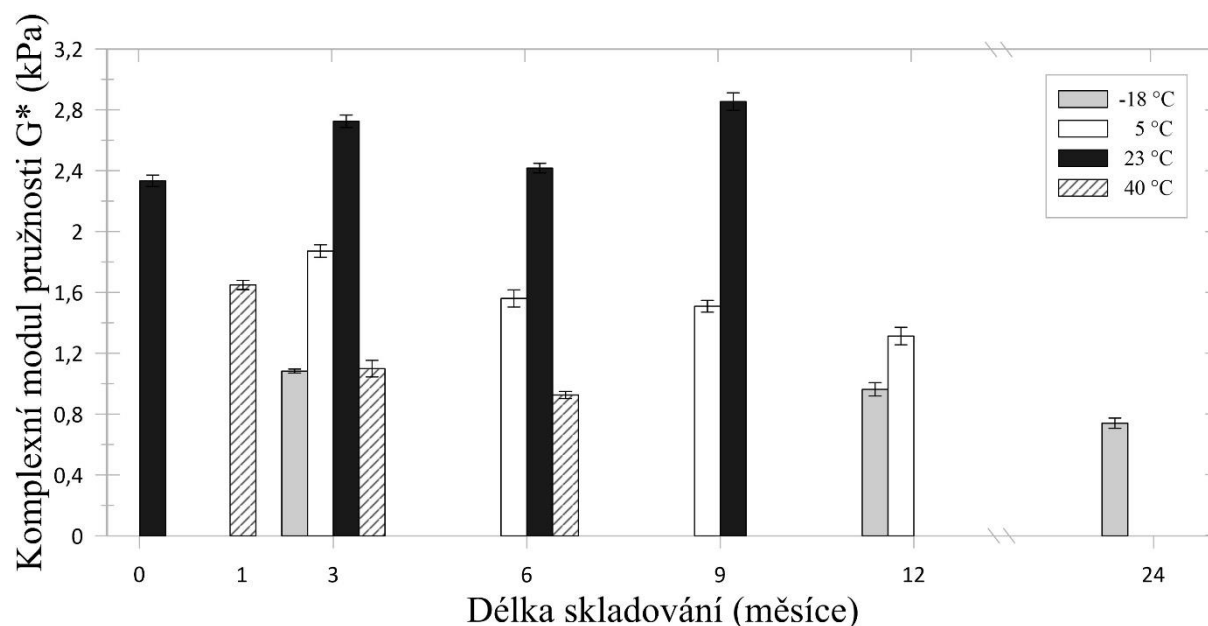


Obr. 4.11: Závislost ztrátového úhlu [ $\delta$ ] na teplotě a délce skladování u vzorku dżem meruňkovo-jablečný. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

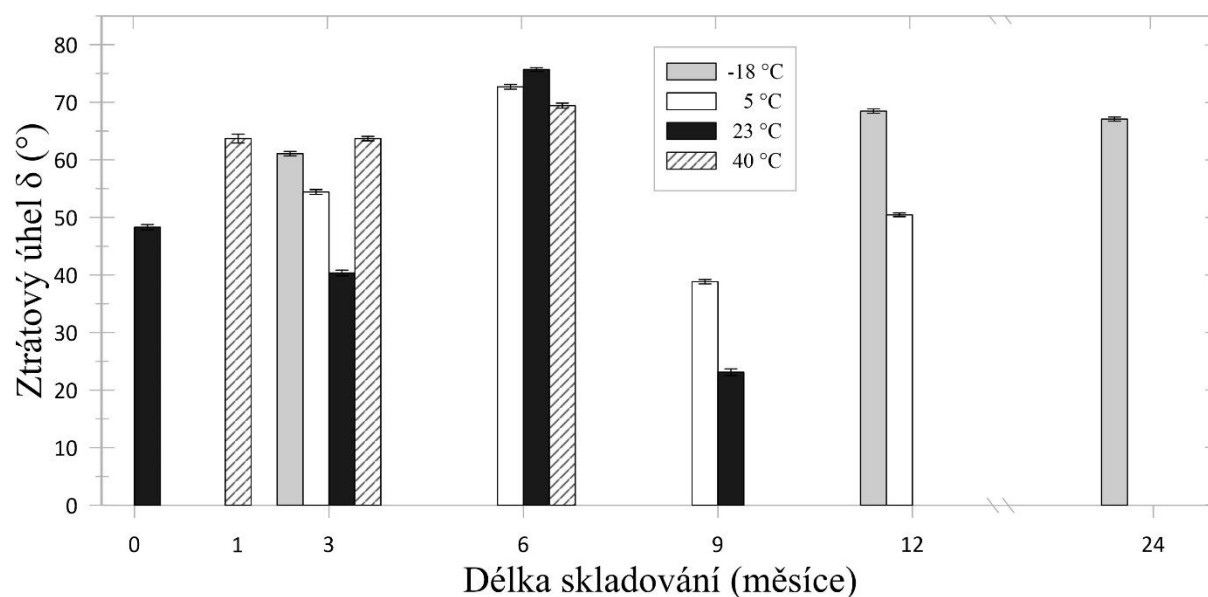
Ze získaných dat během měření vzorku dżem meruňkovo-jablečný byl vypočítán a stanoven ztrátový úhel (Obr. 4.11) jež udává, zdali po dobu trvání experimentu převažují ve vzorku vlastnosti gelu, anebo viskózního roztoku. Z interpretovaných dat lze konstatovat, že vzorek vykazoval vlastnosti gelu. Tyto výsledky byly způsobeny nižším obsahem vody a během skladování se strukturní

vlastnosti gelu příliš neměnil. Podobné výsledky byly interpretovány ve studii Gao *et al.*, (2015).

Naměřené výsledky viskoelastických vlastností vzorku nutella jsou zobrazeny na Obr. 4.12. Byl pozorován podobný trend během prvních 6 měsíců, kdy nedocházelo k výrazným změnám v pevnosti u vzorků skladovaných do teploty 23 °C ( $P \geq 0,05$ ). Naopak vzorky skladované při teplotě 40 °C vykazovaly snížení pevnosti gelu. Ačkoliv vystávání tekutin na povrch nemělo výrazný vliv na pevnost gelu, tyto změny byly patrnější ve výsledných vlastnostech vzorku.



Obr. 4.12: Závislost komplexního modulu pružnosti [ $G^*$ ] na teplotě a délce skladování u vzorku nutella. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

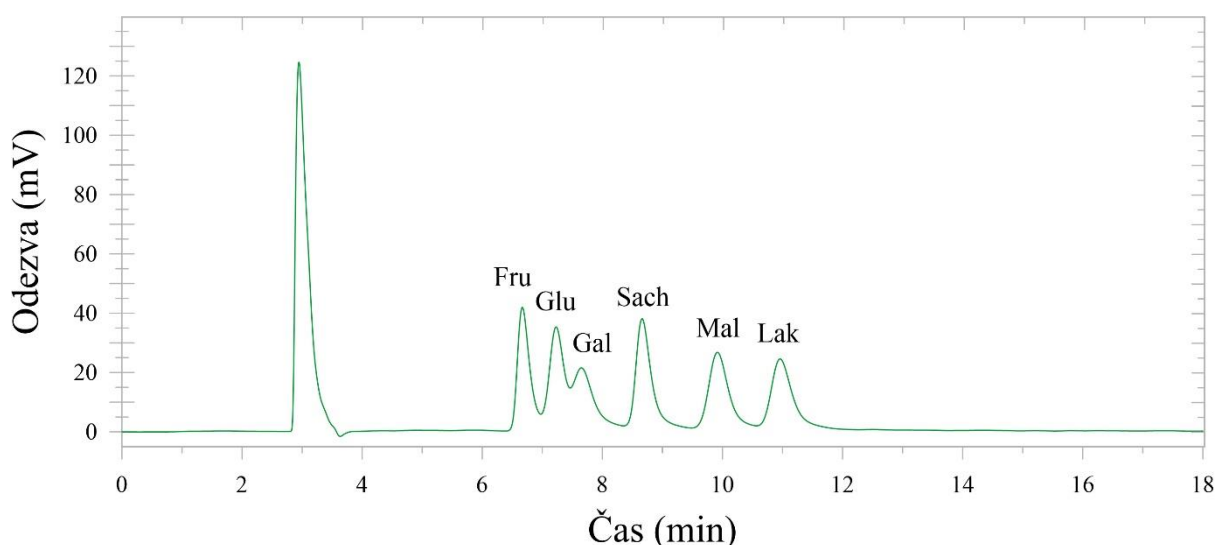


Obr. 4.13: Závislost ztrátového úhlu [ $\delta$ ] na teplotě a délce skladování u vzorku nutella. Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 10$ )

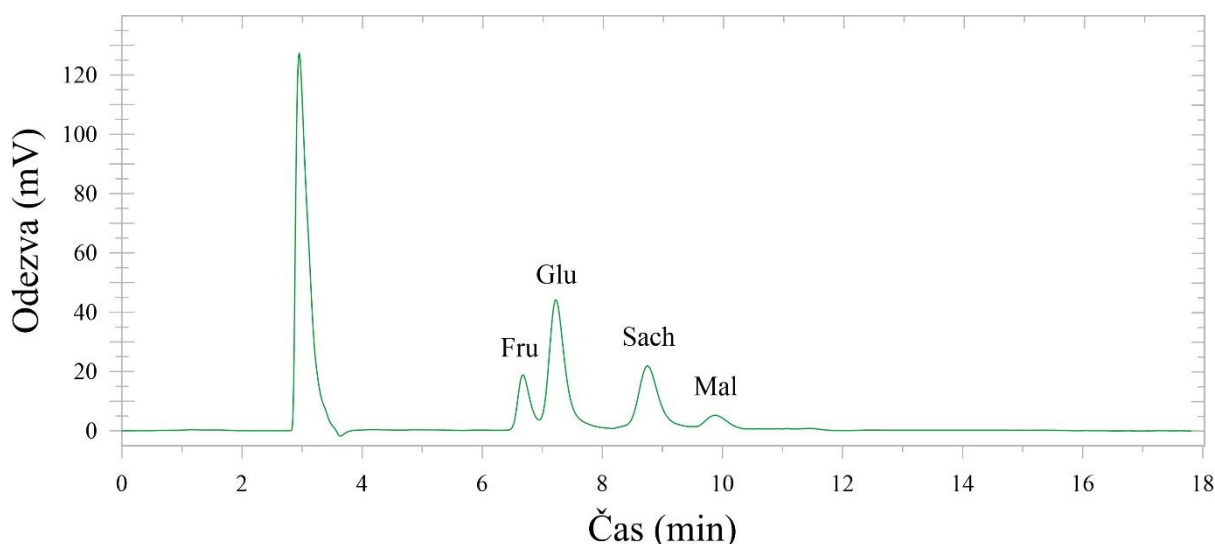
Na počátku skladování vykazoval vzorek nutelly podle ztrátového úhlu (Obr. 4.13) vlastnosti gelu, které se postupně měnily a vykazovaly chování viskózního roztoku. Zobrazená data ovšem poukazují na výrazné navýšení získaných dat v průběhu měření v 6 měsíci. Je možné se domnívat, že teploty v měsíci červen mohly ovlivnit měření, a proto jsou získaná data viditelně vyšší.

### 4.2.3 Stanovení obsahu sacharidů

Chromatografická analýza obsahu sacharidů byla provedena pouze u vzorků džem meruňkovo-jablečný, med květový luční a nutella. Vzorový chromatogram je uveden na Obr. 4.14.



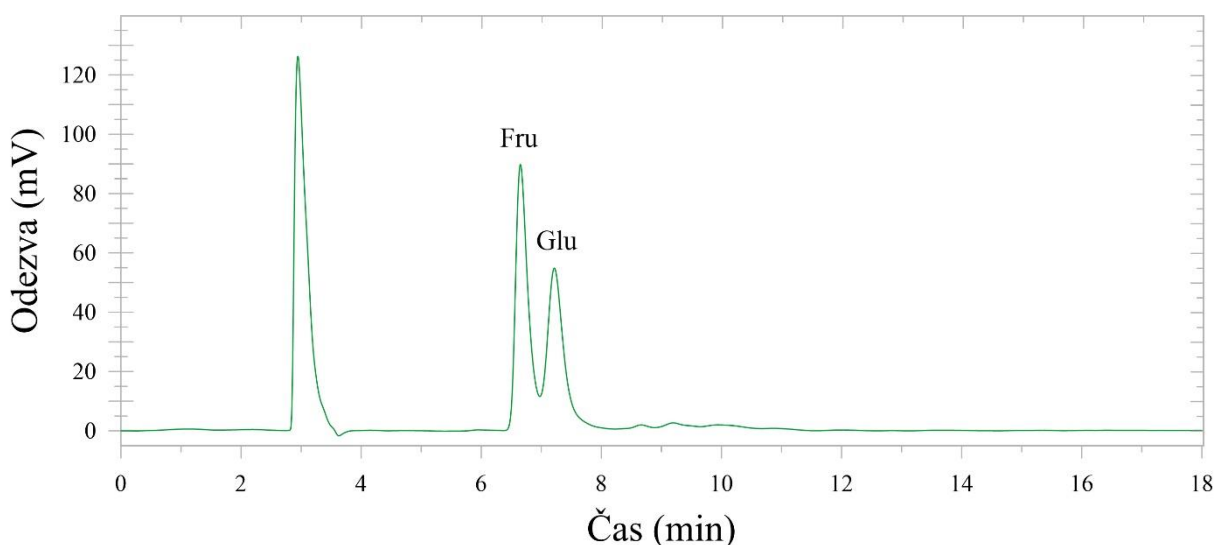
Obr. 4.14: Chromatogram standardu sacharidů (HPLC-RI,  $c=10 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Pozn.: fru – fruktóza; glu – glukóza; gal – galaktóza; sach – sacharóza; mal – maltóza; lak – laktóza



Obr. 4.15: Chromatogram vzorku džem meruňkovo-jablečný na počátku experimentu.

Z chromatografické analýzy zobrazené na Obr. 4.15 je patrné, že vzorek džem meruňkovo-jablečný obsahoval sacharózu, fruktózu, glukózu a maltózu.

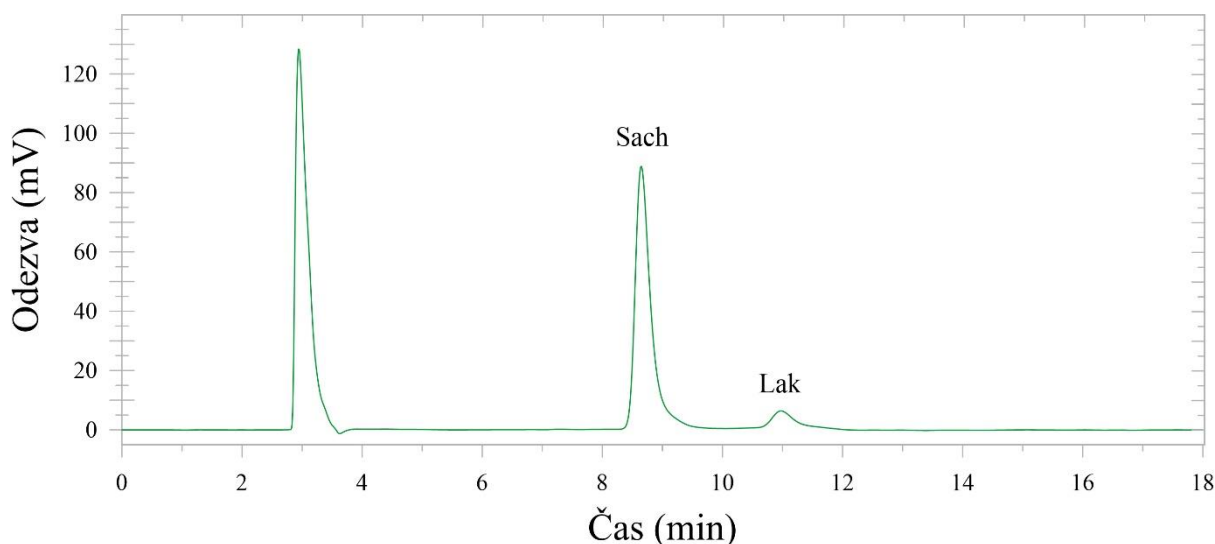
Průměrný obsah těchto zastoupených sacharidů na počátku skladování byl v poměru 47:28:17:8 %, jenž odpovídá 32,7 g sacharózy, 19,3 g fruktózy, 11,3 g glukózy a 5,1 g maltózy. Průměrný součet stanovených sacharidů při založení experimentu byl 68,2 g/100 g výrobku, výrobce udává obsah sacharidů 69,00 g/100 g. Počáteční stanovený celkový obsah sacharidů se snížil o 0,28 g/100 g (-18 °C); 0,38 g/100 g (5 °C); 0,51 g/100 g (23 °C) ve 24 měsíci skladování. V případě teploty 40 °C tomu bylo o 0,57 g/100 g ve 12 měsíci. V průběhu skladování byl průměrný součet stanovených sacharidů  $68,73 \pm 0,55$  g/100 g. Naměřené hodnoty splňují minimální obsah cukrů v džemech podle vyhlášky č. 157/2013 Sb. v platném znění, která udává min. 60 % podíl refraktometrické sušiny v džemech.



Obr. 4.16: Chromatogram vzorku medu květového lučního na počátku experimentu

Z výsledného chromatogramu vzorku medu květového lučního zobrazeného na Obr. 4.16 je patrné, že ve vzorku převažuje fruktóza a druhým hlavním cukrem je glukóza. Analyzované vzorky medu obsahovaly sacharidy v poměrném složení 56:44 %, které odpovídá 47 g/100 g fruktózy a 37 g/100 g glukózy. Průměrný součet stanovených sacharidů byl na počátku experimentu 83,38 g/100 g výrobku, přičemž výrobce udává obsah sacharidů ve výrobku 82,00 g/100 g. Po 24měsíčním skladování byly naměřeny poklesy celkového obsahu sacharidů o 0,55 g/100 g (-18 °C); 1,75 g/100 g (5 °C); 2,00 g/100 g (23 °C) a při teplotě 40 °C o 1,54 g/100 g ve 12 měsíci. Cukry a voda jsou klíčovými chemickými složkami medu, zatímco např.: proteiny, aroma, pigmenty, vitamíny, volné aminokyseliny, a stopové minerály jsou minoritní složky. Množství cukru a vody se v medu liší, přičemž tyto průměrné hodnoty mohou být: fruktóza (38,19 g/100 g medu), glukóza (31,28 g/100 g medu), maltóza (7,97 g/100 g medu), sacharóza (4,5 g/100 g medu), vyšší cukry (0,86 g/100 g medu) a voda (17,2 g/100 g medu) (Da Silva *et al.*, 2016). Naměřené hodnoty obsahu cukrů splňují podle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v platném znění minimální sumu obsahu fruktózy a glukózy v medu, která je min. 60 %, obsah sacharózy je dán max 5 % obsahem.

Chromatogram nutelly je zobrazen na Obr. 4.17. Výpočtem bylo zjištěno, že poměr nalezených sacharidů je 84:16 %, jenž odpovídá průměrně 48,90 g/100 g (sacharózy) a 9,28 g/100 g (laktózy). Průměrná suma stanovených sacharidů byla stanovena na hodnotu 58,18 g/100 g, přičemž výrobce udává hodnotu 57,60 g/100 g. Ve 12 měsíci skladování byl pozorován pokles celkového obsahu sacharidů o 0,18 g/100 g (5 °C); 0,52 g/100 g (12 °C) a 1,05 g/100 g (40 °C). Při teplotě -18 °C byl zaznamenán pokles o 1,19 g/100 g ve 24 měsíci skladování.



Obr. 4.17: Chromatogram vzorku nutella na počátku experimentu

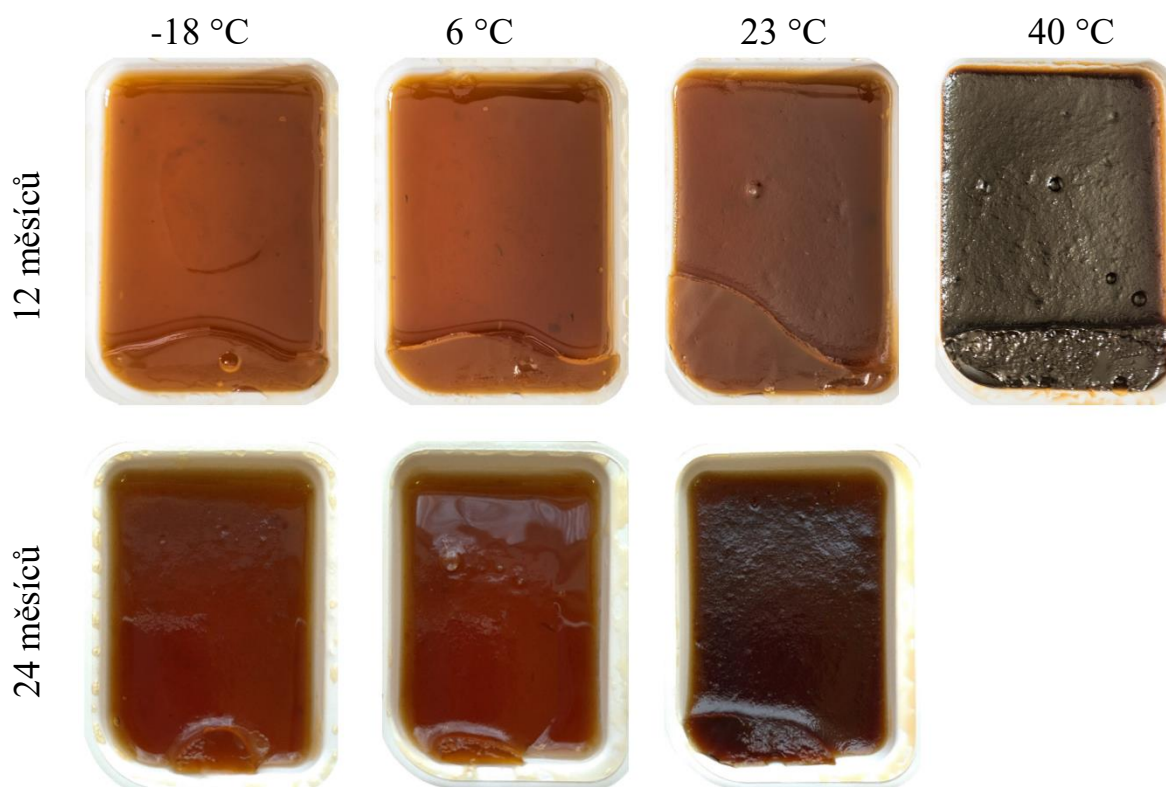
#### 4.2.4 Senzorické hodnocení

Senzorické hodnocení bylo interpretováno se stejnými principy jako v prvním experimentu, přičemž nebyla hodnocena tuhost, jelikož konzistence vzorků neumožnila tento typ hodnocení. Zhodnocená data jsou uvedena v příloze A.

Vzorky ovesná kaše jablka, rozinky, skořice byly během prvních tří měsíců skladování hodnoceny nejhůře velmi dobře při senzorickém hodnocení, a to i při teplotě 40 °C. Zvýšená teplota se v dalších třech měsících negativně projevila na senzorických vlastnostech, a proto byl vzorek skladovaný v termostatu považován za téměř nevyhovující z pohledu bezpečnosti potravin (chuť a vůně, intenzita pachutí). Při porovnání s ostatními vzorky skladovanými při teplotě 6 °C a 23 °C v 6 měsíci byla u vzorku v termostatu pozorována velmi tmavá barva výrobku, jenž mohla být způsobena jak enzymatickými (aerobní mikroorganismy), tak i neenzymatickými reakcemi (Maillardovy reakce) (Taub & Singh, 1998). Spolu s navyšováním obsahu sušiny při zvýšené teplotě docházelo k houstnutí kaše při přípravě výrobku pro senzorické hodnocení (dalo by se odstranit přidáním většího množství vody, než uvádí výrobce). Naopak vzorky uchované při 6 °C měly po přidání výrobcem definovaného množství vody konzistenci řidší. S prodlužující se dobou skladování byly výrobky při všech teplotách (kromě -18 °C) vyřazeny ve 12 měsíci z experimentu z pohledu bezpečnosti potravin z důvodů tvorby nepříjemných pachutí, souvisených s oxidací tuků (Pipek, 1998), a taktéž

intenzivní pachutí ze zatuchlé skořice. Po 24měsíčním skladování vzorku při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  bylo hodnocení méně dobré s malou intenzitou pachutí.

Obdobně jako vzorek ovesná kaše jablka, rozinky, skořice, byl i po dobu prvních třech měsíců velmi dobře sensoricky hodnocen vzorek müsli křupavé čokoládové, s výjimkou vzorku skladovaného při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , který byl hodnocen jako méně dobrý (chuť a vůně), se střední pachutí. Následně s prodlužující se dobou skladování docházelo ke zhoršení potravin při všech teplotách, nejvíce u vzorků skladovaných při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Proto byly vzorky hodnoceny jako nepřijatelné z pohledu bezpečnosti potravin (chuť a vůně, intenzita pachutí). Nejvíce se na hodnocení podílela oxidace tuků a pozorování žluklé pachutě. Vzorky skladované při  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  byly do 6 měsíce hodnoceny jako dobré. Stejně jako v případě termostatu, byla pozorována oxidace tuků a související vznik nežádoucích pachutí v 9 měsíci ( $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a 12. měsíci ( $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Vzorek uskladněný při teplotě  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  byl i po 24měsíčním skladování hodnocen jako vynikající, vyjma velmi dobré konzistence.

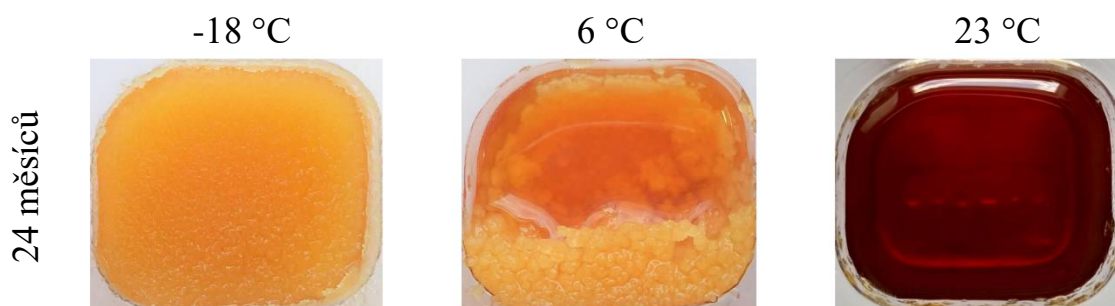


Obr. 4.18: Srovnání vzorků džemu meruňkovo-jablečného po 12měsíčním a 24měsíčním skladování při jednotlivých skladovacích teplotách

Vzorek džem meruňkovo-jablečný, byl v průběhu skladování hodnocen velmi dobře, přičemž nejvíce změn bylo zaznamenáno až ve 12 měsíci skladování. Počáteční hodnocení bylo vynikající (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně) a velmi malá intenzita pachutí. Z důvodu navyšování obsahu sušiny se postupně měnila konzistence. Tato zjištění jsou v souladu s výsledky reologické analýzy (kapitola 4.2.1), taktéž se projeví změny v konzistenci v roztíratelnosti vzorku.



S prodlužující se dobou skladování se signifikantně měnila barva a vzhled (Obr. 4.18) u vyšších skladovacích teplot. Zbarvení lze přisoudit Maillardovým reakcím, které jsou podporovány délkou skladování a teplotou. Tyto změny se projevily i na chuti výrobku. U vzorků skladovaných při teplotě 40 °C nebyla s postupem času shledána typická meruňková chuť, přesto sladkost výrobku zůstala zachována po celou dobu experimentu. Během celého experimentu nebyla ve vzorcích detekována jakákoliv cizí pachů při všech teplotách, s výjimkou teploty 40 °C ve 12 měsíci (vyšší intenzita pachutí).



Obr. 4.19: Srovnání vzorků medu květového lučního po 24měsíčním skladování při jednotlivých teplotách

Na počátku skladování byl vzorek med květový luční hodnocen jako vynikající (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně) s velmi malou intenzitou pachutí. S výjimkou vzorku skladovaného při teplotě 40 °C byly vzorky při ostatních teplotách v průběhu skladování až do 12 měsíce hodnoceny nejhůře dobře (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí). Během skladování při nižších teplotách přirozeně probíhala krystalizace. Tento proces se projevil na výsledném hodnocení vzorků, v 18 měsíci skladování při 6 °C byla pozorována krystalizace poloviny balení. Ve vzorku skladovaném při mrazírenské teplotě po 24měsíčním skladování byla krystalizace v celém objemu balení. Srovnání poměru krystalizace a barvy jednotlivých vzorků po 24měsíčním skladování je uvedeno na Obr. 4.19. Změna barvy byla nejintenzivnější při teplotě 40 °C, navíc při této teplotě docházelo ke zvyšování zdánlivé viskozity (viz reologická analýza 4.2.1). Míra tmavnutí medu je většinou vztahována ke složení medu a skladovací teplotě. Přičemž faktory složení bývají udávány jako poměr glukóza a fruktóza, obsah dusíku, volné aminokyseliny a obsah vlhkosti. Přesto, dostupná data v literatuře zkoumající vliv ztmavnutí medu během skladování a jejich příčin jsou vzácná (Gonzales *et al.*, 1999). U vzorku byla ve 12 měsíci zaznamenána nahořklá chuť výrobku. Probíhající změny lze přisoudit Maillardovým reakcím jak uvádí Taub & Singh, (1998). Na konci experimentu byly vzorky hodnoceny nejhůře méně dobrým vzhledem právě kvůli krystalizaci a výsledné konzistenci. Chuť a vůně byla hodnocena nejhůře jako velmi dobrá s malou intenzitou pachutí.

Vzorek nutella byl hodnocen jako vynikající na začátku experimentu, z důvodu oxidace tuků ovšem postupně docházelo ke zhoršení jakosti potraviny. Vzorky byly během prvních třech měsíců hodnoceny jako velmi dobré. Ovšem vzorek

skladovaný při 40 °C byl hodnocen jako méně dobrý s vyšší intenzitou pachutí. V šestém měsíci skladování se změny probíhající za zvýšených teplot podílely na zhoršení chutě a vůně a intenzitě pachutí. Žluklá chuť byla způsobena oxidací tuků (Pipek, 1998), navíc byla v obalových krabičkách zaznamenáno vyvstávání tekutiny na povrch. Stejně byly hodnoceny vzorky skladované při teplotě 6 °C a 23 °C v 9 měsíci, u nichž docházelo ke zhoršování s prodlužující se dobou skladování. Hodnocení vzorků při teplotě -18 °C bylo i na konci experimentu nejhůře dobré.

Vzorek instantní nudle byl hodnocen jako vynikající (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně) s velmi malou intenzitou pachutí, jenž se během prvních 6 měsíců nezměnilo. Výrazné změny, jako např. barevné nekonzistence a fleky na povrchu nudlí, a dále pak pachutě způsobené degradačními reakcemi složek potravin byly pozorovány v 9 měsíci. Po prvním roce skladování byly nejlépe hodnoceny vzorky při -18 °C (méně dobrý vzhled a barva, výborná konzistence, dobrá chuť a vůně, malá intenzita pachutí), nejhůře vzorky z termostatu (méně dobrý vzhled a barva, dobrá konzistence, nepříjemná chuť a vůně, extrémní intenzita pachutí). Vzorky skladované při 6 °C a 23 °C byly hodnoceny lepší konzistencí a v případě vzorků z lednice dobrou chutí a vůní s malou intenzitou pachutí. Navíc skladovaný při 23 °C byl vzorek hodnocen nevyhovující chutí a vůní a intenzitou pachutí. V průběhu druhého roku skladování docházelo vlivem degradačních pochodů ke zhoršení chutě spojené s hořkostí zvláště u vzorků skladovaných při 23 °C. I přes výše zmíněné důvody, nebyl vzorek nudlí během experimentu při teplotě 23 °C nepoživatelný. Závěrem byly vzorky hodnoceny méně dobrou chutí (-18 °C a 6 °C) a středně intenzivní pachutí. Hodnocení vzorku skladovaného při 23 °C se zhoršilo na nepříjemné.

Vzorek kuře na paprice byl při teplotě 40 °C hodnocen ve třetím měsíci stále ještě nanejvýš velmi dobře. Avšak po půlroce skladování se hodnocení změnilo až na méně dobré (chuť a vůně, intenzita pachutí), a dále pak po roce na nepříjemné. V půlce experimentu byla ve vzorku skladovaném při teplotě -18 °C zaznamenána hrudkovitá konzistence a nevýrazná, mdlá chuť (dobré až méně dobré hodnocení). Naproti tomu při teplotě 23 °C docházelo k houstnutí výrobku spojené s tmavší barvou (méně dobrá) a nahořklou chutí. Vzorky uskladněné při teplotě 6 °C měly při srovnání řidší konzistenci. Na konci experimentu byly vzorky hodnoceny nejhůře velmi dobrou barvou, dobrou konzistencí, dobrou chutí (u teploty 23 °C nevyhovující) a malou intenzitou pachutí. Vzorek skladovaný v mrazírenských podmínkách si zachoval hodnocení z 12 měsíce.

Vzorek instantní nudlová polévka s hovězí příchutí měl podobný trend vývoje při sensorickém hodnocení jako vzorek instantní nudle. Během prvních 6 měsíců skladování bylo hodnocení vynikající. Ve 12 měsíci byla ale již citelná žluklá chuť způsobená oxidací tuků, proto byly vzorky hodnoceny jako nevyhovující s extrémní intenzitou pachutí (40 °C). V průběhu dalších 12 měsíců docházelo k měknutí nudlí a vývoje jejich mdlejší chuti, a to jak při teplotě 6 °C, tak i při 23 °C. Přes všechny zmíněné degradační změny, byly ve 24 měsíci skladování

vzorky hodnoceny nejhůře velmi dobré na vzhledu a barvě s dobrou konzistencí, méně dobrou chutí a velmi intenzivní intenzitou pachutí (v případě vzorků skladovaných při -18 °C velmi malá a při 23 °C malá intenzita pachutí).

Během prvních 6 měsíců byla u vzorku dobrý hostinec svíčková zaznamenána velmi dobrá sensorická jakost s velmi malou intenzitou pachutí. S prodlužující se dobou skladování se jakost zhoršovala, docházelo k tvrdnutí těstovin, které ovlivnilo konzistenci výrobku po uvaření. Stejně tak byly pozorovány světlejší barevné změny v potravině. Dále pak byla zaznamenána nakyslá chuť u vzorků skladovaných při teplotě 6 °C a 23 °C. Ve 12 měsíci vykazovaly vzorky v termostatu výrazný zápach, který může být přisouzen degradačním reakcím za zvýšené teploty. Toto tvrzení je v souladu se zvýšenými hodnotami amoniaku (viz kapitola 4.2.2), z toho důvodu hodnocení nepřijatelné s extrémním zápachem. Ostatní vzorky byly hodnoceny nanejvýš jako méně dobré (konzistence), nevyhovující (chuť a vůně), se střední intenzitou pachutí. Přesto, vzhled a barva byli hodnoceni jako vynikající. Vzorek uskladněný při mrazírenských teplotách byl po dvou letech skladování hodnocen jako vynikající (vzhled a barva), dobrý (konzistence), nepřijatelný (chuť a vůně), s extrémní intenzitou pachutí.

Senzorická analýza výrobku čočka s klobásou se v průběhu skladování horšila jen velmi pomalu z původního hodnocení vynikající (vzhled a barva, chuť a vůně), výborný (konzistence) s velmi malou intenzitou pachutí. Po roce skladování byly vzorky hodnoceny velmi dobře až dobře (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně). Vzorek skladovaný při 40 °C byl hodnocen hůře v konzistenci (méně dobrý), nevyhovující (chuť a vůně) s velmi intenzivní intenzitou pachutí, připsanou hlavně tmavnutí čočky a houstnutí pokrmu, a také slabou pachutí po kovu. Naopak vzorky uchovávané při chladírenských teplotách byly řidší, a také byly nasládlější oproti jiným vzorkům. V následujících měsících docházelo u nižších teplot k řidnutí čočky, nasládlá chuť luštěniny ale zůstala zachována. Naopak vyšší teplota s prodlužující se dobou skladování měla za následek tužší čočku, která byla chuťově kyselější. Konzistence párku se během skladování výrazně neměnila, pouze za vyšších teplot docházelo k jeho rozplývání, s tím souviselo i zhoršení chuti u teplot 23 °C a 40 °C. Hodnocení po dvou letech dopadlo nejhůře pro mrazírenskou teplotu. Vlivem nízkých teplot došlo k průniku ledových krystalků do struktury čočky. Při rozmrazování následně nedošlo k potřebné hydrataci původních struktur, tím pádem byla při sensorickém hodnocení zaznamenána rozbředlejší konzistence čočky. Sensorické hodnocení po 24měsíčním skladování bylo pro vzorek při -18 °C velmi dobré (vzhled a barva), méně dobré (chuť a vůně, konzistence) málo intenzivní pachutí, při 6 °C méně dobré (vzhled a barva, konzistence), velmi dobré (chuť a vůně) s velmi malou intenzitou pachutí. A nakonec vzorek při 23 °C byl hodnocen jako dobrý (vzhled a barva, konzistence, chuť a vůně) s málo intenzivní pachutí.

### 4.3 Diskuse

V průběhu dvou let byly skladovány potraviny, které lze rozdělit do následujících celků: trvanlivé dehydratované výrobky (*A-bramborová kaše s mlékem; B-instantní gulášová polévka; O-instantní nudle; R-instantní nudlová polévka s hovězí příchutí; S-dobry hostinec svičková*), jedlý olej (*C-slunečnicový olej*), mléčné výrobky (*D-balkánský sýr*), pečivo (*E-předpečené bagety*), trvanlivé potraviny s obsahem masa, popř. masovou složkou (*F-segedínský guláš; G-kuřecí maso ve vlastní šťávě; H-májka lahůdkový vepřový krém; I-tuňák kousky ve vlastní šťávě; P-kuře na paprice; T-čočka s klobásou*) a trvanlivé potraviny s vyšším obsahem sacharidů, z toho cukrů (*J-ovesná kaše jablka, rozinky, skořice; K-müsli křupavé čokoládové; L-džem meruňkovo-jablečný; M-med květový luční; N-nutella*). Seznam těchto potravin je uveden také v Tab. 3.1, kde je uvedeno i základní nutriční složení uváděné výrobcem na obalu.

Během skladování potravin byla dodržena teplota doporučená výrobcem, a to v rozmezí teplot 6 °C až 25 °C. Teploty -18 °C a 40 °C reprezentují extrémní modelové teploty, ve kterých se mohou potraviny skladovat v případě mimořádného stavu. Z provedené rešerše vyplývá, že změnami při skladování potravin se zabývalo jen několik vědeckých studií. Z nich lze jednoznačně jmenovat ojedinělý počet těchto prací (Bubelová *et al.*, 2015; Eckardt *et al.*, 2013; Hagyard *et al.*, 1993; Kadidlová *et al.*, 2010), které zkoumaly efekt více teplot při skladování delším než 3 měsíce.

Výsledky mikrobiologických kultivačních analýz potvrdily, že v potravinách během trvání skladovacího pokusu, které prošly při své výrobě dostatečným sterilizačním záhřevem, nedošlo k pomnožení nežádoucích mikroorganismů. Jedná se zejména o hermeticky uzavřené obaly, u kterých termosterilace poskytla prakticky sterilní výrobky, u kterých nejsou detekovány především sporulující bakterie, které by mohly během skladování vyklíčit a znehodnotit výrobky. Studium doby údržnosti výrobků po termosterilaci se zabývala např. Bubelová *et al.*, (2015). Naopak dehydratace, jak bylo ukázáno u instantní gulášové polévky, a snížení vodní aktivity není dostatečným konzervačním zásahem, který by poskytl kvalitní a bezpečné potraviny v průběhu dvouletého skladování při -18 °C - 40 °C. Toto koresponduje s literaturou, která uvádí, že snížení vodní aktivity pouze zpomalí rozvoj sporulujících bakterií, jak uvádí Stevenson *et al.*, (2015) a Akharume *et al.*, (2018). Prodloužení doby údržnosti a zabránění nežádoucímu množení mikroorganismů může být dosaženo například i netradičními procesy, jako jsou např. vysokotlaké metody (Krebbers *et al.*, 2002). Vyšší obsah soli anebo sacharidů obecně inhibuje množení mikroorganismů. Přesto, mohou být v džemech detekovány plísně (Ferreira *et al.*, 2004), jenž ostatně bylo sledováno i v této práci. Obdobně, Casalnuovo *et al.*, (2015) poukázal na mikrobiální kontaminaci tuňáků v konzervách. Závěrem lze konstatovat, že mikrobiální růst je často spojován s vývojem nežádoucích pachutí (Egan *et al.*, 1988), změnou barvy výrobku (Li *et al.*, 2015) a narušení zdravotní bezpečnosti (Gram *et al.*,

2002; Mills *et al.*, 2014). Skladování při teplotách pod -5 °C obecně inhibuje růst mikroorganismů (Adam, *et al.*, 2010).

Pokles hodnot pH v potravinách je obecně důsledkem hromadění reakčních pochodů, které již dále nejsou metabolizovány v důsledku ukončení života zvířete anebo sklizně rostlinných produktů. Nejvýraznější změny byly pozorovány během prvního roku skladování, a o to výrazněji, čím byla použita vyšší teplota skladování ( $P < 0,05$ ). Pokles hodnot pH během skladování při 40 °C byl také pozorován v publikaci Gaucher *et al.*, (2008) a Bubelová *et al.*, (2015). Při vyšší teplotě skladování docházelo k rychlejšímu poklesu hodnot pH, tyto změny se podepsaly i na senzoričké analýze. Touati *et al.*, (2014) taktéž pozoroval statisticky významnější ( $P < 0,05$ ) pokles hodnot pH při teplotách 25 °C a 37 °C v porovnání s teplotou 5 °C. Statistickou analýzou bylo navíc potvrzeno, že interakce faktorů času a teploty měly významný vliv na pokles hodnot pH ( $P < 0,05$ ).

Z analýz obsahu sušiny, bílkovin a tuků vyplynulo, že jak kovové obaly, hliníkové obaly s polymerním vnitřním nátěrem, tak i vícevrstevné sáčky poskytují dobré bariérové vlastnosti zejména v prevenci odparu vody, a to po celou dobu skladování 24 měsíců při teplotách -18 °C až 40 °C. Kromě praktického dopadu tohoto zjištění měl tento jev další důsledek, a to zachování obdobného zastoupení obsahu těchto složek, který dovoluje objektivní srovnání výrobků v průběhu času Bubelová *et al.*, (2015) a Kadidlová *et al.*, (2010).

Z analýzy aminokyselin vyplynulo, že existují 3 skupiny aminokyselin dělených dle citlivosti k podmínkám skladování (teplota a délka skladování). Jako velmi stabilní aminokyseliny byly identifikovány fenylalanin, kyselina asparagová, kyselina glutamová, prolin, glycin, alanin, histidin a arginin, dále pak valin, isoleucin, leucin. Zejména poslední tři zmíněné aminokyseliny bývají problematické z hlediska jejich uvolnění ze složitějších (obvykle rostlinných) matic. Toto zjištění koresponduje s pracemi (Fountoulakis & Lahm, 1998; Sarwar *et al.*, 1983). Naopak za méně stabilní či nestabilní byly označeny aminokyseliny s hydroxy skupinou (threonin, serin a tyrosin), obsahující v molekule síru (methionin a cystein) a v neposlední řadě i lyzin, jehož aminová skupiny v pozici  $\epsilon$  je také považována za reaktivní. S těmito závěry korespondují i práce (Darragh *et al.*, 1996; Fountoulakis & Lahm 1998; Lazárková *et al.*, 2010, 2011; Sarwar *et al.*, 1983; Touati *et al.*, 2014). Vlivem teploty a délky skladování docházelo ke snížení indexu esenciálních aminokyselin, a tím i výživové hodnoty proteinů ( $P < 0,05$ ). Nejnižší hodnoty EAAI byly pozorovány u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C.

Nepřímým důkazem ztrát aminokyselin a obecněji průběhu reakcí dusíkatých látek je i nárůst obsahu amoniaku v průběhu dvouletého skladování. Intenzita změn rostla se zvyšující se použitou skladovací teplotou ( $P < 0,05$ ). Tento trend koresponduje se závěry autorů v literatuře (Bubelová *et al.*, 2015; Friedman, 1996; Kadidlová *et al.*, 2010; Lazárková *et al.*, 2010, 2011).

Na základě růstu obsahu amoniaku lze předpokládat průběh Maillardových reakcí a Streckerovy degradace aminokyselin, a to i za teplot  $< 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Friedman, 1996; Holman *et al.*, 2017; Pinheiro *et al.*, 2019). V průběhu skladování bylo pozorováno, že se reakce dusíkatých látek zcela nezastaví ani při mrazírenských teplotách ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), což koresponduje například s pracemi (Holman *et al.*, 2017; Pinheiro *et al.*, 2019). Rovněž lze předpokládat, že některé meziprodukty a konečné produkty Maillardových reakcí a Streckerovy degradace aminokyselin ovlivní i organoleptické vlastnosti potravin (Friedman, 1996), jak se ukázalo i v této práci (vzhled, konzistence, chuť, intenzita pachutí).

V průběhu dvouletého skladování při všech čtyřech různých teplotách ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) byly zaznamenány oxidativní reakce lipidové frakce. Stanovován byl obsah sekundárních produktů oxidace lipidů pomocí metody TBARS, což je přístup, který doporučují ve svých pracích např. Kristensen *et al.*, (2001) a Kristensen & Skibsted, (1999). Hodnoty TBARS rostly s prodlužující se délkou skladování a intenzita nárůstu kladně korelovala se skladovací teplotou. Oxidativní reakce lipidů pravděpodobně stojí i za zhoršení organoleptických vlastností chuti a vůně skladovaných vzorků při teplotách  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (zejména hořkost). Tyto teploty významně podporují oxidativní reakce lipidové frakce. Tato zjištění jsou v souladu například s pracemi (Babji *et al.*, 1998; Gokalp *et al.*, 1983; Gomes *et al.*, 2003).

Dvouleté skladování podstatně ovlivnilo i konzistenci sledovaných produktů. Například u vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě a májka lahůdkový vepřový krém lze postupné zhoršování konzistence připsat mimo jiné i snižování tvrdosti, což mohlo být způsobeno reakcemi dusíkatých látek a možným limitovaným štěpením bílkovin (v důsledku chemických reakcí anebo zbytkové aktivity enzymů) (Datta *et al.*, 2002; Datta & Deeth, 2001; Friedman, 1996). Obdobně, skladování pečárenských výrobků při nízkých teplotách negativně ovlivňuje těsto a následně poškozuje strukturu a tím snižuje konečnou kvalitu pečiva (Bárcenas & Rosell, 2006; Selomulyo & Zhou, 2007). Příčinou těchto změn je uvolnění vody při teplotách pod nulou, která tvoří ledové krystaly (Meziani *et al.*, 2012).

Dále, u vzorku džem meruňkovo-jablečný lze postupné zhoršení konzistence sledovat v postupné krystalizaci sacharidů a navyšování obsahu sušiny. Tyto přírodní pochody ovlivňují zdánlivou viskozitu a jsou intenzivnější, čím je použita vyšší skladovací teplota. Studium vlivu přírodních pochodů na reologické vlastnosti popsal blíže Gómez-Díaz *et al.*, (2009). Viskozita medů souvisí s obsahem vody, proto se tyto hodnoty u čínských medů pohybují mezi  $0,70$  a  $19,55\text{ Pa}\cdot\text{s}$  (Pan Junzheng & Ji Changying, 1998), což jsou hodnoty mnohem nižší než hodnoty naměřené v této práci. Čínské medy totiž obsahují výrazně vyšší obsah vody ( $19,8$  až  $29,0\%$ ). Oproti tomu české medy obsahují vody méně, v rozmezí  $14,47$  až  $19,07\%$  (med květový) a  $14,13$  až  $19,27\%$  (med smíšený), jak uvádí Vorlová *et al.*, (2018). Medy ze Slovenska obsahují  $17,42$  až  $18,30\%$  vody (med lesní) a  $14,80$  až  $17,86\%$  (med smíšený) Kasperová *et al.*, (2012). Podobný obsah vody byl nalezen i v polských medech (Tomczyk *et al.*, 2019).

Reologickými studii medu je věnována značná pozornost (Al-Malah *et al.*, 2001; Juszczak & Fortuna, 2006; Mossel *et al.*, 2000; Yanniotis, Skaltsi & Karaburnioti, 2006; Zaitoun *et al.*, 2001). Na základě získaných hodnot z reologických analýz lze konstatovat, že vzorek džemu spadá do kategorie slabých gelů. Toto tvrzení koresponduje s publikacemi (Clark & Ross-Murphy 2005; Gao *et al.*, 2015; Gunasekaran & Ak, 2000).

V této práci bylo zjištěno, že nedocházelo k výrazným změnám v průměrném celkovém obsahu sacharidů ( $P \geq 0,05$ ). Mírné kolísání průměrného obsahu sacharidů bylo pozorováno u glukózy, sacharózy a maltózy (džem meruňkovo-jablečný) a u fruktózy a glukózy (nutella). Prezentované výsledky se shodují s publikací Chauhan *et al.*, (2013), kteří uvedli, že po dobu skladování 6 měsíců celkový obsah cukru v kokosovém džemu klesl o 0,56 % a 0,87 % při teplotě 28 °C a 37,7 °C. Naproti tomu daleko významnější pokles ( $P < 0,05$ ) obsahu cukrů byl pozorován ve studii Touati *et al.*, (2014), kde hodnoty poklesly o 5,52 %, 9,02 % a 7,46 % po 60 dnech skladování při 5 °C, 25 °C a 37 °C.

V této dlouhodobé studii bylo zjištěno, že při správném dodržení procesu rozmrazení byly potraviny skladované při teplotě -18 °C hodnoceny lépe než potraviny skladované při vyšších teplotách. A to i přes skutečnost, že tato teplota proces degradace biologicky aktivních látek úplně nezpomalila, jak bylo prokázáno použitými metodami fyzikálně-chemických analýz. Tento trend koresponduje se závěry autorů v literatuře (Alonso *et al.*, 2016; Custódio *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2009).

Doba skladování podstatně ovlivnila i vzhled vzorků, zejména pak barvu, na kterou jsou spotřebitelé velmi při výběru potravin citliví. Po 60 dnech skladování džemů, kterou provedl Touati *et al.*, (2014), byl tento parametr významně snížen z počáteční žluté až do načervenalého tónu. Barevné změny byly pozorovány i v této práci, přičemž příčiny lze hledat v tvorbě hnědých pigmentů Maillardových reakcí. Podobné výsledky uvádí i Wicklund *et al.*, (2005) při studiu jahodových džemů skladovaných při 4 °C a 20 °C.

Ačkoliv výrobce doporučuje skladovat většinu potravin při teplotě přibližně 23 °C, z prezentovaných výsledků bylo zjištěno, že teplota 6 °C je pro dlouhodobé skladování potravin výhodnější. Vzorky potravin si po dobu skladování při chladírenské teplotě udržely přijatelné hodnocení. Ke stejnému závěru dospěl i Rodríguez *et al.*, (2003), který porovnával skladované potraviny v rozmezí teplot 4,4 °C až 37,8 °C. Naproti tomu teplota 23 °C neposkytovala po dvouletou dobu experimentu tak dobré sensorické hodnocení jako teplota 6 °C. Zvýšená teplota omezuje dobu skladování, přičemž stejný závěr byl publikován ve studii Kince *et al.*, (2017). Proto potraviny skladované při teplotě 40 °C byly hodnoceny nejhůře, jelikož vyšší teplota se negativně promítla na výsledném chemickém a sensorickém hodnocení. Nejčastěji byly popsány, a to i již po třech měsících, intenzivní pachutě spolu s nevyhovujícím vzhledem.

Shrňme-li celkově výsledky provedených analýz a podrobíme je kritickému pohledu z hlediska jakosti a zdravotní nezávadnosti studovaných potravin, je

možné dospět k názoru, že existuje při určitých skladovacích teplotách kritická doba, po kterou si potraviny ponechají své typické vlastnosti. Její překročení je již spojeno s výrazným ohrožením kvality a zdravotní nezávadnosti těchto produktů. Tyto kombinace skladovací teploty a kritické doby skladování jsou uvedeny v Tab. 4.9. Ze získaných dat a interpretovaných výsledků lze doporučit pro dlouhodobé skladování teploty -18 °C a 6 °C. V případě mrazírenské teploty je nutnost dodržení správného rozmrazovacího postupu, jinak může docházet ke zhoršení sensorické jakosti. V případě nevyhnutí, lze použít pro jisté potraviny teplotu 23 °C. Pro dlouhodobé skladování se nedoporučuje testovaná teplota 40 °C. Tab. 4.9 může také sloužit jako návrh pro použití testovaných potravin jako dávky potravin pro řešení mimořádných situací v případě vyhlášení krizového stavu. V případě možného zařazení potravin do BDP lze na základě výsledků navrhnout tyto potraviny: májka lahůdkový vepřový krém, tuňák kousky ve vlastní šťávě a čočka s klobásou.

Tab. 4.9: Přehled kritických teplot a časů použitelnosti výrobků

Označení	Potravina	Kritická teplota a čas [měsíce]			
		-18 °C	6 °C	23 °C	40 °C
A	Bramborová kaše s mlékem	≤ 24	≤ 21	≤ 18	≤ 3
B	Instantní gulášová polévka	≤ 24	≤ 24	≤ 15	≤ 6
D	Balkánský sýr	≤ 3	≤ 9	≤ 3	≤ 1
E	Předpečené bagety	≤ 12	≤ 9	≤ 6	≤ 3
F	Segedínský guláš	≤ 24	≤ 18	≤ 18	≤ 18
G	Kuřecí maso ve vlastní šťávě	< 24	≤ 18	≤ 18	≤ 3
H	Májka lahůdkový vepřový krém	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 18
I	Tuňák kousky ve vlastní šťávě	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 9
J	Ovesná kaše jablka, rozinky, skořice	≤ 24	≤ 12	≤ 12	≤ 6
K	Müsli křupavé čokoládové	≤ 24	≤ 9	≤ 9	≤ 6
L	Džem meruňkovo-jablečný	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 12
M	Med květový luční	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 12
N	Nutella	≤ 24	≤ 9	≤ 9	≤ 6
O	Instantní nudle	≤ 24	≤ 24	≤ 12	≤ 12
P	Kuře na paprice	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 6
R	Instantní nudlová polévka s hovězí příchutí	≤ 24	≤ 24	≤ 21	≤ 12
S	Dobrá hostinec svíčková	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12
T	Čočka s klobásou	≤ 24	≤ 24	≤ 24	≤ 12



## 5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Hlavním přínosem práce bylo ověření použitelnosti potravin pro zabezpečení výživy obyvatelstva v krizových stavech z dostupných potravin v potravinových řetězcích. Jelikož je žádoucí, abychom byli na příslušné situace připraveni. Přičemž nezbytnou podmínkou je zajištění výživy jak příslušníků Integrovaného záchranného systému, tak civilního obyvatelstva. Dalším přínosem této práce je popis změn potravin během skladování za různých teplot.

Přínos pro vědu:

- provedení dlouhodobé studie údržnosti potravin za stejných a vzájemně porovnatelných podmínek,
- vytipování potravin a podrobení skladování při čtyřech rozdílných teplotních podmínkách,
- charakteristika změn probíhajících během dlouhodobého skladování při různých skladovacích teplotách,
- obohacení literatury o data pocházející ze skladování potravin při teplotě 40 °C, ze kterých je možné odvodit údržnost potravin za zvýšených teplot,
- širší náhled na danou komplexní problematiku z pohledu mikrobiologie, fyzikálně-chemických analýz, reologie, textury a sensorického hodnocení.

Přínos pro praxi:

- návrh rychle dostupných dávek potravin pro krátkodobé krizové stavy s využitím nabídky velkoplošných prodejen,
- návrh dostupných dávek potravin v krizových stavech s využitím nabídky výrobců pro dlouhodobého období,
- návrh na podmínky skladování potravin vzhledem k možným ztrátám významných nutričních faktorů a snížení sensorické jakosti,
- podklady pro zabezpečování obyvatelstva v mimořádných situacích, případně také pro tvorbu zásobovacích plánů pro zahraniční mise.

## 6. ZÁVĚR

Cílem disertační práce bylo sledovat jakostní změny vybraných trvanlivých potravin v průběhu dvouletého skladovacího období za čtyř různých teplot simulujících arktické podmínky, mírné, subtropické a tropické klima. Během skladování byly monitorovány biologické, chemické, fyzikální a organoleptické stability potravin za těchto rozdílných podmínek.

- Teplota a doba skladování významně ovlivnily sledované parametry,
- u většiny analyzovaných potravin došlo již během prvního roku skladování k výrazným změnám (teplota 23 °C a 40 °C),
- nejméně výrazné změny byly pozorovány u vzorků skladovaných při teplotě -18 °C a 6 °C,
- teplota 6 °C se jeví jako vhodná (z testovaných) pro dlouhodobé skladování,
- použitá teplota 23 °C poskytla ve většině případů uspokojivé výsledky,
- signifikantně významné změny byly pozorovány u vzorků skladovaných při teplotě 40 °C,
- obsah aminokyselin v potravinách se významně snížil v průběhu skladování (zejména při vyšší skladovací teplotě),
- obsah amoniaku v potravinách se navyšoval, především vlivem vyšší skladovací teploty,
- senzorická jakost potravin byla ovlivněna skladovacími podmínkami, přičemž zhoršení jakosti bylo zaznamenáno hlavně na chuti a vůni.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adam, Katharine H., Steve H. Flint, and Gale Brightwell. 2010. "Psychrophilic and Psychrotrophic Clostridia: Sporulation and Germination Processes and Their Role in the Spoilage of Chilled, Vacuum-Packaged Beef, Lamb and Venison." *International Journal of Food Science & Technology* 45 (8): 1539–44. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02320.x>.
- Adamiec, J., K. Cejpek, J. Rössner, and J. Velíšek. 2001. "Novel Strecker Degradation Products of Tyrosine and Dihydroxyphenylalanine." *Czech Journal of Food Sciences* 19 (No. 1): 13–18. <https://doi.org/10.17221/6568-cjfs>.
- Akharume, Felix, Kaushlendra Singh, Jacek Jaczynski, and Litha Sivanandan. 2018. "Microbial Shelf Stability Assessment of Osmotically Dehydrated Smoky Apples." *LWT - Food Science and Technology* 90 (April): 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.012>.
- Akoh, Casimir, and David Min. 2002. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biochemistry*. 2nd ed. New York: M. Dekker, Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.).
- Al-Malah, Kamal I.M., Basim Abu-Jdayil, Shahera Zaitoun, and Abd Al Majeed Ghzawi. 2001. "Application of WLF and Arrhenius Kinetics to Rheology of Selected Dark-Colored Honey." *Journal of Food Process Engineering* 24 (5): 341–57. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2001.tb00548.x>.
- Alonso, Verónica, Erica Muela, Javier Tenas, Juan Benito Calanche, Pedro Roncalés, and José A. Beltrán. 2016. "Changes in Physicochemical Properties and Fatty Acid Composition of Pork Following Long-Term Frozen Storage." *European Food Research and Technology* 242 (12): 2119–27. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2708-y>.
- Babji, A. S., S. Y. Chin, M. Y. Seri Chempaka, and A. R. Alina. 1998. "Quality of Mechanically Deboned Chicken Meat Frankfurter Incorporated with Chicken Skin." *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 49 (5): 319–26. <https://doi.org/10.3109/09637489809089405>.
- Balaščík, Jaroslav. 2001. *Konzervování v Domácnosti*. 1st ed. Velehrad: Ottobre 12.
- Bárcenas, María Eugenia, and Cristina M. Rosell. 2006. "Effect of Frozen Storage Time on the Bread Crumb and Aging of Par-Baked Bread." *Food Chemistry* 95 (3): 438–45. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.023>.
- Basu, Santanu, U. S. Shivhare, T. V. Singh, and V. S. Beniwal. 2011.

- “Rheological, Textural and Spectral Characteristics of Sorbitol Substituted Mango Jam.” *Journal of Food Engineering* 105 (3): 503–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.014>.
- Belitz, H. D., W. Grosch, and P. Schieberle. 2009. *Food Chemistry*. 4th, rev. ed. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Bendicho, S., G. V. Barbosa-Cánovas, and O. Martín. 2003. “Reduction of Protease Activity in Milk by Continuous Flow High-Intensity Pulsed Electric Field Treatments.” *Journal of Dairy Science* 86 (3): 697–703.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73649-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73649-2).
- Berg, Jeremy, Tymoczko J. and Stryel L. 2012. *Biochemistry*. 7th ed. New York: W.H. Freeman and Company.
- Bhattacharya, Suwendu. 2015. *Conventional and Advanced Food Processing Technologies*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Ltd.
- Bolton, James R., and Karl G. Linden. 2003. “Standardization of Methods for Fluence (UV Dose) Determination in Bench-Scale UV Experiments.” *Journal of Environmental Engineering* 129 (3): 209–15.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2003\)129:3\(209\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2003)129:3(209)).
- Bubelová, Zuzana, Michaela Černíková, Leona Buňková, Jaroslav Talár, Václav Zajíček, Pavel Foltin, and František Buňka. 2017. “Quality Changes of Long-Life Foods during Three-Month Storage at Different Temperatures.” *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* 11 (1): 43–51.  
<https://doi.org/10.5219/688>.
- Bubelová, Zuzana, Bohuslava Tremlová, Leona Buňková, Matej Pospiech, Eva Vítová, and František Buňka. 2015. “The Effect of Long-Term Storage on the Quality of Sterilized Processed Cheese.” *Journal of Food Science and Technology* 52 (8): 4985–93. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1530-4>.
- Buňka, František. 2013. *Mlékárenská Technologie I*. 1st ed. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- Buňka, František, Jan Hrabě, and Stanislav Kráčmar. 2004. “The Effect of Sterilisation on Amino Acid Contents in Processed Cheese.” *International Dairy Journal* 14 (9): 829–31. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.008>.
- Burešová, Iva, and Eva. Lorencová. 2013. *Výroba Potravin Rostlinného Původu : Zpracování Obilovin*. 1st ed. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- Casalinuovo, Francesco, Teresa Gazzotti, Paola Rippa, Lucia Ciambrone, Rosanna Musarella, and Elena Praticò. 2015. “Microbiological Stability of

- Canned Tuna Produced in Italy and in Non-European Countries.” *Italian Journal of Food Safety* 4 (1): 58–61. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2015.4780>.
- Chauhan, O. P., B. S. Archana, Asha Singh, P. S. Raju, and A. S. Bawa. 2013. “Utilization of Tender Coconut Pulp for Jam Making and Its Quality Evaluation During Storage.” *Food and Bioprocess Technology* 6 (6): 1444–49. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0920-8>.
- Cheftel, J. Claude. 1995. “Review : High-Pressure, Microbial Inactivation and Food Preservation.” *Food Science and Technology International* 1 (2–3): 75–90. <https://doi.org/10.1177/108201329500100203>.
- Christie, William. 2019. “The LipidWeb.” 2019. <https://www.lipidhome.co.uk/>.
- Clark, Allan H., and Simon B. Ross-Murphy. 2005. “Structural and Mechanical Properties of Biopolymer Gels.” *Biopolymers*, 57–192. <https://doi.org/10.1007/bfb0023332>.
- ČSN 57 0107. Metody Zkoušení Sýrů, Tvarohů, Krémů a Pomazánek. Praha: Úřad pro Technickou Normalizaci, Metrologii a Státní Zkušebnictví, 1966. Třídící Znak 570107.
- ČSN 58 0120. Metody Zkoušení Hotových Jidel a Polotovarů Jidel. Praha: Úřad pro Technickou Normalizaci, Metrologii a Státní Zkušebnictví, 1968. Třídící Znak 580120.
- Čuboň J., Haščík P., Kačániová M., Kunová S., Bobko M., Pavelková A., Kročko M., Cviková P., Trembecká L., Tkáčová J. 2017. “Nekonvenčné Metódy Devitalizácie Mikroorganizmov v Gastronomických Surovinách = Unconventional Methods of Microorganism Devitalization in Gastronomic Raw Materials.” *In Journal of Tourism, Hospitality and Commerce* 8(1): 15–30.
- Custódio, Flávia Beatriz, Milton C. Vasconcelos-Neto, Karine H. Theodoro, Renan Campos Chisté, and Maria Beatriz A. Gloria. 2018. “Assessment of the Quality of Refrigerated and Frozen Pork by Multivariate Exploratory Techniques.” *Meat Science* 139 (May): 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.004>.
- Darragh, Alison J, Dorian J Garrick, Paul J Moughan, and Wouter H Hendriks. 1996. “Correction for Amino Acid Loss during Acid Hydrolysis of a Purified Protein 1.” *ANALYTICAL BIOCHEMISTRY* 236: 199–207.
- Datta, N., and H. C. Deeth. 2001. “Age Gelation of UHT Milk—A Review.” *Food and Bioprocess Technology* 79 (4): 197–210. <https://doi.org/10.1205/096030801753252261>.

- Datta, N., A. J. Elliott, M. L. Perkins, and H. C. Deeth. 2002. "Ultra-High-Temperature (UHT) Treatment of Milk: Comparison of Direct and Indirect Modes of Heating." *Australian Journal of Dairy Technology* 57 (3): 211–27.
- Davídek, Jiří. 1991. *Chemie Potravin: Určeno pro Posl. Fak. Potravinářské a Biochemické Technologie*. Edited by Učební texty vysokých škol. 2nd ed. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
- Delgado-Andrade, Cristina, Isabel Seiquer, Ana Haro, Rosa Castellano, and M. Pilar Navarro. 2010. "Development of the Maillard Reaction in Foods Cooked by Different Techniques. Intake of Maillard-Derived Compounds." *Food Chemistry* 122 (1): 145–53. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.031>.
- Drdák, Milan. 1996. *Základy Potravinářských Technologií Spracovanie Rastlinných a Živočíšnych Surovín, Cereálne a Fermentačné Technológie Uchovávanie, Hygiena a Ekológia Potravin*. Bratislava: Malé centrum.
- Družbiková, Helena. 2010. "Zabezpečení Výživy a Stravování Obyvatelstva v Krizových Stavech: Nutrition and Boarding Od Population in Crisis. Zlín, Disertační Práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta Technologická. Vedoucí Práce Doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D."
- E.A., Maged, and Ayman H. Amer Eiss. 2012. "Pulsed Electric Fields for Food Processing Technology." In *Structure and Function of Food Engineering*. Egypt: InTech. <https://doi.org/10.5772/48678>.
- Eckardt, J., C. Öhgren, A. Alp, S. Ekman, A. Åström, G. Chen, J. Swenson, D. Johansson, and M. Langton. 2013. "Long-Term Frozen Storage of Wheat Bread and Dough - Effect of Time, Temperature and Fibre on Sensory Quality, Microstructure and State of Water." *Journal of Cereal Science* 57 (1): 125–33. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.10.007>.
- Eckschlager, Karel, Ivan Horsák, and Zdeněk Kodejš. 1980. "Vyhodnocování Analytických Výsledků a Metod." Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury.
- Egan, A. F., I. J. Eustace, and B. J. Shay. 1988. "Meat Packaging - Maintaining the Quality and Prolonging the Storage Life of Chilled Beef, Pork and Lamb." *Meat 88: Proceedings of Industry Day*, 98–75.
- Fan, Wenjiao, Junxiu Sun, Yunchuan Chen, Jian Qiu, Yan Zhang, and Yuanlong Chi. 2009. "Effects of Chitosan Coating on Quality and Shelf Life of Silver Carp during Frozen Storage." *Food Chemistry* 115 (1): 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.060>.

- Fellows, J. P. 2009. *Food Processing Technology*. 3rd ed. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Ferreira, Isabel M.P.L.V.O., Nazaré Pestana, M. Rui Alves, Fernando J.M. Mota, Cristina Reu, Sara Cunha, and M. Beatriz P.P. Oliveira. 2004. "Quince Jam Quality: Microbiological, Physicochemical and Sensory Evaluation." *Food Control* 15 (4): 291–95. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00079-3](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00079-3).
- Foltin, Pavel, Martin Brunclík, Vojtěch Ondryhal, and Lukás Vogal. 2018. "Usability Of Performance Indicators Of Logistics Infrastructure Availability In Supply Chain Designing." *Business Logistics in Modern Management* 18: 157–70. <https://ideas.repec.org/a/osi/bulimm/v18y2018p157-170.html>.
- Fountoulakis, Michael, and Hans Werner Lahm. 1998. "Hydrolysis and Amino Acid Composition Analysis of Proteins." *Journal of Chromatography A* 826 (2): 109–34. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)00721-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00721-3).
- Friedman, Mendel. 1996. "Food Browning and Its Prevention: An Overview." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44 (3). <https://doi.org/10.1021/jf950394r>.
- . 2004. "Applications of the Ninhydrin Reaction for Analysis of Amino Acids, Peptides, and Proteins to Agricultural and Biomedical Sciences." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 (3): 385–406. <https://doi.org/10.1021/jf030490p>.
- Gao, Xin, Tongtong Guo, Fei Han, Yu Tian, and Zhaohui Zhang. 2015. "Rheological and Sensory Properties of Four Kinds of Dark Chocolates." *American Journal of Analytical Chemistry* 06 (13): 1010–18. <https://doi.org/10.4236/ajac.2015.613096>.
- Gaucher, Isabelle, Daniel Mollé, Valérie Gagnaire, and Frédéric Gaucheron. 2008. "Effects of Storage Temperature on Physico-Chemical Characteristics of Semi-Skimmed UHT Milk." *Food Hydrocolloids* 22 (1): 130–43. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.04.007>.
- Gokalp, Husnu Y., Herbert W. Ockerman, Rodney F. Plimpton, and W. James Harper. 1983. "Fatty Acids of Neutral and Phospholipids, Rancidity Scores and TBA Values as Influenced by Packaging and Storage." *Journal of Food Science* 48 (3): 829–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb14910.x>.
- Gomes, Heliana De Azevedo, Edir Nepomuceno Da Silva, Marcos Roberto Lopes do Nascimento, and Henrique Takuji Fukuma. 2003. "Evaluation of

- the 2-Thiobarbituric Acid Method for the Measurement of Lipid Oxidation in Mechanically Deboned Gamma Irradiated Chicken Meat.” *Food Chemistry* 80 (3): 433–37. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00499-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00499-5).
- Gómez-Díaz, Diego, José M. Navaza, and Lourdes C. Quintáns-Riveiro. 2009. “Effect of Temperature on the Viscosity of Honey.” *International Journal of Food Properties* 12 (2): 396–404. <https://doi.org/10.1080/10942910701813925>.
- Gonzales, Adriana Pereyra, Leila Burin, and María del Pilar Buera. 1999. “Color Changes during Storage of Honeys in Relation to Their Composition and Initial Color.” *Food Research International* 32 (3): 185–91. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(99\)00075-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(99)00075-7).
- Gram, Lone, Lars Ravn, Maria Rasch, Jesper Bartholin Bruhn, Allan B Christensen, and Michael Givskov. 2002. “Food Spoilage--Interactions between Food Spoilage Bacteria.” *International Journal of Food Microbiology* 78 (1–2): 79–97. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(02\)00233-7](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00233-7).
- Gunasekaran, Sundaram, and M. Mehmet Ak. 2000. “Dynamic Oscillatory Shear Testing of Foods - Selected Applications.” *Trends in Food Science and Technology* 11 (3): 115–27. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00058-3).
- Hagyard, Cedric J., Andrea H. Keiller, Tracey L. Cummings, and Brian B. Chrystall. 1993. “Frozen Storage Conditions and Rancid Flavour Development in Lamb.” *Meat Science* 35 (3): 305–12. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(93\)90036-H](https://doi.org/10.1016/0309-1740(93)90036-H).
- Hardin, Charles., and James. Knopp. 2013. *Biochemistry : Essential Concepts*. New York: Oxford University Press.
- Harrigan, W. F. 1998. *Laboratory Methods in Food Microbiology*. San Diego: Academic Press.
- Hendl, Jan. 2015. *Přehled Statistických Metod : Analýza a Metaanalýza Dat*. 5th ed. Praha: Portál.
- Hjelmqwist, J. 2005. “Commercial High Pressure Equipment.” *Novel Food Processing*.
- Ho, S. Y., and G. S. Mittal. 2001. “Non-Thermal Microbial Inactivation in Waste Brine Using High-Voltage Low-Energy Electrical Pulses.” *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2 (4): 251–59. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(01\)00043-1](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(01)00043-1).



- Holec, Josef. 1986. *Základy Potravinářské Techniky*. 1st ed. Brno: Vysoká škola veterinární v Brně.
- Holman, Benjamin W.B., Cassius E.O. Coombs, Stephen Morris, Matthew J. Kerr, and David L. Hopkins. 2017. "Effect of Long Term Chilled (up to 5 Weeks) Then Frozen (up to 12 Months) Storage at Two Different Sub-Zero Holding Temperatures on Beef: 1. Meat Quality and Microbial Loads." *Meat Science* 133 (November): 133–42. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.015>.
- Hoyland, D. V., and A. J. Taylor. 1991. "A Review of the Methodology of the 2-Thiobarbituric Acid Test." *Food Chemistry* 40 (3): 271–91. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(91\)90112-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(91)90112-2).
- Ingr, Ivo. 2007. *Základy Konzervace Potravin*. Vyd. 3. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.
- ISO. 2006. ISO Standard No.4832:2006: Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of coliforms -- Colony-count technique. 3. ISO/TC 34/SC 9 Microbiology., issued 2006.
- . 2008. ISO Standard No. 21527-2: Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds — Part 1: colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95, issued 2008.
- . 2013. ISO Standard No. 4833-1: 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., issued 2013.
- . 2015. ISO Standard No. 8586:2012: Senzorická Analýza – Obecná Směrnice pro Výběr, Výcvik a Sledování Činnosti Vybraných Posuzovatelů a Odborných Senzorických Posuzovatelů.
- Juranville, J F, B Pöschl, G Oesterhelt, H J Schönfeld, and M Fountoulakis. 1998. "Glycerol Affects the Quantification of Aspartate and Glutamate in Acid-Hydrolyzed Proteins." *Amino Acids* 15 (3): 253–62. <https://doi.org/10.1007/bf01318864>.
- Juszczak, Lesław, and Teresa Fortuna. 2006. "Rheology of Selected Polish Honeys." *Journal of Food Engineering* 75 (1): 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.049>.
- Kadidlová, Helena, Zuzana Ciprysová, Ignác Hoza, and Budinský Pavel. 2010. "The Effect of Long-Term Storage on Amino Acid Content of Ready-to-Eat Entrées." *International Journal of Food Science & Technology* 45 (5): 966–70. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02216.x>.

- Kadlec, Pavel. 2002. *Technologie Potravin I*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- . 2003. *Procesy Potravinářských a Biochemických Výrob*. 1st ed. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- Kadlec, Pavel, Karel Melzoch, and Michal Voldřich. 2009. *Co Byste Měli Vědět o Výrobě Potravin?* 1st ed. Ostrava: Key Publishing.
- Kasperová, Jana, Jozef Nagy, Peter Popelka, Zuzana Dičáková, Alena Nagyová, and Pavel Maľa. 2012. “Physico-Chemical Indicators and Identification of Selected Slovak Honeyes Based on Colour Measurement.” *Acta Veterinaria Brno* 81 (1): 57–61. <https://doi.org/10.2754/avb201281010057>.
- Kilcast, David., and Persis. Subramaniam. 2000. *The Stability and Shelf Life of Food*. Edited by Christopher J. Kennedy. Woodhead Publishing in Food Science and Technology. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Kince, Tatjana, Ruta Galoburda, Dace Klava, Lolita Tomsone, Santa Senhofa, Evita Straumite, Garry Kerch, *et al.* 2017. “Breakfast Cereals with Germinated Cereal Flakes: Changes in Selected Physical, Microbiological, and Sensory Characteristics during Storage.” *European Food Research and Technology* 243 (9): 1497–1506. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2859-5>.
- Kráčmar, S, S. Gajdůšek, P. Jelínek, L. Zeman, V. Kozel, M. Kozlová and E. Kráčmarová. 1999. “Changes in Amino Acids Composition of Goats Colostrums during the First 72 Hours after Birth.” *Czech Journal of Animal Science* 44: 541–545.
- Krebbbers, B., A. M. Matser, M. Koets, and R. W. Van Den Berg. 2002. “Quality and Storage-Stability of High-Pressure Preserved Green Beans.” *Journal of Food Engineering* 54 (1): 27–33. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00182-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00182-0).
- Kristensen, Dorthe, Eva Hansen, Allan Arndal, Rikke Appelgren Trinderup, and Leif H Skibsted. 2001. “Influence of Light and Temperature on the Colour and Oxidative Stability of Processed Cheese.” *International Dairy Journal* 11 (10): 837–43. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4).
- Kristensen, Dorthe, and Leif H. Skibsted. 1999. “Comparison of Three Methods Based on Electron Spin Resonance Spectrometry for Evaluation of Oxidative Stability of Processed Cheese.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47 (8): 3099–3104. <https://doi.org/10.1021/jf981396p>.
- Krizové Stavy - Hasičský Záchraný Sbor České Republiky. Accessed June 12,

2019. <https://www.hzscr.cz/clanek/web-krizove-rizeni-a-cnp-krizove-stavy-krizove-stavy.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D>.
- Kubáň, Vlastimil, and Petr. Kubáň. 2007. *Analýza Potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.
- Kyzlink, Vladimír, 1915-2008. 1980. *Základy Konzervace Potravin*. 2nd ed. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury.
- . 1988. *Teoretické Základy Konzervace Potravin*. 1st ed. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury.
- Lazárková, Zuzana, František Buňka, Leona Buňková, Felix Holáň, Stanislav Kráčmar, and Jan Hrabě. 2011. “The Effect of Different Heat Sterilization Regimes on the Quality of Canned Processed Cheese.” *Journal of Food Process Engineering* 34 (6): 1860–78. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x>.
- Lazárková, Zuzana, František Buňka, Leona Buňková, Pavel Valášek, Stanislav Kráčmar, and Jan Hrabě. 2010. “Application of Different Sterilising Modes and the Effects on Processed Cheese Quality.” *Czech Journal of Food Sciences* 28 (3): 168–76. <https://doi.org/10.17221/44/2008-cjfs>.
- Lehari, Gabriele. 2011. *Jak Uchovávat Potravinu: Zavařujeme, Zmrazujeme, Sušíme, Nakládáme*. 1st ed. Brno: Computer Press.
- Li, S., G. Zamaratskaia, S. Roos, K. Båth, J. Meijer, E. Borch, and M. Johansson. 2015. “Inter-Relationships between the Metrics of Instrumental Meat Color and Microbial Growth during Aerobic Storage of Beef at 4°C.” *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 65 (2): 97–106. <https://doi.org/10.1080/09064702.2015.1072579>.
- Lynch, Joanna M, David M Barbano, and J Richard Fleming. 2002. “Determination of the Total Nitrogen Content of Hard, Semihard, and Processed Cheese by the Kjeldahl Method: Collaborative Study.” *Journal of AOAC International* 85 (2): 445–55. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11990031>.
- MacGregor, S. J., N. J. Rowan, L. McIlvaney, J. G. Anderson, R. A. Fouracre, and O. Farish. 1998. “Light Inactivation of Food-Related Pathogenic Bacteria Using a Pulsed Power Source.” *Letters in Applied Microbiology* 27 (2): 67–70. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.1998.00399.x>.
- Manirakiza, P., A. Covaci, and P. Schepens. 2001. “Comparative Study on Total Lipid Determination Using Soxhlet, Roese-Gottlieb, Bligh & Dyer, and Modified Bligh & Dyer Extraction Methods.” *Journal of Food Composition and Analysis* 14 (1): 93–100. <https://doi.org/10.1006/jfca.2000.0972>.

- Martín-Belloso, O., H. Vega-Mercado, B. L. Qin, F. J. Chang, G. V. Barbosa-Cánovas, and B. G. Swanson. 1997. "Inactivation of Escherichia Coli Suspended in Liquid Egg Using Pulsed Electric Fields." *Journal of Food Processing and Preservation* 21 (3): 193–208. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1997.tb00776.x>.
- Meziani, Smail, Jordane Jasniewski, Pablo Ribotta, Elmira Arab-Tehrany, Jean Marc Muller, Mohamed Ghouli, and Stéphane Desobry. 2012. "Influence of Yeast and Frozen Storage on Rheological, Structural and Microbial Quality of Frozen Sweet Dough." *Journal of Food Engineering* 109 (3): 538–44. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.026>.
- Mills, John, Andrea Donnison, and Gale Brightwell. 2014. "Factors Affecting Microbial Spoilage and Shelf-Life of Chilled Vacuum-Packed Lamb Transported to Distant Markets: A Review." *Meat Science* 98 (1): 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.002>.
- Min, Seacheol, Z. Tony Jin, and Q. Howard Zhang. 2003. "Commercial Scale Pulsed Electric Field Processing of Tomato Juice." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (11): 3338–44. <https://doi.org/10.1021/jf0260444>.
- Moraga, G., N. Martínez-Navarrete, and A. Chiralt. 2006. "Compositional Changes of Strawberry Due to Dehydration, Cold Storage and Freezing-Thawing Processes." *Journal of Food Processing and Preservation* 30 (4): 458–74. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2006.00079.x>.
- Mossel, Brenda, Bhesh Bhandari, Bruce D'Arcy, and Nola Caffin. 2000. "Use of an Arrhenius Model to Predict Rheological Behaviour in Some Australian Honeys." *LWT - Food Science and Technology* 33 (8): 545–52. <https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0714>.
- Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002, Kterým Se Stanoví Obecné Zásady a Požadavky Potravinového Práva, Zřizuje Se Evropský Úřad pro Bezpečnost Potravin a Stanoví Postupy Týkající Se Bezpečností Potravin, Rada Evropské Unie 2002.
- Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, Kterým Se Stanoví Zvláštní Hygienická Pravidla pro Potraviny Živočišného Původu, Rada Evropské Unie 2004.
- Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1169/2011 o Poskytování Informací o Potravinách Spotřebitelům. Evropský Parlament, Rada Evropské Unie 2011.
- Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1333/2008 o Potravinářských Přídavných Látkách, Rada Evropské Unie 2008.

- Pan Junzheng, and Ji Changying. 1998. "General Rheological Model for Natural Honeys in China." *Journal of Food Engineering* 36 (2): 165–68. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(98\)00050-8](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(98)00050-8).
- Parker, Nina, Mark Schneegurt, Anh-Hue Thi Tu, Brian M. Forster, and Philip Lister. 2016. *Microbiology*. Houston, Texas: OpenStax.
- Pereda, J., V. Ferragut, J. M. Quevedo, B. Guamis, and A. J. Trujillo. 2007. "Effects of Ultra-High Pressure Homogenization on Microbial and Physicochemical Shelf Life of Milk." *Journal of Dairy Science* 90 (3): 1081–93. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71595-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71595-3).
- Pinheiro, Rafael S.B., Caroline L. Francisco, Diego M. Lino, and Hirasilva Borba. 2019. "Meat Quality of Santa Inês Lamb Chilled-Then-Frozen Storage up to 12 months." *Meat Science* 148 (February): 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.017>.
- Pink, Aleš. n.d. "Krystalizace Medu." Accessed April 10, 2019. <https://vcelifarmaalespink.cz/rubriky/o-medu/krystalizace-medu>.
- Pipek, Petr. 1998. *Technologie Masa II*. 2nd ed. Praha: VŠCHT.
- Réblová, Zuzana. n.d. "Laboratoř Analýzy Potravín a Přírodních Produktů: Stanovení Tuku a Hodnocení Kvality Tuků a Olejů (Soxhletova Metoda pro Extrakci Tuku a Titrační Stanovení Číslo Kyselosti)." Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- Rizzi, George P. 2008. "The Strecker Degradation of Amino Acids: Newer Avenues for Flavor Formation." *Food Reviews International* 24 (4): 416–35. <https://doi.org/10.1080/87559120802306058>.
- Rodríguez, J. J., G. I. Olivas, D. R. Sepúlveda, H. Warner, S. Clark, and G. V. Barbosa-Cánovas. 2003. "Shelf-Life Study of Retort Pouch Black Bean and Rice Burrito Combat Rations Packaged at Selected Residual Gas Levels." *Journal of Food Quality* 26 (5): 409–24. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2003.tb00256.x>.
- Sarwar, G., D. A. Christensen, A.J. Finlayson, M. Friedman, L. R. Hackler, S. L. Mackenzie, P. L. Pellett, and R. Tkachuk. 1983. "Inter- and Intra-Laboratory Variation in Amino Acid Analysis of Food Proteins." *Journal of Food Science* 48 (2): 526–31. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1983.TB10781.X>.
- Selomulyo, Vania Octaviani, and Weibiao Zhou. 2007. "Frozen Bread Dough: Effects of Freezing Storage and Dough Improvers." *Journal of Cereal Science* 45 (1): 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.10.003>.

- Silva, Priscila Missio Da, Cony Gauche, Luciano Valdemiro Gonzaga, Ana Carolina Oliveira Costa, and Roseane Fett. 2016. "Honey: Chemical Composition, Stability and Authenticity." *Food Chemistry* 196: 309–23. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>.
- STANAG. 2015. STANAG 2937 (Ed. 5.). 2015. Requirements of individual operational rations for military use. Brusel: NATO, issued 2015.
- "Státní Hmotné Rezervy SHR [Online]. Česká Republika, 2009." Accessed July 30, 2019. <https://www.sshr.cz/>.
- Štencl, Jiří. 2015. *Potravinářské Inženýrství*. 1st ed. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- Stevenson, Andrew, Jonathan A Cray, Jim P Williams, Ricardo Santos, Richa Sahay, Nils Neuenkirchen, Colin D McClure, *et al.* 2015. "Is There a Common Water-Activity Limit for the Three Domains of Life?" *The ISME Journal* 9: 1333–51. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.219>.
- Szczesniak, Alina Surmacka. 2002. "Texture Is a Sensory Property." *Food Quality and Preference* 13 (4): 215–25. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8).
- Tanner, David. 2016. "Impacts of Storage on Food Quality." In *Reference Module in Food Science*. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03479-x>.
- Taub, Irwin A., and R. Paul. Singh. 1998. *Food Storage Stability*. USA: CRC Press.
- Tomczyk, M., M. Tarapatsky, and M. Džugan. 2019. "The Influence of Geographical Origin on Honey Composition Studied by Polish and Slovak Honeys." *Czech J. Food Sci* 37: 232–38.
- Touati, Noureddine, Martha Patricia Tarazona-Díaz, Encarna Aguayo, and Hayette Louaileche. 2014. "Effect of Storage Time and Temperature on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Commercial Apricot Jam." *Food Chemistry* 145 (February): 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.037>.
- Tulach, Petr, and Pavel Foltin. 2019. "Research Methods In Humanitarian Logistics – Current Approaches And Future Trends." *Business Logistics in Modern Management* 19: 459–74. <https://ideas.repec.org/a/osi/bulimm/v19y2019p459-474.html>.
- Ústavní Zákon č. 1/1993 Sb.,: Ústava České Republiky, v Platném Znění. Sbíрка Zákonů, 1993.

- Vega-Mercado, Humberto, Usha R. Pothakamury, Fu Jung Chang, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, and Barry G. Swanson. 1996. "Inactivation of Escherichia Coli by Combining PH, Ionic Strength and Pulsed Electric Fields Hurdles." *Food Research International* 29 (2): 117–21. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(96\)00015-4](https://doi.org/10.1016/0963-9969(96)00015-4).
- Velíšek, Jan, and Jana Hajšlová. 2009. *Chemie Potravín 1*. 3rd ed. Tábor: OSSIS.
- Veselý, Vladimír. 2003. *Včelařství*. 2nd ed. Praha: Brázda.
- Vorlová, L., R. Karpíšková, I. Chabinioková, K. Kalábová, and Z. Brázdová. 2018. "The Antimicrobial Activity of Honeys Produced in TheCzech Republic." *Czech Journal of Animal Science* 50 (No. 8): 376–84. <https://doi.org/10.17221/4180-cjas>.
- Vyhláška č. 157/2013 Sb.,: Kterou Se Stanoví Požadavky pro Čerstvé Ovoce a Čerstvou Zeleninu, Zpracované Ovoce a Zpracovanou Zeleninu, Suché Skořápkové Plody, Houby, Brambory a Výrobky z Nich, Jakož i Další Způsoby Jejich Označování, Sbíрка Zákonů 2013.
- Vyhláška č. 287/2016 Sb.,: Vyhláška o Rozsahu a Způsobu Poskytování Proviantních a Výstrojních Náležitostí Vojákům v Záloze ve Službě, v Platném Znění. Sbíрка Zákonů, 2016.
- Vyhláška č. 76/2003 Sb.,: Vyhláška, Kterou Se Stanoví Požadavky pro Přírodní Sladidla, Med, Cukrovinky, Kakaový Prášek a Směsi Kakaa s Cukrem, Čokoládu a Čokoládové Bonbony, v Platném Znění. Sbíрка Zákonů, 2003.
- Wang, Xinhui, Yalin Zhang, and Hongyang Ren. 2018. "Effects of Grape Seed Extract on Lipid Oxidation, Biogenic Amine Formation and Microbiological Quality in Chinese Traditional Smoke-Cured Bacon during Storage." *Journal of Food Safety* 38 (2). <https://doi.org/10.1111/jfs.12426>.
- Weiss, Martin, Michael Manneberg, Jean François Juranville, Hans Werner Lahm, and Michael Fountoulakis. 1998. "Effect of the Hydrolysis Method on the Determination of the Amino Acid Composition of Proteins." *Journal of Chromatography A* 795 (2): 263–75. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(97\)00983-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(97)00983-7).
- Wicklund, Trude, Hans J. Rosenfeld, Berit K. Martinsen, Margareth W. Sundfør, Per Lea, Tor Bruun, Rune Blomhoff, and Karin Haffner. 2005. "Antioxidant Capacity and Colour of Strawberry Jam as Influenced by Cultivar and Storage Conditions." *LWT - Food Science and Technology* 38 (4): 387–91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.017>.
- Wouters, Patrick C., Ignacio Alvarez, and Javier Raso. 2001. "Critical Factors

Determining Inactivation Kinetics by Pulsed Electric Field Food Processing.” *Trends in Food Science and Technology* 12 (3–4): 112–21. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00067-X).

Yanniotis, S., S. Skaltsi, and S. Karaburnioti. 2006. “Effect of Moisture Content on the Viscosity of Honey at Different Temperatures.” *Journal of Food Engineering* 72 (4): 372–77. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.017>.

Zaitoun, Shahera, Abd Al Majeed Ghzawi, Kamal I.M. Al-Malah, and Basim Abu-Jdayil. 2001. “Rheological Properties of Selected Light Colored Jordanian Honey.” *International Journal of Food Properties* 4 (1): 139–48. <https://doi.org/10.1081/JFP-100002192>.

Zákon č. 239/2000 Sb.,: Zákon o Integrovaném Záchraném Systému a o Změně Některých Zákonů, v Platném Znění. Sbírka Zákonů, 2000.

Zákon č. 240/2000 Sb.,: Zákon o Krizovém Řízení a o Změně Některých Zákonů (Krizový Zákon), v Platném Znění. Sbírka Zákonů, 2000.

Zákon č. 241/2000 Sb.,: Zákon o Hospodářských Opatřeních pro Krizové Stavy a o Změně Některých Souvisejících Zákonů, v Platném Znění. Sbírka Zákonů, 2000.

Zákon č. 97/1993 Sb.,: Zákon o Působnosti Správy Státních Hmotných Rezerv, v Platném Znění. Sbírka Zákonů, 1993.



# SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

## Tabulky

Tab. 3.1: Seznam potravin pro skladovací pokusy I a II. ....	32
Tab. 3.2: Obecné schéma očekávaného experimentálního designu pro skladovací experiment I a II. * .....	34
Tab. 4.1: Výsledky stanovení obsahu amoniaku vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	46
Tab. 4.2: Výsledky stanovení obsahu TBARS vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	47
Tab. 4.3: Souhrnné výsledky celkového obsahu aminokyselin [g/kg (% w/w)] vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	51
Tab. 4.4: Indexy esenciálních aminokyselin (EAAI) vzorků A až I skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	51
Tab. 4.5: Výsledky stanovení obsahu amoniaku vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	62
Tab. 4.6: Výsledky stanovení obsahu TBARS vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	63
Tab. 4.7: Výsledky celkového obsahu aminokyselin [g/kg (% w/w)] vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	65
Tab. 4.8: Indexy esenciálních aminokyselin (EAAI) vzorků J až T skladovaných po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). * .....	65
Tab. 4.9: Přehled kritických teplot a časů použitelnosti výrobků .....	80

## Obrázky

<i>Obr. 1.1: Obecný vzorec aminokyseliny, upraveno podle (Velíšek &amp; Hajšlová 2009).....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 1.2: Obecné schéma Streckerovy degradace aminokyselin, upraveno podle (Velíšek &amp; Hajšlová 2009) .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 1.3: Schematické znázornění Maillardovy reakce podle Hodge, písmena A-G jsou vysvětlena v textu, převzato z (Velíšek &amp; Hajšlová 2009).....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 1.4: Schematické znázornění Maillardovy reakce podle Tressla, převzato z (Velíšek &amp; Hajšlová 2009) .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 1.5: Obecné schéma reakce karbonylových sloučenin s aminosloučeninami, upraveno podle (Velíšek &amp; Hajšlová 2009) .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 1.6: Vznik glykosylaminů, upraveno podle (Velíšek &amp; Hajšlová 2009).....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 1.7: Mutarotace a hydrolyza glukosylaminů, upraveno podle (Velíšek &amp; Hajšlová 2009) .....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 1.8: Amadoriho a Heynsův přesmyk katalyzovaný kyselinami, upraveno podle (Velíšek &amp; Hajšlová 2009) .....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 1.9: Rozklad hydroperoxidů na radikály, upraveno podle (Velíšek &amp; Hajšlová 2009)....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 1.10: Sekundární štěpení alk-2enanů vznikajících rozkladem hydroperoxidů, převzato z (Velíšek &amp; Hajšlová 2009) .....</i>	<i>29</i>

Obr. 4.1: Chromatogram standardu aminokyselin (kyselá hydrolyza). Pozn.: asp – kyselina asparagová; thr – threonin; ser – serin; glu – kyselina glutamová; pro – prolin; gly – glycin; ala – alanin; val – valin; ile – isoleucin; leu – leucin; tyr – tyrosin; phe – fenylalanin; his – histidin; lys – lysin; NH <sub>3</sub> – amoniak; arg – arginin.....	49
Obr. 4.2: Chromatogram vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě (kyselá hydrolyza, 24 měsíc, teplota 23 °C). Pozn.: asp – kyselina asparagová; thr – threonin; ser – serin; glu – kyselina glutamová; pro – prolin; gly – glycin; ala – alanin; val – valin; ile – isoleucin; leu – leucin; tyr – tyrosin; phe – fenylalanin; his – histidin; lys – lysin; NH <sub>3</sub> – amoniak; arg – arginin....	49
Obr. 4.3: Chromatogram standardu aminokyselin (oxidační hydrolyza). Pozn.: cysH – cystein; metS – methionin .....	50
Obr. 4.4: Chromatogram vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě (oxidační hydrolyza, 24 měsíc, teplota 23 °C). Pozn.: cysH – cystein; metS – methionin .....	50
Obr. 4.5: Výsledky tvrdosti (N) během 12měsíčního skladování vzorku balkánský sýr. Vzorky označené (▲) byly stlačeny o 80 % a vzorky neoznačené o 50 %. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10).....	52
Obr. 4.6: Výsledky tvrdosti (N) během 12měsíčního skladování vzorku předpečené bagety. Vzorky označené (▲) byly stlačeny o 80 %, vzorky označené (●) o 50 %, vzorky neoznačené o 25 %. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10) .....	53
Obr. 4.7: Výsledky tvrdosti (N) během 24měsíčního skladování vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10).....	53
Obr. 4.8: Výsledky tvrdosti (N) během 24měsíčního skladování vzorku májka lahůdkový vepřový krém. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10).....	54
Obr. 4.9: Závislost zdánlivé viskozity na teplotě a délce skladování (med květový luční). Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10) .....	66
Obr. 4.10: Závislost komplexního modulu pružnosti [G*] na teplotě a délce skladování u vzorku džem meruňkovo-jablečný. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10)..	67
Obr. 4.11: Závislost ztrátového úhlu [δ] na teplotě a délce skladování u vzorku džem meruňkovo-jablečný. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10).....	67
Obr. 4.12: Závislost komplexního modulu pružnosti [G*] na teplotě a délce skladování u vzorku nutella. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10).....	68
Obr. 4.13: Závislost ztrátového úhlu [δ] na teplotě a délce skladování u vzorku nutella. Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 10) .....	68
Obr. 4.14: Chromatogram standardu sacharidů (HPLC-RI, c=10 g·l <sup>-1</sup> ). Pozn.: fru – fruktóza; glu – glukóza; gal – galaktóza; sach – sacharóza; mal – maltóza; lak – laktóza .....	69
Obr. 4.15: Chromatogram vzorku džem meruňkovo-jablečný na počátku experimentu. ....	69
Obr. 4.16: Chromatogram vzorku med květový luční na počátku experimentu .....	70
Obr. 4.17: Chromatogram vzorku nutella na počátku experimentu .....	71
Obr. 4.18: Srovnání vzorků džemu meruňkovo-jablečného po 12měsíčním a 24měsíčním skladování při jednotlivých skladovacích teplotách .....	72
Obr. 4.19: Srovnání vzorků medu květového lučního po 24měsíčním skladování při jednotlivých teplotách .....	73

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Bramborová kaše s mlékem
B	Instantní gulášová polévka
BDP	Bojová dávka potravin
BHT	2,6-Di-tert-butyl-4methylphenol
C	Slunečnicový olej
KJT	Jednotky tvořící kolonie (anglicky Colony Forming Units)
CPM	Celkový počet mikroorganismů
D	Balkánský sýr
E	Předpečené bagety
F	Segedínský guláš
G	Kuřecí maso ve vlastní šťávě
G'	Modul elasticity
G''	Modul viskozity
G*	Komplexní modul
H	Májka lahůdkový vepřový krém
HPLC-RI	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie s refraktometrickou detekcí
I	Tuňák kousky ve vlastní šťávě
IZS	Integrovaný záchranný systém
J	Ovesná kaše jablka, rozinky, skořice
K	Müsli křupavé čokoládové
L	Džem meruňkovo-jablečný
M	Med květový luční
MDA	Malondialdehyd
N	Nutella
NATO	Severoatlantická aliance (anglicky North Atlantic Treaty Organization)
NS	Nestanoveno
O	Instantní nudle
P	Kuře na paprice
PEF	Pulzní elektrické pole
R	Instantní nudlová polévka s hovězí příchutí
S	Dobrý hostinec svíčková
STANAG	Označení pro standardizační dohodu (anglicky STANdardization AGreement)
SZÚ	Státní zdravotní ústav
T	Čočka s klobásou
TBA	Kyselina 2-thiobarbiturovoá
TBARS	Sekundární oxidační produkty (anglicky thiobarbituric acid reactive substances)
TPA	Texturní profilová analýza
UV	Ultrafialové záření

# CURRICULUM VITAE

## Osobní údaje

Jméno a příjmení	Tomáš Šopík, Ing.
Adresa	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta Technologická Ústav technologie potravin Vavrečkova 275, 760 01 Zlín Česká republika
Telefon	+420 57-603-3019
Email	sopik@utb.cz
Národnost	česká
Datum narození	14. 3. 1989
Místo narození	Olomouc

## Vzdělání

Období	2015 – současnost
Udělený titul	Ph.D.
Obor	Technologie potravin
Vysoká škola	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta Technologická
Období	2013 – 2015
Udělený titul	Ing.
Obor	Inženýrství ochrany životního prostředí
Vysoká škola	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta Technologická
Období	2009 – 2013
Udělený titul	Bc.
Obor	Analytický chemik – manažer chemické laboratoře
Vysoká škola	Masarykova Univerzita Brno Přírodovědecká Fakulta
Období	2001 – 2009
Obor	Gymnázium
Škola	Sportovní Gymnázium Vrbno pod Pradědem

## Zahraniční stáž

Období	2017 (3 měsíce)
Vysoká škola	University College Cork, Cork, Irsko School of Food and Nutritional Sciences

## Projekty

2017-2019	MZE – ZEMĚ QK1710156 – "Nové přístupy a metody analýzy pro zajištění kvality, bezpečnosti a zdravotní nezávadnosti sýrů, optimalizace jejich výroby a zefektivnění procesů hygieny a sanitace při současném snížení zátěže životního prostředí odpadními vodami"
-----------	--

2019	Grant IGA/FT/2019/006 - člen výzkumného týmu <i>Posouzení vlastností a kvality potravin v závislosti na vybraných faktorech</i>
2018	Grant IGA/FT/2018/003 - vedoucí výzkumného týmu <i>Role přídatných a jiných funkčních látek ve výrobě potravin</i>
2017	Grant IGA/FT/2017/004 - vedoucí výzkumného týmu <i>Použití přídatných a jiných funkčních látek ve vybraných potravinách</i>
2016	Grant IGA/FT/2016/003 - člen výzkumného týmu <i>Aplikace přídatných a jiných funkčních látek během výroby vybraných potravin</i>
<b><u>Zaměstnání</u></b>	
2019	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Centrum polymerních systémů výzkumný projektový pracovník
2010	Biofyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i. asistent
<b><u>Konference</u></b>	
2019	Bezpečnost a kontrola potravin, Piešťany, SR
2018	70. Sjezd chemiků, Zlín, ČR
2015	16. Škola Hmotnostní Spektrometrie, Frymburk, ČR
<b><u>Semináře</u></b>	
2014-2018	Seminář hmotnostní spektrometrie SCIEX, Praha, ČR
2017	Amedis Day, Brno, ČR
<b><u>Školení</u></b>	
2019	MassHunter (Agilent) - 1260 Infinity HPLC; Agilent 6530 Q-TOF; Agilent 7890B; Q-TOF 7200
2018	Chromatografická stanice Clarity (DataApex)
2016	LabSolutions (Shimadzu) - Shimadzu Prominence LC 20AP
2014	Chromeleon CDS (Thermo Scientific) - Dionex Ultimate 3000
2014	Analyst (Sciex) - API 2000
<b><u>Jazykové znalosti</u></b>	
angličtina	B2
němčina a ruština	A1
<b><u>Ostatní znalosti</u></b>	
Práce s PC	Pokročilý uživatel OS Windows, MS Office, MassHunter, Chromeleon, LabSolutions
Řidičský průkaz	Skupina B

# SEZNAM PUBLIKACÍ

## Příspěvky v mezinárodních časopisech s IF evidovaných v databázi Web of Science

---

Šopík T., Lazárková Z., Buňková L., Purevdorj K., Salek R. N., Talár J., Novotný N., Foltin P., Pachlová V., & Buňka F. Impact of long-term storage on the quality of selected sugar-based foods stored at different temperatures. *LWT*, 2022, 113095, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113095>. (IF<sub>2020</sub> = 4.952)

Yasir, M., Šopík, T., Lovecká, L., Kimmer, D., & Sedlařík, V. The adsorption, kinetics, and interaction mechanisms of various types of estrogen on electrospun polymeric nanofiber membranes. *Nanotechnology*, 2021, 33(7), 075702. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/AC357B>. (IF<sub>2020</sub> = 3.874)

Drohsler, P., Císař, J., Šopík, T., Sedlařík, V., & Pummerová, M. Effect of an Antioxidant Based on Red Beetroot Extract on the Abiotic Stability of Polylactide and Polycaprolactone. *Molecules*, 2021, Vol. 26, Page 5190, 26(17), 5190. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26175190>. (IF<sub>2020</sub> = 4.412)

Motiei, M., Gouveia, L. P. de, Šopík, T., Vicha, R., Škoda, D., Císař, J., Khalili, R., Bergerová, E. D., Münster, L., Fei, H., Sedlařík, V., & Sáha, P. Nanoparticle-Based Rifampicin Delivery System Development. *Molecules*, 2021, Vol. 26, Page 2067, 26(7), 2067. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26072067>. (IF<sub>2020</sub> = 4.412)

Moghaddam, M. A., Martino, A. Di, Šopík, T., Fei, H., Císař, J., Pummerová, M., & Sedlařík, V. Polylactide/Polyvinylalcohol-Based Porous Bioscaffold Loaded with Gentamicin for Wound Dressing Applications. *Polymers*, 2021, Vol. 13, Page 921, 13(6), 921. <https://doi.org/10.3390/POLYM13060921>. (IF<sub>2020</sub> = 4.329)

Pištěková, H., Jančová, P., Buňková, L., Šopík, T., Maršálková, K., Berčíková, L., & Buňka, F. Detection and relative quantification of amine oxidase gene (yobN) in *Bacillus subtilis*: application of real-time quantitative PCR. *Journal of Food Science and Technology*, 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1007/S13197-021-05090-9>. (IF<sub>2020</sub> = 2.701)

Lazárková, Z., Šopík, T., Talár, J., Purevdorj, K., Salek, R. N., Buňková, L., Černíková, M., Novotný, M., Pachlová, V., Němečková, I., & Buňka, F. Quality evaluation of white brined cheese stored in cans as affected by the storage temperature and time. *International Dairy Journal*, 2021, 121, 105105. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2021.105105>. (IF<sub>2020</sub> = 3.032)

Pištěková, H., Jančová, P., Berčíková, L., Buňka, F., Sokolová, I., Šopík, T., Maršálková, K., Amaral, O. M. R. P. de, & Buňková, L. Application of qPCR for multicopper oxidase gene (MCO) in biogenic amines degradation by *Lactobacillus casei*. *Food Microbiology*, 2020, 91, 103550. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103550>. (IF<sub>2020</sub> = 5.516)

Salač, J., Šopík, T., Stloukal, P., Janášová, N., Jursík, M., & Koutný, M. Slow release formulation of herbicide metazachlor based on high molecular weight poly(lactic acid) submicro and microparticles. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2019 16:10, 16(10), 6135–6144. <https://doi.org/10.1007/S13762-019-02222-9>. (IF<sub>2019</sub> = 2.540)

Svobodová, B., Barros, L., Šopík, T., Calhelha, R. C., Heleno, S., Alves, M. J., Walcott, S., Kubáň, V., & Ferreira, I. C. F. R. Non-edible parts of *Solanum stramonifolium* Jacq. – a new potent source of bioactive extracts rich in phenolic compounds for functional foods. *Food & Function*, 2017, 8(5), 2013–2021. <https://doi.org/10.1039/C7FO00297A>. (IF<sub>2017</sub> = 3.289)

Moudrá, K., Pachlová, V., Černíková, M., Šopík, T., & Buňka, F. The combined effects of fat content, calcium chloride, and coagulant concentration on the development of cheese curd structure. *International Dairy Journal*, 2017, 73, 92–97. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2017.05.006>. (IF<sub>2017</sub> = 2.201)

---

### **Příspěvky v recenzovaných časopisech evidovaných v databázi Scopus**

---

Pachlová, V., Charousová, Z., & Šopík, T., Effect of milk origin on proteolysis and accumulation of biogenic amine during ripening of Dutch-type cheese. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2017, 11(1), 363–367. <https://doi.org/10.5219/741>

Kábelová-Ficová, H., Kráčmar, S., Gregor, T., Fišera, M., Golian, J., Kubáň, V., & Šopík, T. Preparation of malts for production of special beers. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2017, 11(1), 441–445. <https://doi.org/10.5219/773>

---

### **Příspěvky v recenzovaných časopisech**

---

Šopík, T., Vydrová, L., Ludmila, Z., & Buňka, F. Development of a method for analysis of tetracycline residues in cow's milk by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Maso International – Journal of Food Science and Technology*, 2016, vol. 1, 3-10, ISSN 1805-5281

---

### **Konferenční příspěvek**

---

Yasir, M., Šopík, T., Kimmer, D., & Sedlařík, V. Facile hplc technique for simultaneous detection of estrogenic hormones in wastewater. *NANOCON Conference Proceedings - International Conference on Nanomaterials*, 2021-October, 272–276. <https://doi.org/10.37904/NANOCON.2020.3710>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A, tabulka 1-18: Výsledky stanovení senzorické analýzy

Příloha B: Protokol pro senzorické hodnocení

Příloha C: článek *Impact of long-term storage on the quality of selected sugar-based foods stored at different temperatures*  
akceptován v časopise LWT (IF<sub>2020</sub> = 4.952)



Příloha A; Tabulka 1: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku bramborová kaše s mlékem skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
<b>Vzhled**</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> A				2 A
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	4 B	-
	23			2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	-	-
	40		2 A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A		5 <sup>b</sup> B				
<b>Konzistence**</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> A				2 A
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 B	-
	23			2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	-	-
	40		2 A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A		5 <sup>c</sup> B				
<b>Chuť a vůně***</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> A				3 B
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	6 C	-
	23			4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	5 <sup>c</sup> C	5 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> D	7 <sup>b</sup> E	-	-
	40		3 A	6 <sup>c</sup> B	6 <sup>c</sup> B		7 <sup>c</sup> C				
<b>Intenzita pachutí***</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> A				2 A
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 B	-
	23			4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> C	7 <sup>b</sup> D	-	-
	40		2 A	6 <sup>c</sup> B	6 <sup>c</sup> B		7 <sup>c</sup> C				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 2: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku instantní gulášová polévka skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
<b>Vzhled**</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				4 <sup>a</sup> B
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	5 D	5 <sup>b</sup> D
	23			2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	-	-
	40		5 B	5 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> B		7 <sup>b</sup> C				
<b>Konzistence**</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				5 <sup>a</sup> C
	6	2 A		4 <sup>b</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	5 C	5 <sup>a</sup> C
	23			4 <sup>b</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	-	-
	40		5 B	6 <sup>c</sup> B	6 <sup>b</sup> B		7 <sup>b</sup> C				
<b>Chuť a vůně***</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				7 <sup>a</sup> C
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> C	5 C	5 <sup>b</sup> C
	23			2 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>c</sup> B	5 <sup>a</sup> C	7 <sup>b</sup> D	-	-
	40		3 A	7 <sup>b</sup> B	7 <sup>c</sup> B		7 <sup>d</sup> B				
<b>Intenzita pachutí***</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> B				7 <sup>a</sup> C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 C	3 <sup>b</sup> C
	23			2 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> D	7 <sup>b</sup> E	-	-
	40		2 A	5 <sup>b</sup> B	6 <sup>c</sup> C		7 <sup>c</sup> D				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 3: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, tuhost, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku balkánský sýr skladovaného po dobu 12 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)					
		0	1	3	6	9	12
<b>Vzhled**</b>	-18			2 <sup>a</sup> B			5 <sup>a</sup> B
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>b</sup> D
	23			2 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> D	6 <sup>c</sup> E
	40		7 B	7 <sup>b</sup> C	7 <sup>c</sup> B		7 <sup>d</sup> B
<b>Konzistence**</b>	-18			2 <sup>a</sup> B			3 <sup>a</sup> C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>b</sup> D
	23			3 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> D	7 <sup>c</sup> E
	40		6 B	6 <sup>c</sup> C	7 <sup>c</sup> D		7 <sup>c</sup> C
<b>Tuhost***</b>	-18			4 <sup>a</sup> A			3 <sup>a</sup> B
	6	4 A		4 <sup>a</sup> A	5 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> A	5 <sup>b</sup> B
	23			5 <sup>b</sup> B	6 <sup>b</sup> C	7 <sup>b</sup> C	7 <sup>c</sup> C
	40		6 B	6 <sup>c</sup> C	7 <sup>c</sup> D		7 <sup>c</sup> C
<b>Chuť a vůně**</b>	-18			2 <sup>a</sup> B			7 <sup>a</sup> C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C	7 <sup>a</sup> D	7 <sup>a</sup> D
	23			2 <sup>a</sup> B	5 <sup>c</sup> C	7 <sup>a</sup> C	7 <sup>a</sup> C
	40		7 B	7 <sup>b</sup> C	7 <sup>d</sup> C		7 <sup>a</sup> B
<b>Intenzita pachutí****</b>	-18			1 <sup>a</sup> A			7 <sup>a</sup> C
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> B	7 <sup>a</sup> D	7 <sup>a</sup> D
	23			1 <sup>a</sup> A	5 <sup>c</sup> B	7 <sup>a</sup> C	7 <sup>a</sup> C
	40		7 B	6 <sup>b</sup> C	7 <sup>d</sup> D		7 <sup>a</sup> B

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepříjemná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-měkká, 4-střední, 7-extra tvrdá).

\*\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 4: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, tuhost, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku předpečené bagety skladovaného po dobu 12 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)					
		0	1	3	6	9	12
<b>Vzhled**</b>	-18			4 <sup>a</sup> B			6 <sup>a</sup> C
	6	2 A		4 <sup>a</sup> B	6 <sup>a</sup> C	6 <sup>a</sup> C	6 <sup>a</sup> C
	23			2 <sup>b</sup> A	6 <sup>a</sup> B	6 <sup>a</sup> B	6 <sup>a</sup> B
	40		2 A	6 <sup>c</sup> B	6 <sup>a</sup> B		7 <sup>b</sup> C
<b>Konzistence**</b>	-18			4 <sup>a</sup> B			6 <sup>a</sup> C
	6	2 A		4 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> C	6 <sup>a</sup> D
	23			3 <sup>b</sup> B	5 <sup>a</sup> C	6 <sup>b</sup> D	6 <sup>a</sup> D
	40		3 B	7 <sup>c</sup> C	7 <sup>b</sup> C		7 <sup>b</sup> C
<b>Tuhost***</b>	-18			4 <sup>a</sup> A			6 <sup>a</sup> B
	6	4 A		4 <sup>a</sup> A	5 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> B	6 <sup>a</sup> C
	23			4 <sup>a</sup> A	5 <sup>a</sup> B	6 <sup>b</sup> C	6 <sup>a</sup> C
	40		4 A	6 <sup>b</sup> B	6 <sup>b</sup> B		7 <sup>b</sup> C
<b>Chuť a vůně**</b>	-18			4 <sup>a</sup> B			7 <sup>a</sup> C
	6	2 A		4 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C	7 <sup>a</sup> D	7 <sup>a</sup> D
	23			4 <sup>a</sup> B	6 <sup>b</sup> C	7 <sup>a</sup> D	7 <sup>a</sup> D
	40		4 B	7 <sup>c</sup> C	7 <sup>b</sup> B		7 <sup>a</sup> C
<b>Intenzita pachutí****</b>	-18			2 <sup>a</sup> B			7 <sup>a</sup> C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C	7 <sup>a</sup> D	7 <sup>a</sup> D
	23			3 <sup>b</sup> B	6 <sup>b</sup> C	7 <sup>a</sup> D	7 <sup>a</sup> D
	40		2 B	6 <sup>c</sup> C	6 <sup>c</sup> C		7 <sup>a</sup> D

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-měkká, 4-střední, 7-extra tvrdá).

\*\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 5: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku segedínský guláš skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
<b>Vzhled**</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				4 B
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> D	-
	23			2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> D	-
	40		5 B	5 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> B		5 <sup>b</sup> B				
<b>Konzistence**</b>	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> A				2 <sup>a</sup> A
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	-
	23			2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	-
	40		3 B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C		4 <sup>b</sup> C				
<b>Chuť a vůně**</b>	-18			3 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> C				4 <sup>a</sup> C
	6	2 A		2 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> D	-
	23			2 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>c</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	5 <sup>a</sup> C	-
	40		4 B	4 <sup>c</sup> B	4 <sup>b</sup> B		4 <sup>a</sup> B				
<b>Intenzita pachutí****</b>	-18			1 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> B				3 <sup>a</sup> C
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	6 <sup>a</sup> D	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C	6 <sup>a</sup> D	-
	40		5 B	5 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> B		5 <sup>c</sup> B				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 6: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, tuhost, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku kuřecí maso ve vlastní šťávě skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				2 B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C	-
	40		3 B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> B		4 <sup>b</sup> C				
Konzistence**	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				3 B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	-
	40		3 B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> B		4 <sup>b</sup> C				
Tuhost****	-18			4 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> A				4 A
	6	4 A		4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	-
	23			4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	-
	40		4 B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C		6 <sup>b</sup> D				
Chuť a vůně**	-18			3 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> C				6 D
	6	2 A		3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> D	6 <sup>a</sup> E	-
	23			4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>a</sup> C	7 <sup>b</sup> D	-
	40		5 B	5 <sup>c</sup> B	6 <sup>b</sup> B		7 <sup>c</sup> C				
Intenzita pachutí*****	-18			2 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> C				5 D
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> D	5 <sup>a</sup> D	-
	23			3 <sup>b</sup> B	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>b</sup> D	5 <sup>b</sup> D	5 <sup>b</sup> D	5 <sup>a</sup> D	7 <sup>b</sup> E	-
	40		5 B	5 <sup>c</sup> B	6 <sup>b</sup> C		7 <sup>c</sup> D				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-měkká, 4-střední, 7-extra tvrdá).

\*\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 7: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, tuhost, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku májka lahůdkový vepřový krém skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			4 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> B				4 <sup>a</sup> B
	6	3 A		4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B
	23			4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B
	40		4 B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B		5 <sup>b</sup> C				
Konzistence**	-18			3 <sup>a</sup> A			3 <sup>a</sup> A				3 <sup>a</sup> A
	6	3 A		3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A
	23			3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A
	40		3 A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A		6 <sup>b</sup> B				
Tuhost***	-18			3 <sup>a</sup> A			3 <sup>a</sup> A				3 <sup>a</sup> A
	6	3 A		3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A
	23			3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A
	40		3 A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A		2 <sup>b</sup> B				
Chuť a vůně**	-18			3 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				4 <sup>a</sup> B
	6	3 A		3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B
	23			3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> A	3 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B
	40		3 A	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B		5 <sup>c</sup> C				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 <sup>a</sup> A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>b</sup> D
	40		1 A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B		4 <sup>c</sup> C				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepříjemná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-měkká, 4-střední, 7-extra tvrdá).

\*\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 8: Výsledky stanovení senzorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku tuňák kousky ve vlastní šťávě skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Senzorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> A				5 <sup>a</sup> B
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B
	23			2 <sup>a</sup> A	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>c</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>c</sup> B
	40		3 B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>c</sup> B		5 <sup>d</sup> C				
Konzistence**	-18			3 <sup>a</sup> B			3 <sup>a</sup> B				4 <sup>a</sup> C
	6	2 A		2 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B
	23			2 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B
	40		3 B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> B		4 <sup>c</sup> C				
Tuhost***	-18			4 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> A				4 <sup>a</sup> A
	6	4 A		4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A
	23			4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A
	40		4 A	4 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> A		4 <sup>a</sup> A				
Chuť a vůně**	-18			2 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> A				4 <sup>a</sup> B
	6	2 A		2 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C
	23			2 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> D
	40		3 B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> B		6 <sup>c</sup> C				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				3 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>c</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>b</sup> D
	40		2 B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B		6 <sup>d</sup> C				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-měkká, 4-střední, 7-extra tvrdá).

\*\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).



Příloha A; Tabulka 9: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku ovesná kaše jablka, rozinky, skořice skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			2 <sup>a</sup> B			2 <sup>a</sup> B				5 C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	5 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C	6 <sup>c</sup> D	-	-	-	-
	40		2 B	2 <sup>a</sup> B	5 <sup>b</sup> C		6 <sup>c</sup> D				
Konzistence**	-18			2 <sup>a</sup> B			2 <sup>a</sup> B				5 C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	6 <sup>b</sup> E	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	40		2 B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>a</sup> C		6 <sup>b</sup> D				
Chuť a vůně**	-18			2 <sup>a</sup> B			5 <sup>a</sup> B				5 B
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	6 <sup>b</sup> E	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> C	7 <sup>c</sup> D	-	-	-	-
	40		2 B	2 <sup>a</sup> B	6 <sup>c</sup> C		7 <sup>b</sup> D				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> B				2 B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	5 <sup>b</sup> B	-	-	-	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	7 <sup>c</sup> B	-	-	-	-
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	5 <sup>b</sup> B		7 <sup>c</sup> C				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 10: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku müsli křupavé čokoládové skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
<b>Vzhled**</b>	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	-	-	-	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	-	-	-	-
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		1 <sup>a</sup> A				
<b>Konzistence**</b>	-18			2 <sup>a</sup> B			3 <sup>a</sup> C				3 C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> D	5 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> D	5 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	40		2 B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B		6 <sup>c</sup> C				
<b>Chuť a vůně**</b>	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 A
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	7 <sup>a</sup> D	7 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> D	7 <sup>b</sup> E	-	-	-	-
	40		3 B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>c</sup> C		7 <sup>b</sup> D				
<b>Intenzita pachutí****</b>	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	7 <sup>a</sup> C	7 <sup>b</sup> C	-	-	-	-
	23			1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	6 <sup>b</sup> C	7 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	40		3 B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C		7 <sup>b</sup> D				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 11: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku džem meruňkovo-jablečný skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			1 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				5 <sup>a</sup> C
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>b</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	5 <sup>c</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	6 <sup>c</sup> D
	40		2 B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>b</sup> C		7 <sup>d</sup> D				
Konzistence**	-18			1 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> B				2 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>b</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>b</sup> D	5 <sup>b</sup> E	5 <sup>b</sup> E	6 <sup>c</sup> F
	40		2 B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>c</sup> C		6 <sup>c</sup> D				
Chuť a vůně**	-18			1 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				4 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	5 <sup>b</sup> D
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>b</sup> A	3 <sup>c</sup> B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>a</sup> C
	40		1 A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B		7 <sup>d</sup> C				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 <sup>a</sup> A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		5 <sup>b</sup> B				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 12: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku med květový luční skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			2 <sup>a</sup> B			2 <sup>a</sup> B				2 <sup>a</sup> B
	6	1 A		3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>b</sup> D
	23			1 <sup>c</sup> A	1 <sup>b</sup> A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>c</sup> D
	40		2 B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>c</sup> B		7 <sup>c</sup> C				
Konzistence**	-18			3 <sup>a</sup> B			3 <sup>a</sup> B				3 <sup>a</sup> B
	6	1 A		2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>a</sup> D	5 <sup>b</sup> E
	23			1 <sup>c</sup> A	1 <sup>b</sup> A	1 <sup>a</sup> B	1 <sup>c</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>c</sup> D
	40		2 B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>c</sup> B		6 <sup>d</sup> C				
Chuť a vůně**	-18			3 <sup>a</sup> B			3 <sup>a</sup> B				3 <sup>a</sup> B
	6	1 A		2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C
	23			1 <sup>c</sup> A	1 <sup>b</sup> A	1 <sup>b</sup> A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> C
	40		1 A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B		3 <sup>a</sup> C				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 <sup>a</sup> A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>c</sup> B
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		3 <sup>b</sup> B				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 13: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku nutella skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			2 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> C				4 C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> C	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	5 <sup>c</sup> C	5 <sup>b</sup> C	-	-	-	-
	40		3 B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>c</sup> C		5 <sup>b</sup> C				
Konzistence**	-18			3 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> C				4 C
	6	1 A		2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	-	-	-	-
	23			2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	-	-	-	-
	40		2 B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>c</sup> C		4 <sup>a</sup> D				
Chuť a vůně**	-18			2 <sup>a</sup> B			2 <sup>a</sup> B				2 B
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	7 <sup>a</sup> C	7 <sup>b</sup> C	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	7 <sup>a</sup> C	7 <sup>b</sup> C	-	-	-	-
	40		3 B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>c</sup> C		7 <sup>b</sup> D				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	7 <sup>a</sup> B	7 <sup>b</sup> B	-	-	-	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	7 <sup>a</sup> B	7 <sup>b</sup> B	-	-	-	-
	40		3 B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>c</sup> C		7 <sup>b</sup> D				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 14: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku instantní nudle skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			1 <sup>a</sup> A			5 <sup>a</sup> B				5 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> C	5 <sup>a</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> B
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		5 <sup>a</sup> B				
Konzistence**	-18			1 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> B				2 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>b</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>c</sup> D
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		4 <sup>c</sup> B				
Chuť a vůně**	-18			1 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				5 <sup>a</sup> C
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	5 <sup>b</sup> B	6 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> C	7 <sup>b</sup> D
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		7 <sup>c</sup> B				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			3 <sup>a</sup> B				3 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	4 <sup>b</sup> B	6 <sup>c</sup> C	6 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> C	6 <sup>b</sup> C	7 <sup>b</sup> D
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		7 <sup>c</sup> B				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 15: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku kuře na paprice skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			1 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> B				2 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>b</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		5 <sup>c</sup> B				
Konzistence**	-18			2 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> C				4 <sup>a</sup> C
	6	1 A		1 <sup>b</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>a</sup> D
	23			1 <sup>b</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>a</sup> D
	40		1 A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B		5 <sup>c</sup> C				
Chuť a vůně**	-18			2 <sup>a</sup> B			5 <sup>a</sup> C				5 <sup>a</sup> C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>b</sup> D
	23			1 <sup>b</sup> A	1 <sup>b</sup> A	2 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	6 <sup>c</sup> D
	40		2 B	3 <sup>c</sup> C	5 <sup>c</sup> D		7 <sup>c</sup> E				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 <sup>a</sup> A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B
	40		1 A	2 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> C		7 <sup>c</sup> D				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 16: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku instantní nudlová polévka s hovězí příchutí skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			1 <sup>a</sup> A			3 <sup>a</sup> B				3 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	3 <sup>a</sup> C
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		2 <sup>b</sup> B				
Konzistence**	-18			1 <sup>a</sup> A			2 <sup>a</sup> B				2 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>c</sup> D
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		2 <sup>a</sup> B				
Chuť a vůně**	-18			1 <sup>a</sup> A			3 <sup>a</sup> B				4 <sup>a</sup> C
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>b</sup> C
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> C	5 <sup>c</sup> C
	40		1 A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B		7 <sup>c</sup> C				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 <sup>a</sup> A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>b</sup> C	5 <sup>b</sup> D	5 <sup>b</sup> D	6 <sup>b</sup> E	6 <sup>c</sup> E
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		7 <sup>c</sup> B				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).



Příloha A; Tabulka 17: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku dobrý hostinec svičková skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24; - nestanoveno). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				1 A
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	-	-	-	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	-	-	-	-
	40		1 A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B		7 <sup>b</sup> C				
Konzistence**	-18			2 <sup>a</sup> B			4 <sup>a</sup> C				4 C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	5 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	23			2 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>a</sup> D	-	-	-	-
	40		2 B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B		7 <sup>c</sup> C				
Chuť a vůně**	-18			3 <sup>a</sup> B			5 <sup>a</sup> C				7 D
	6	2 A		3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C	6 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	23			3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	5 <sup>a</sup> C	6 <sup>b</sup> D	-	-	-	-
	40		2 A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B		7 <sup>c</sup> C				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			4 <sup>a</sup> B				7 C
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>a</sup> C	-	-	-	-
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	4 <sup>b</sup> B	5 <sup>b</sup> C	-	-	-	-
	40		1 A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A		7 <sup>c</sup> B				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha A; Tabulka 18: Výsledky stanovení sensorické analýzy (vzhled, konzistence, chuť a vůně, intenzita pachutí) vzorku čočka s klobásou skladovaného po dobu 24 měsíců při čtyřech různých teplotách (-18; 6; 23 a 40 °C). Výsledky jsou prezentovány jako mediány (n = 24). \*

Sensorický znak	Teplota skladování (°C)	Délka skladování (měsíce)									
		0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
Vzhled**	-18			2 <sup>a</sup> B			3 <sup>a</sup> C				3 <sup>a</sup> C
	6	1 A		2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>b</sup> D
	23			2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> C	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>b</sup> D	4 <sup>a</sup> D	4 <sup>b</sup> D
	40		2 B	2 <sup>a</sup> B	2 <sup>a</sup> B		4 <sup>b</sup> C				
Konzistence**	-18			3 <sup>a</sup> B			5 <sup>a</sup> C				5 <sup>a</sup> B
	6	2 A		2 <sup>b</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C
	23			3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> C
	40		2 A	2 <sup>b</sup> A	2 <sup>b</sup> A		5 <sup>a</sup> B				
Chuť a vůně**	-18			2 <sup>a</sup> B			5 <sup>a</sup> C				5 <sup>a</sup> C
	6	1 A		1 <sup>b</sup> A	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> C
	23			2 <sup>a</sup> B	2 <sup>b</sup> B	3 <sup>a</sup> B	3 <sup>b</sup> B	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>b</sup> C	4 <sup>c</sup> C
	40		2 B	3 <sup>c</sup> C	3 <sup>a</sup> C		6 <sup>c</sup> D				
Intenzita pachutí****	-18			1 <sup>a</sup> A			1 <sup>a</sup> A				2 <sup>a</sup> B
	6	1 A		1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>b</sup> A
	23			1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	1 <sup>a</sup> A	2 <sup>a</sup> B
	40		1 A	2 <sup>b</sup> B	2 <sup>b</sup> B		6 <sup>c</sup> C				

\* Hodnoty mediánů ve sloupcích (vliv teploty skladování) se shodným malým písmenem horního indexu se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Mediány v řádcích (vliv délky skladování) následované stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ).

\*\* Byla použita sedmibodová hédonická stupnice (1-vynikající, 4-dobrá, 7-nepřijatelná).

\*\*\* Byla použita sedmibodová stupnice intenzity (1-zanedbatelná, 4-střední, 7-extrémní).

Příloha B: Protokol pro senzorické hodnocení skladovaných potravin (experiment I)

Jméno: .....

Datum a hodina: .....

Podpis: .....

**Senzorické hodnocení pomocí stupnic (zapište zvolený stupeň)**

Kód potraviny	Znak				
	Vzhled a barva	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně	Intenzita pachutí

**Kód potraviny**

**Poznámky**

---



---



---



---



---

Vzhled a barva	Konzistence	Tuhost	Chuť a vůně	Intenzita pachutí
1. Vynikající	1. Vynikající	1. Velmi malá	1. Vynikající	1. Velmi malá
2. Výborný	2. Výborný	2.	2. Výborný	2.
3. Velmi dobrý	3. Velmi dobrý	3.	3. Velmi dobrý	3.
4. Dobrý	4. Dobrý	4. Střední	4. Dobrý	4. Střední
5. Méně dobrý	5. Méně dobrý	5.	5. Méně dobrý	5.
6. Nevyhovující	6. Nevyhovující	6.	6. Nevyhovující	6.
7. Nepřijatelný	7. Nepřijatelný	7. Extrémní	7. Nepřijatelný	7. Extrémní

Příloha B: Protokol pro senzorické hodnocení skladovaných potravin (experiment II)

Jméno: .....

Datum a hodina: .....

Podpis: .....

**Senzorické hodnocení pomocí stupnic (zapište zvolený stupeň)**

Kód potraviny	Znak			
	Vzhled a barva	Konzistence	Chuť a vůně	Intenzita pachutí

**Kód potraviny**

**Poznámky**

---



---



---



---



---



---

Vzhled a barva	Konzistence	Chuť a vůně	Intenzita pachutí
1. Vynikající	1. Vynikající	1. Vynikající	1. Velmi malá
2. Výborný	2. Výborný	2. Výborný	2.
3. Velmi dobrý	3. Velmi dobrý	3. Velmi dobrý	3.
4. Dobrý	4. Dobrý	4. Dobrý	4. Střední
5. Méně dobrý	5. Méně dobrý	5. Méně dobrý	5.
6. Nevyhovující	6. Nevyhovující	6. Nevyhovující	6.
7. Nepříjemný	7. Nepříjemný	7. Nepříjemný	7. Extrémní

### **Kombinovaná stupnice pro senzorické hodnocení skladovaných potravin**

#### Vzhled a barva

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. Vynikající   | Vzhled odpovídá potravině daného typu, je atraktivní, kompaktní, jednotlivé složky jsou dobře odlišitelné. Barva je stejnorodá, bez cizích odstínů. Vzhled ani barva nevykazují žádné odchylky.                  |
| 2. Výborný      | Vzhled a barva s nepatrnými odchylkami od stupně 1.  |
| 3. Velmi dobrý  | Vzhled a barva s malými odchylkami od stupně 1.  |
| 4. Dobrý        | Vzhled a barva je průměrná, typická, stále odpovídá deklarované potravině, případné odchylky nejsou zásadního charakteru a nemají signifikantní vliv na senzorickou kvalitu dané potraviny.                      |
| 5. Méně dobrý   | Vzhled a barva vykazuje odchylky, které mírně snižují senzorickou kvalitu potraviny (např. drobné oxidativní změny, horší odlišitelnost jednotlivých složek).  |
| 6. Nevyhovující | Vzhled a barva vykazuje větší odchylky (výraznější oxidativní změny, špatná odlišitelnost jednotlivých složek).  |
| 7. Nepřijatelný | Vzhled a barva potraviny je nepřijatelná s velkými odchylkami, které výrazně snižují senzorickou jakost dané potraviny (netypická barva, oschlý vzhled, oxidativní změny, jednotlivé složky nejsou odlišitelné). |

### **Kombinovaná stupnice pro senzoričké hodnocení skladovaných potravin**

#### Konzistence

- |                 |   |
|-----------------|---|
| 1. Vynikající   | Konzistence odpovídá potravině daného typu, jednotlivé složky jsou homogenní a mají odpovídající tvrdost při skusu. Poměr tuhé a tekuté fáze je optimální.  |
| 2. Výborná      | Konzistence s nepatrnými odchylkami od stupně 1.  |
| 3. Velmi dobrá  | Konzistence s malými odchylkami od stupně 1.  |
| 4. Dobrá        | Konzistence je průměrná, typická, stále odpovídá deklarované potraviny, případné odchylky nejsou zásadního charakteru a nemají signifikantní vliv na senzoričkou kvalitu dané potraviny.  |
| 5. Méně dobrá   | Konzistence vykazuje odchylky, které mírně snižují senzoričkou kvalitu potraviny (např. drobné změny tvrdosti, křehkosti, soudržnosti, pružnosti či gumovitosti, mírná nehomogenita, mírná převaha tuhé či tekuté fáze. Jednotlivé komponenty jsou mírně rozvařené či nedovařené, mazlavé, rozpadavé, aj.). |
| 6. Nevyhovující | Vzhled a barva vykazuje větší odchylky (výraznější změny jednotlivých texturních vlastností, nehomogenita a převaha tuhé či tekuté fáze).   |
| 7. Nepřijatelná | Konzistence je nepřijatelná s velkými odchylkami, které výrazně snižují senzoričkou jakost dané potraviny (nehomogenní konzistence, nevyhovující texturní vlastnosti apod.).  |

### Kombinovaná stupnice pro senzorické hodnocení skladovaných potravin

#### Chuť a vůně

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. Vynikající   | Chuť a vůně odpovídá potravině daného typu, je čistá, harmonická, odpovídající použitým surovinám, výrazná a typická, bez jakýchkoli cizích chutí a vůní.  |
| 2. Výborná      | Chuť a vůně s nepatrnými odchylkami od stupně 1.   |
| 3. Velmi dobrá  | Chuť a vůně s malými odchylkami od stupně 1.   |
| 4. Dobrá        | Chuť a vůně je průměrná, typická, stále odpovídá deklarované potraviny, případné odchylky nejsou zásadního charakteru a nemají signifikantní vliv na senzorickou kvalitu dané potraviny.   |
| 5. Méně dobrá   | Chuť a vůně vykazuje odchylky, které mírně snižují senzorickou kvalitu potraviny (mírně nečistá, netypická a neharmonická chuť a vůně, příp. méně výrazná s drobnými cizími chutěmi a vůněmi. Některá chuť či vůně lehce převažuje nebo je naopak málo výrazná (sladká, slaná, kyselá, hořká, kořeněná). |
| 6. Nevyhovující | Chuť a vůně vykazuje větší odchylky (výraznější změny některých chutí, chuť a vůně je netypická, neharmonická, nečistá a výraznými cizími chutěmi a vůněmi).   |
| 7. Nepříjemná   | Chuť a vůně je nepříjemná s velkými odchylkami, které výrazně snižují senzorickou jakost dané potraviny (velmi netypická, nečistá a neharmonická chuť a vůně s výraznými změnami a cizími chutěmi a vůněmi (žluklá, připálená, hořká, zatuchlá, plesnivá atd.).  |



## Impact of long-term storage on the quality of selected sugar-based foods stored at different temperatures

Tomáš Šopík<sup>a</sup>, Zuzana Lazárková<sup>b,\*</sup>, Leona Buňková<sup>c</sup>, Khatantuul Purevdorj<sup>c</sup>, Richardos Nikolaos Salek<sup>b</sup>, Jaroslav Talár<sup>d</sup>, Martin Novotný<sup>d</sup>, Pavel Foltin<sup>d</sup>, Vendula Pachlová<sup>b</sup>, František Buňka<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> Centre of Polymer Systems, University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Tr. Tomase Bati 5678, 76001, Zlin, Czech Republic

<sup>b</sup> Department of Food Technology, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlin, Nam. T.G. Masaryka 5555, 760 01, Zlin, Czech Republic

<sup>c</sup> Department of Environmental Protection Engineering, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlin, Nam. T.G. Masaryka 5555, 760 01, Zlin, Czech Republic

<sup>d</sup> Food Research Laboratory, Department of Logistics, Faculty of Military Leadership, University of Defence, Kounicova 65, 662 10, Brno, Czech Republic

<sup>e</sup> University Institute, Tomas Bata University in Zlin, Tr. Tomase Bati 5678, 76001, Zlin, Czech Republic

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Long-term storage  
Food quality  
Food safety  
Storage temperature  
Sugar-based foods

### ABSTRACT

The aim of the presented study was to evaluate the microbiological, chemical, physical and organoleptic properties of sugar-based foods (apricot-apple jam, flower meadow honey, sweetened hazelnut cocoa spread) stored at four different temperatures (−18, 5, 23 and 40 °C) for a period of 24 months. In addition, critical combinations of storage temperature and time were determined for maintaining food quality and food safety. Storage of all samples ≤23 °C appeared to be safe from a microbiology perspective, while in the case of storage at 40 °C it was not recommended to exceed a storage period of 6 or 12 months. The pH-values decreased and the dry matter, ammonia, TBARS content increased most intensively during the first 6 months of storage (P < 0.05). The amino acid content of sweetened hazelnut cocoa spread decreased significantly at 40 °C (P < 0.05). With the prolonged storage time, the organoleptic properties of the samples deteriorated. The changes were more intensive when an elevated storage temperature was used (P < 0.05). Moreover, under the above-mentioned conditions a marginal decrease of the total saccharide content in all samples was observed. In addition, the apparent viscosity of the honey and the firmness of the jam increased significantly at elevated temperatures of 40 °C (P < 0.05).

### 1. Introduction

Recently, the mankind is exposed to unexpected events (e.g. floods, earthquakes, fires, war, diseases) requiring new approaches for solving these incidences. Natural and anthropogenic crisis situations including wars and/or humanitarian crisis have world widely threatened our existence. Soldiers and personnel of governmental and/or non-governmental organizations are dispatched in the regions where crisis occurs. Feeding of the latter staff belongs to the most important logistic services that should be provided. The humanitarian and/or military operations have been governed in differing climatic zones (from arctic to tropic), where food should be transported. Additionally, the missions could take place also in temperate zones where the situation could be so specific and critical that freeze and/or chill chains (working under normal conditions) are not available. Moreover, the transportation (e.g.

via ships) could be realised through various climatic zones and could last for several weeks. In all of the above-mentioned situations, microbiologically stable food should be used because during transportation and subsequent storage, the stock temperatures could be elevated above 25 °C, and foodstuffs might be stored at these temperatures for several months (Bubelová et al., 2017; Foltin, Brunclík, Ondryhal, & Vogal, 2018; Kadidlová, Ciprysová, Hoza, & Budinský, 2010; Tulach & Foltin, 2019).

Sugar-based foods such as jams, honey and/or some nut-based spreads world widely belong to the traditional food and consumers consider them as a part of their daily diet. The latter foodstuffs could evoke "the feeling of home" and contribute to the psychological balance of people. Therefore, it is very important to include those types of food into feeding of soldiers and/or members of rescue team units during missions which generally take place far from their home-countries. Additionally,

\* Corresponding author.

E-mail address: [lazarkova@utb.cz](mailto:lazarkova@utb.cz) (Z. Lazárková).

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113095>

Received 2 September 2021; Received in revised form 2 December 2021; Accepted 8 January 2022

Available online 12 January 2022

0023-6438/© 2022 The Author(s).

Published by Elsevier Ltd.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



jams, honey and nut-based spreads possess long shelf-life and without any doubt are appropriate for long-term storage. Therefore, the above-mentioned products have been included in the military combat rations and also in the state reserves of many countries (including also members the North Atlantic Treaty Organization – NATO) where are stored 24 months (or longer) at ambient temperature. The above-mentioned products represent also common articles of the food industry which are beneficial from the point of view of economic and logistic systems (Bubelová et al., 2017; Tulach & Foltin, 2019).

The temperature of 25 °C is assumed as “the ambient temperature” for the temperate climate zone at which many long shelf-life foods could be stored, and for which the producers declare insignificant changes during storage that generally could last up to 3 years (e.g. for canned food) according to (Regulation EU No 1169/2011, 2011). For long-term storage at elevated temperatures (above 25 °C), there is practically no information about possible quality and safety changes neither in literature nor from producers. Moreover, the latter changes occurring during long-term storage at elevated temperature could represent serious health risk for consumers (especially due to chemical interactions and microbiological changes – see below).

Jam is a food-matrix prepared by cooking fruit pulp with sugar, pectin, acid and other ingredients (preservatives, food colours and flavourings). The resulting consistency should be thick and firm enough to hold the fruit tissues in place (Basu, Shivhare, Singh, & Beniwal, 2011). Evaluation of the physicochemical and/or organoleptic properties of jams during storage were previously documented (Castelló, Heredia, Domínguez, Ortola, & Tarrazó, 2011; Chauhan, Archana, Singh, Raju, & Bawa, 2013; Peinado, Rosa, Heredia, Escriche, & Andrés, 2016; Touati, Tarazona, Aguayo, & Louaileche, 2014). However, the storage period only lasted 6 months at the most.

Honey (*Apis mellifera* honey) is a natural food primarily composed of saccharides (fructose and glucose); other minor components are proteins, vitamins, free amino acids, trace minerals and other bioactive substances presenting antioxidant activity. However, its high sugar content (above 75 g/100 g) and average water activity below 0.60 make honey an unsuitable environment for the microorganism survival (with the exception of osmotic kinds of yeasts) as documented by Vorlová, Karpíšková, Chabinioková, Kalábová, and Brázdová (2018). Based on geographical origin, the chemical composition and overall acceptability of honey can vary significantly (Fomczyk, Tarapatsky, & Džugan, 2019). Temperature and humidity can both additionally affect the most important physical properties of honey, including its viscosity and crystallization. Therefore, various scientists have studied the viscosity of honey as a function of temperature at specific moisture content and/or botanical origin (Escuredo, Dobre, Fernández-González, & Seijo, 2014; Gómez-Díaz, Navara, & Quintáns-Rivero, 2009; Pan and Ji, 1998; Yanniotis, Skaltsi, & Karaburnioti, 2006). The significant effect of different heat treatments on physicochemical, colour and antioxidant activity of honey were highlighted also by Karabagias, Karabagias, and Gatzias (2018).

Sweetened hazelnut cocoa spread can be defined as a mixture of saccharides, hazelnuts, skimmed milk powder, demineralised whey powder and lecithin in a continuous phase of palm oil (Peng et al., 2015). It can be expected, due to the amount of lipids and proteins, that oxidation, hydrolysis and other phenomena may occur during storage (Gan et al., 2016; Raciši, Sharifi-Rad, Quek, Shabanpour, & Sharifi-Rad, 2016).

On the whole, even with the best preservation method, each food has a limited shelf life from the point of view of microbiology, chemistry and/or organoleptic parameters determination. Thus, the overall deterioration of nutritional quality, increased rancidity (in a case of high fat content such as hazelnut spread) and changes in colour and texture can be expected during storage (Bubelová et al., 2017; Kristensen & Skibsted, 1999). Furthermore, Maillard reactions and Strecker degradation of amino acids in sweetened hazelnut cocoa spread can also be expected, as well as ammonia as a by-product of these reactions as documented by

Kristensen, Hansen, Arndal, Trinderup, and Skibsted (2001); Zorić, Pelaić, Pedisić, Garofulić, Kovačević, & Dragović-Uzelac (2017). In addition, the currently available literature is poor in reference to long-term experiments focusing on a wider range of different foods-matrices and temperatures. In general, the limiting factor of monitoring changes in long-term storage experiments is the relative high cost. Short-term experiments (i.e., weeks up to 3 months) (Gonzales, Burin, & Buera, 1999; Touati, Tarazona-Díaz, Aguayo, & Louaileche, 2014), or “accelerated tests” (during which it is not possible to provide accurate results depicting real changes during storage at different temperatures), are thereby mostly performed.

The aim of this study was to evaluate the microbiological, chemical, rheological and organoleptic changes of selected sugar-based foods during a 2-year storage period at –18, 5, 23 and 40 °C, respectively, in order to determine whether these foods are suitable for the usage and the feeding under specific situation (crisis situations, humanitarian and/or military operations) when the chill chain is not available and the transportation and storage are carried out at elevated temperature. Jam, honey and sweetened hazelnut cocoa spread were selected because they belong to generally accepted foodstuffs for a wide range of consumers over the whole world. For this study, were selected three model samples which represent and cover the main portfolio of the sugar-based product foodstuff group. Additionally, these foodstuffs are microbiologically stable and therefore, suitable for long-term storage. On the other hand, information about chemical stability is missing and therefore, the potential health risks of the above-mentioned model foodstuffs for consumers should be pointed out. The results of this study can provide credible data about the critical combinations of the temperature and the storage time that still ensure food safety of selected sugar-based products. The conclusions of our study could be useful for the food industry and retail but also for the governments and other organizations supporting operational units during local and/or foreign missions.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Samples and storage conditions

For this study, the following saccharide-based foods were used: (i) apricot-apple jam [AAJ; Hamé Ltd., Czech Republic, nutrition declaration from the packaging (per 100 g): carbohydrate 69.4 g, of which sugars 68.7 g, protein 0.2 g, fat 0.1 g; ingredients: sugars, apricots (30 g/100 g by weight), apples (20 g/100 g by weight), acidity regulator: citric acid, gelling agent: pectin, colorant: beta-carotene, aroma, antioxidant: ascorbic acid]; (ii) flower meadow honey [FMH; Medokomerc s. r. o., Czech Republic, nutrition declaration from the packaging (per 100 g): carbohydrate 81.7 g, of which sugars 81.7 g, protein 0.3 g, fat 0 g]; (iii) sweetened hazelnut cocoa spread [SHCS; Ferrero S.p.a., Italy, nutritional declaration from the packaging (per 100 g): carbohydrate 57.6 g, of which sugars 56.8 g, protein 6 g, fat 31.6 g, of which saturates 11.0 g; ingredients: sugars, palm oil, hazelnuts (13 g/100 g), low fat cocoa powder (7.4 g/100 g), skimmed milk powder (6.6 g/100 g), whey powder (milk), emulsifier: soy lecithin, vanillin]. One hundred and ninety pieces originated from the same batch were obtained as single-serving plastic packages sealed with aluminium (20 g for AAJ and FMH; 15 g for SHCS). The three independent batches of AAJ, FMH and SHCS were purchased in the retail in the Czech Republic. For each analysis, minimal three packages were sampled. The minimal durability declared by manufacturers was 18 months and 12 months for AAJ and FMH (recommended temperature up to 25 °C), respectively. In the case of SHCS, the use by date was at the level of 12 months. In all samples tested, the possibility of shelf-life extension was also studied.

The storage experiment was conceived to represent 3 different climatic zones (arctic, temperate, tropic). The samples were then stored in a freezer (–18 ± 2 °C; simulating storage conditions in the arctic zone), a refrigerator (5 ± 2 °C; a reference temperature – chill chain), a controlled temperature chamber (23 ± 2 °C; simulating storage

conditions in the temperate zone) and a thermostat ( $40 \pm 2$  °C; simulating storage conditions in the (sub)tropical zone). During the experiment, the tested samples were subjected to microbiological, basic chemical, sensory, chromatographic (amino acids and saccharide content) and rheological analyses; see details below in Sections 2.2–2.7. All analyses were performed at the beginning of the storage experiment (“day zero”), and 3-month intervals were chosen for the temperatures of 5 and 23 °C. More significant changes were expected during storage at 40 °C and, therefore, sampling was also realised after 1 month of storage; 3-month intervals remained unchanged. No significant changes were expected for the storage temperature of  $-18$  °C and, therefore, the analyses were only performed after 3, 12 and 24 months of storage. Another exception for analyses were applied due to expected changes of some properties: (i) amino acid content, fat and crude protein contents were only considered at the beginning of the experiment and after the 12th and 24th month, and (ii) microbiological analyses were conducted at the beginning and after 1, 3, 12 and 24 months of storage. The overall expected design of the experiment is presented in Fig. S1 – S3 in the Supplementary material (for AAJ, FMH and SHCS, respectively). The storage and evaluation of the tested samples was terminated when the organoleptic properties were assessed as unacceptable (e.g. after 12-month storage at 40 °C in all three sugar-based products). The cancelled storage times were depicted in Fig. S1 – S3 (in the Supplementary material) using the grey highlighting. Furthermore, protein, fat, ammonia, TBARS and amino acid contents were analysed only in SHCS due to composition of samples (scarcely any fat and protein contents were expected in AAJ and FMH).

## 2.2. Microbiological analysis

Microbiological quality was controlled by assessment of the total number of microorganisms (CFU) according to ISO Standard No. 4833:2013 (ISO, 2013), spore-forming microorganisms according to Harrigan (1998), the colony forming units of yeasts and/or moulds according to ISO Standard No. 21257–2:2008 (ISO, 2008). All analyses were at least performed in triplicate in each sampled package.

## 2.3. Basic chemical analyses

The pH-values were determined by a spear pH-meter (Eutech Instruments, Malaysia). Dry matter, fat and protein contents were determined according to ISO 1442:1997 (ISO, 1997), ISO 1871:2009 (ISO, 2009) and ISO 17189:2003 (ISO, 2003), respectively. The ammonia content was determined by the microdiffusion Conway method (Buňka, Hrabě, & Kráčmar, 2004). Lipid oxidation was evaluated by the 2-thio-barbituric acid method as described by Kristensen and Skibsted (1999), and the results were expressed as absorbance units at the used wavelength ( $A_{538} \cdot \text{mg}^{-1}$ ) per sample mg. All analyses were at least performed in triplicate in each sampled package.

## 2.4. Sensory analysis

The sensory analysis was performed by a panel of 24 selected assessors or experts, trained according to ISO Standard No. 8586:2012 (ISO, 2012). The samples were served in random order at a controlled temperature of  $20 \pm 2$  °C in a sensory laboratory equipped with sensory booths (under normal light condition) in accordance with ISO 8589:2007 (ISO, 2007). Water was provided for mouth rinsing between sample evaluations to avoid any carry-over effects. The samples were evaluated using a seven-point hedonic scale for the following criteria: appearance, consistency, flavour (1-excellent, 4-good, 7-unacceptable), and off flavour was evaluated by a seven-point intensity scale (1-negligible, 4-medium, 7-excessive). Each point of the hedonic scale was described in detail using intensity terms. Therefore, the scales were presented as hedonic scales, however, were applied as intensity scales (due to description of each point). Data were expressed using medians

(standard deviations were not calculated which is common when non-parametric methods are implemented).

## 2.5. Determination of amino acids

Fifteen amino acids (aspartic acid, threonine, serine, glutamic acid, proline, glycine, alanine, valine, isoleucine, leucine, phenylalanine, tyrosine, histidine, lysine, arginine, methionine and cysteine) were determined by using ion-exchange chromatography as described by Buňka et al. (2004); Buňka, Kříž, Veličková, Buňková, and Kráčmar (2009). During the acid hydrolysis, asparagine and glutamine were converted into aspartic and glutamic acid, respectively. All analyses were at least performed in triplicate in each sampled package.

The Essential Amino Acid Index (EAAI) was calculated according to equation (1).

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 \times A_1}{B_1} \times \dots \times \frac{100 \times A_n}{B_n}} \quad (1)$$

A ... Amount of a specific amino acid in the test protein in g/100 g of pure protein.

B ... Amount of the same amino acid in the reference protein in g/100 g of pure protein.

## 2.6. Determination of saccharide content by high performance liquid chromatography

Saccharide content was determined by high-performance liquid chromatography (HPLC) with refractometric detection (Shimadzu prominence LC system, Shimadzu, Japan) and ZORBAX NH<sub>2</sub> column ( $250 \times 4.6$  mm, 5  $\mu\text{m}$ , Agilent Technologies, USA) maintained at  $23 \pm 1$  °C. A mixture of HPLC grade Acetonitrile and water was used as mobile phase in the ratio 80:20 (v/v) at a flow rate of  $1.4 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ . The content of tested saccharide (fructose, glucose, galactose, sucrose, maltose and lactose) was calculated based on the external standard curve. Prior to analysis, proteins were removed using Carrez I [30 g/100 g (w/v) ZnSO<sub>4</sub>] and Carrez II [15 g/100 g (w/v) K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>] solutions in a homogenised mixture of 5 g of sample with 25 ml of distilled water, which was heated on a magnetic stirrer for 15 min at 50 °C (Yanniotis et al., 2006). All analyses were at least performed in triplicate in each sampled package.

## 2.7. Determination of selected rheological properties

The rheological analysis of the samples was performed using a dynamic oscillatory shear rheometer (RheoStress 1, HAAKE, Bremen, Germany). A parallel plate-plate geometry having a 35 mm diameter was used for the determination of the AAJ and SHCS viscoelastic properties (at  $20.0 \pm 0.1$  °C with a gap of 1 mm). Silicone oil was used to prevent sample edge dehydration during the test. The  $G'$  (elastic modulus) and  $G''$  (viscous modulus) moduli were determined at a frequency range of 0.01–100.00 Hz and, subsequently, the complex modulus ( $G^*$ ) was calculated as the complex sum of  $G'$  and  $G''$  (equation (2)) (Basu et al., 2011).

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (2)$$

The rheological behaviour of the FMH was studied using Z10 bob in cup geometry (volume 1.00 ml, gap 2.1 mm). The shear stress ( $\tau$ ) as a function of the shear rate ( $\dot{\gamma}$ ) was recorded. For viscosity measurements, 1 ml of FMH was sheared at  $40 \text{ s}^{-1}$  during 1 min at  $20.0 \pm 0.1$  °C (Yanniotis et al., 2006). All rheological analyses were at least performed in triplicate in each sampled package and the results were expressed at a reference frequency value of 1 Hz.

## 2.8. Statistical analysis

Normal distribution (which is prerequisite for parametric test use) was not observed in all obtained data groups. Therefore, non-parametrical tests were employed, the Kruskal-Wallis and Wilcoxon tests, respectively. The influence of (i) sample storage time; and (ii) storage temperature were evaluated separately. Additionally, the two-way analysis of variants (ANOVA) was also applied for evaluation of the interaction effect of the independent variables (temperature and time of storage) on the observed quality parameters. The statistical software Unistat® 6.5 (Unistat Ltd., London, UK) and the significance level of 0.05 were applied.

## 3. Results

### 3.1. Microbiological analysis

At the beginning of storage, the total number of aerobic and/or facultative anaerobic mesophilic microorganisms (TC) were in the range of  $1.3 \cdot 10^2$  CFU/g (colony forming units per gram of tested sample) in FMH. During 24 months of storage, the level of TC was in the same logarithmic order in comparison with the amounts at the beginning at all temperatures used ( $P \geq 0.05$ ). The number of aerobic and anaerobic spore-forming microorganisms was  $2.5 \cdot 10^2$  CFU/g and  $5.0 \cdot 10^1$  CFU/g, respectively. Elevated storage temperatures (5, 23, 40 °C) resulted in an approximate increase in the number of aerobic and anaerobic spore-forming microorganisms by two logarithmic orders ( $P < 0.05$ ) after 3 months of storage. Yeasts and/or moulds were only detected in FMH at the 24th month at all temperatures used ( $P < 0.05$ ). The number of TC, aerobic and anaerobic spore-forming microorganisms in AAJ were in the range of  $1.0 \cdot 10^1$  CFU/g,  $2.1 \cdot 10^1$  CFU/g and  $5.0 \cdot 10^1$  CFU/g, respectively.

No changes in the level of TC were observed at  $-18$  and  $5$  °C, while an increase by one logarithmic order (TC) and two logarithmic orders (spore-forming bacteria) was observed at  $23$  and  $40$  °C ( $P < 0.05$ ) during the first 3 months. Similarly, yeasts were only detected at the 24th month at all temperatures used ( $P < 0.05$ ). Finally, no microorganisms were detected in the SHCS.

### 3.2. Basic chemical analyses

The results of pH-values and dry matter content for AAJ, FMH and SHCS stored for 24 months at four temperatures (from  $-18$  to  $40$  °C) are shown in Table 1. The ammonia, fat, crude protein contents and TBARS-value of SHCS are shown in Table 2.

During the 24-month storage period of AAJ, FMH and SHCS, a significant decrease in pH-values was observed (Table 1;  $P < 0.05$ ) when temperatures above  $5$  °C were used. Whereas, pH-values in frozen samples did not change significantly ( $P \geq 0.05$ ) from the initial pH-value of 3.20, 3.80 and 6.12 for AAJ, FMH and SHCS, respectively. Moreover, an intensive growth of the dry matter content when higher storage temperatures (above  $23$  °C) were used was observed (Table 1;  $P < 0.05$ ) for AAJ and FMH. In the case of SHCS, the dry matter content did not change significantly ( $P \geq 0.05$ ) as in the case of the AAJ and FMH samples stored below  $5$  °C. The values of protein and fat content also correspond to the nutritional values stated by the manufacturer on the packaging for SHCS ( $P \geq 0.05$ ). The interactions between the temperature and time of storage were also significant ( $P < 0.05$ ).

The initial ammonia level of 12.2 mg/kg (see Table 2) changed during 24 months of storage at  $-18$ ,  $5$  and  $23$  °C. At  $-18$  °C, only a slight increase ( $P \geq 0.05$ ) in the ammonia content was observed, thus proving that the freezing temperatures did not stop the process of deamination. At  $5$  and  $23$  °C, a more noticeable increase in ammonia was observed. At

**Table 1**

Results of pH (–) and dry matter content (g/100 g w/w) of the apricot-apple jam, flower meadow honey, sweetened hazelnut cocoa spread stored during 24-month period at four different temperatures ( $-18$  °C,  $5$  °C,  $23$  °C and  $40$  °C). The results are expressed as means  $\pm$  standard deviation ( $n = 27$ ).<sup>a</sup>

storage time (months)	storage temp. (°C)	apricot-apple jam		flower meadow honey		sweetened hazelnut cocoa spread	
		pH (–)	dry matter content (g/100 g w/w)	pH (–)	dry matter content (g/100 g w/w)	pH (–)	dry matter content (g/100 g w/w)
0	23	3.20 $\pm$ 0.01 A	70.27 $\pm$ 0.10 A	3.80 $\pm$ 0.03 A	84.65 $\pm$ 0.07 A	6.12 $\pm$ 0.02 A	99.50 $\pm$ 0.06 A
1	40	3.07 $\pm$ 0.02 B	71.33 $\pm$ 0.03 B	3.62 $\pm$ 0.01 B	85.66 $\pm$ 0.08 B	5.98 $\pm$ 0.02 B	99.63 $\pm$ 0.08 A
3	$-18$	3.25 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup> B	70.79 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup> B	3.82 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup> A	84.47 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup> B	6.08 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup> A	99.52 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup> A
	5	3.21 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> A	70.56 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup> B	3.79 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> A	83.89 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup> B	6.07 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> B	99.68 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup> B
6	23	3.19 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup> A	70.98 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup> B	3.75 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> B	84.73 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup> A	6.02 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> B	99.77 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup> B
	40	3.08 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> B	74.13 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup> C	3.64 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> B	86.96 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup> C	5.99 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> B	99.64 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup> A
9	5	3.15 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> B	70.59 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> B	3.70 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> B	84.03 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup> C	6.01 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> C	99.45 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup> B
	23	3.11 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> B	72.16 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup> C	3.63 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> C	84.93 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup> B	5.92 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> C	99.39 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup> C
12	40	3.02 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup> C	77.49 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup> D	3.57 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> C	89.32 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup> D	5.87 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> C	99.49 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup> A
	5	3.07 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup> C	71.25 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup> C	3.61 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> C	84.09 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup> C	5.95 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup> D	99.61 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup> B
15	23	3.01 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> B	74.39 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup> D	3.49 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> D	85.11 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup> C	5.96 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> C	99.36 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup> C
	40	2.91 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup> D	80.17 $\pm$ 0.06 <sup>e</sup> E	3.50 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> D	90.08 $\pm$ 0.04 <sup>e</sup> E	–	–
18	$-18$	3.22 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup> A	71.32 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup> C	3.72 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> B	84.31 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup> C	6.00 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> B	99.38 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup> A
	5	3.00 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> D	71.90 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup> D	3.54 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> D	84.44 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> D	5.88 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> E	99.56 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup> A
21	23	2.94 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup> D	73.91 $\pm$ 0.05 <sup>e</sup> E	3.38 $\pm$ 0.01 <sup>e</sup> E	85.66 $\pm$ 0.09 <sup>d</sup> D	–	–
	40	2.81 $\pm$ 0.02 <sup>e</sup> E	83.03 $\pm$ 0.06 <sup>f</sup> F	3.40 $\pm$ 0.02 <sup>e</sup> E	90.78 $\pm$ 0.09 <sup>f</sup> F	–	–
24	5	2.97 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup> D	71.87 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup> F	3.51 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup> F	84.37 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup> E	–	–
	23	2.90 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> E	75.87 $\pm$ 0.04 <sup>f</sup> F	3.32 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> F	86.12 $\pm$ 0.04 <sup>e</sup> E	–	–
24	40	–	–	–	–	–	–
	5	2.94 $\pm$ 0.02 <sup>e</sup> E	71.81 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup> D	3.47 $\pm$ 0.02 <sup>e</sup> E	84.38 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup> D	–	–
24	23	2.84 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> F	78.42 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup> G	3.28 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> G	86.75 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup> F	–	–
	40	–	–	–	–	–	–
24	5	2.90 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup> F	72.38 $\pm$ 0.02 <sup>e</sup> E	3.44 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup> F	84.74 $\pm$ 0.06 <sup>e</sup> E	–	–
	23	2.79 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> G	78.60 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup> H	3.25 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> G	87.94 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup> G	–	–
24	40	–	–	–	–	–	–
	$-18$	3.19 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup> A	71.72 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup> D	3.84 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup> A	83.90 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup> D	6.02 $\pm$ 0.02 B	99.22 $\pm$ 0.06 B
24	5	2.87 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> G	72.66 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup> F	3.39 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> F	84.79 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup> E	–	–
	23	2.75 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> G	78.92 $\pm$ 0.03 <sup>f</sup> I	3.19 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> H	87.71 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup> H	–	–
24	40	–	–	–	–	–	–

<sup>a</sup> The means within a column (the difference between the storage temperature) followed by different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ). The means within a column (the difference between the storage period) followed by different capital letters differ ( $P < 0.05$ ). The dash (–) symbol indicates an analysis that has not been performed due to an unsatisfactory sensory analysis as defined in chapter 2.1 in material and method section.

**Table 2**

Result of ammonia (mg/kg), TBARS ( $A_{538}/\text{mg}$ ), protein (g/100 g w/w) and fat (g/100 g w/w) content of the sweetened hazelnut cocoa spread stored during 24-month period at four different temperatures ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). The results are expressed as means  $\pm$  standard deviation ( $n = 27$ ).<sup>a</sup>

Storage time (months)	Storage temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Ammonia (mg/kg)	TBARS ( $A_{538}/\text{mg}$ )	Protein <sup>b</sup> (g/100 g w/w)	Fat <sup>b</sup> (g/100 g w/w)
0	23	12.2 $\pm$ 0.2	27.4 $\pm$ 0.5 A	5.94 $\pm$ 0.05 A	30.06 $\pm$ 0.36 A
1	40	20.3 $\pm$ 0.5	50.5 $\pm$ 1.4 B	-	-
3	-18	14.4 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup> B	60.7 $\pm$ 1.4 <sup>b</sup> B	-	-
	5	13.6 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup> B	69.3 $\pm$ 1.5 <sup>b</sup> B	-	-
	23	14.8 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup> B	74.2 $\pm$ 1.6 <sup>b</sup> B	-	-
	40	23.1 $\pm$ 0.5 <sup>c</sup> C	87.1 $\pm$ 1.7 <sup>c</sup> C	-	-
6	5	15.0 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup> C	89.6 $\pm$ 1.8 <sup>c</sup> C	-	-
	23	16.3 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup> C	96.2 $\pm$ 2.0 <sup>c</sup> C	-	-
	40	29.4 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup> D	154.1 $\pm$ 3.3 <sup>d</sup> D	6.48 $\pm$ 0.06 B	31.70 $\pm$ 0.39 B
9	5	15.9 $\pm$ 0.3 <sup>d</sup> D	128.0 $\pm$ 3.0 <sup>d</sup> D	-	-
	23	16.6 $\pm$ 0.3 <sup>d</sup> C	136.3 $\pm$ 3.2 <sup>d</sup> D	6.13 $\pm$ 0.05 B	31.28 $\pm$ 0.29 B
	40	-	-	-	-
12	-18	16.4 $\pm$ 0.4 <sup>c</sup> C	141.1 $\pm$ 3.2 <sup>c</sup> C	5.94 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup> A	30.35 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup> A
	5	17.7 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup> E	179.3 $\pm$ 3.5 <sup>b</sup> E	5.57 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> B	31.47 $\pm$ 0.32 <sup>b</sup> A
	23	-	-	-	-
	40	-	-	-	-
15	5	-	-	-	-
	23	-	-	-	-
	40	-	-	-	-
18	5	-	-	-	-
	23	-	-	-	-
	40	-	-	-	-
21	5	-	-	-	-
	23	-	-	-	-
	40	-	-	-	-
24	-18	20.3 $\pm$ 0.3	124.1 $\pm$ 2.7 D	5.82 $\pm$ 0.04 B	29.95 $\pm$ 0.45 A
	5	-	-	-	-
	23	-	-	-	-
	40	-	-	-	-

<sup>a</sup> The means within a column (the difference between the storage temperature) followed by different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ). The means within a column (the difference between the storage period) followed by different capital letters differ ( $P < 0.05$ ). The dash (-) symbol indicates an analysis that has not been performed due to an unsatisfactory sensory analysis as defined in chapter 2.1 in material and method section.

<sup>b</sup> Instead of 12th month, data from the 6th and 9th month of storage at a given temperature are displayed due to an unsatisfactory sensory analysis, for further details see chapter 2.1 in material and method section.

a storage temperature of  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the ammonia levels tripled by the end of 6th months ( $P < 0.05$ ). At day zero, the TBARS value was measured as  $27.4\text{ }A_{538}\text{-mg}^{-1}$  (see Table 2). The TBARS values increased fivefold ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P < 0.05$ ), approximately sevenfold ( $5$  and  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P < 0.05$ ), and more than tenfold ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $P < 0.05$ ). Both of the independent variables (the temperature and the storage period) influenced (the interactions were significant;  $P < 0.05$ ) the ammonia levels and also TBARS-values of tested samples.

### 3.3. Sensory analysis

The results of sensory analysis are displayed in the **Supplementary material**. The initial results for AAJ were excellent for appearance,

consistency, flavour; off flavour was negligible. With increasing temperature and time, significant changes in consistency (spreadability), as well as in appearance were observed (see Table S1 and Fig. S4 in **Supplementary material**). Moreover, samples stored at  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  were scored as unacceptable and did not show a typical apricot flavour over time, yet the sweetness of the product was maintained. In addition, no undesirable odour was detected in the samples at all temperatures, except  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  at the 12th month. No worse than unsatisfactory for appearance, consistency and less good flavour was scored at the 24th month.

At the beginning, the FMH was scored as excellent for appearance, consistency, flavour, whilst off flavour was negligible (see Table S2 in **Supplementary material**). The process of crystallization was observed after 18 months ( $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and 24 months ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), respectively (see Fig. S5 in **Supplementary material**). Up to the 12th month, the samples (except for  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) were scored no worse than good for appearance, consistency and flavour, with the off flavour to be negligible. In the case of samples stored at  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a bitter taste at the 12th month was detected; appearance and consistency deteriorated to less good.

Finally, the initial score for SHCS were excellent for appearance, consistency, flavour, with negligible off flavour. During the first three months, good and less good evaluation in the case of  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  was scored. Rancid taste was present (except for  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), therefore SHCS was considered as unacceptable (flavour and off flavour) after a 6-month storage period at  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  and a 9-month storage period at  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . However, the SHCS stored at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  was considered good for appearance and consistency, flavour less excellent with negligible off flavour after 24 months (see Table S3 in **Supplementary material**).

The sensory evaluation of all three tested sugar-based products was significantly influenced by the simultaneous effects of the temperature and storage time ( $P < 0.05$ ).

Overall, during the 24-month storage period, the organoleptic quality of AAJ, FMH, SHCS expressed as appearance, consistency, flavour and off flavour deteriorated ( $P < 0.05$ ). Therefore, the storage of unacceptable samples was terminated (see Fig. S1 – S3 in the **Supplementary material**). Generally, the AAJ and FMH storage at  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  was terminated after 12 months. The SHCS storage was terminated after 6 months at  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 9 months at  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  and 12 months at  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 3.4. Amino acids content

Glutamic acid, aspartic acid, leucine, arginine, valine, proline and histidine were detected as the most abundant amino acids (AA), whilst least represented AA were methionine and cysteine. A decrease of AA content in SHCS was observed during the sample's storage (Table 3;  $P < 0.05$ ). Prolonged time and storage temperature resulted in an AA content decline ranging from  $1.69\text{ g}/100\text{ g}$ – $6.14\text{ g}/100\text{ g}$  (Table 3;  $P < 0.05$ ). An essential amino acids index (EAAI) was calculated and determined to be 109.09 at the beginning of the storage. A decline in EAAI by 9.93 ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 6 months;  $P < 0.05$ ), 6.58 ( $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 9 months;  $P < 0.05$ ), 3.40 and 5.04 ( $-18$  and  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 12 months;  $P < 0.05$ ) and 9.61 at ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 24 months;  $P < 0.05$ ) was observed. The results show that the EAAI decreased both due to temperature and length of storage ( $P < 0.05$ ). The latter mentioned parameter was also influenced by the interactions of the both observed independent variables (the temperature and the storage period;  $P < 0.05$ ).

### 3.5. Saccharide content

Saccharides determined at day zero in AAJ were sucrose, fructose, glucose and maltose (Table 4). The initial total saccharide content of AAJ decreased by 0.28, 0.38, 0.51 g/100 g (24th month;  $-18$ , 5,  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectively) and 0.57 g/100 g (12th month,  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). In FMH, the analysed saccharides were fructose and glucose (Table 5). During storage, the initial total saccharide content decreased by 0.55, 1.75, 2.00 g/100 g ( $-18$ , 5,  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectively; 24th month) and by 1.54 g/100 g ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 12th month). Finally, SHCS was found to contain sucrose and lactose

**Table 3**

The amino acid content (g/100 g) of sweetened hazelnut cocoa spread stored during 24-month period at four different temperatures ( $-18$  °C,  $5$  °C,  $23$  °C and  $40$  °C). The results are expressed as means  $\pm$  standard deviation ( $n = 27$ ). <sup>a</sup>.

Amino acid	0 months	12 months	12 months	9 months <sup>b</sup>	6 months <sup>b</sup>	24 months
	$23 \pm 2$ °C	$-18 \pm 2$ °C	$5 \pm 2$ °C	$23 \pm 2$ °C	$40 \pm 2$ °C	$-18 \pm 2$ °C
Threonine	$4.13 \pm 0.07$ A	$4.06 \pm 0.03^a$ A	$4.01 \pm 0.05^b$ B	$4.05 \pm 0.04^a$ A	$3.99 \pm 0.04^b$ B	$4.00 \pm 0.01$ B
Valine	$6.35 \pm 0.12$ A	$6.20 \pm 0.08^a$ A	$6.00 \pm 0.08^b$ B	$6.11 \pm 0.07^b$ B	$5.90 \pm 0.07^b$ B	$6.13 \pm 0.04$ B
Isoleucine	$4.93 \pm 0.12$ A	$4.84 \pm 0.04^a$ A	$4.69 \pm 0.07^b$ B	$4.59 \pm 0.06^b$ B	$4.64 \pm 0.05^b$ B	$4.77 \pm 0.03$ C
Leucine	$9.21 \pm 0.15$ A	$8.98 \pm 0.09^b$ B	$9.01 \pm 0.13^a$ A	$8.99 \pm 0.11^a$ A	$8.85 \pm 0.10^b$ B	$8.91 \pm 0.09$ B
Phenylalanine	$5.35 \pm 0.10$ A	$5.32 \pm 0.01^a$ A	$5.28 \pm 0.06^a$ A	$5.15 \pm 0.05^b$ B	$5.17 \pm 0.05^b$ B	$5.17 \pm 0.08$ B
Lysine	$2.39 \pm 0.06$ A	$2.33 \pm 0.04^a$ A	$2.30 \pm 0.04^a$ A	$2.22 \pm 0.04^b$ B	$2.17 \pm 0.03^b$ B	$2.32 \pm 0.04$ A
Methionine	$1.38 \pm 0.08$ A	$1.29 \pm 0.05^a$ A	$1.28 \pm 0.03^a$ A	$1.23 \pm 0.08^a$ A	$1.20 \pm 0.06^b$ B	$1.03 \pm 0.02$ B
Sum of essential amino acids	33.74	33.01	32.56	32.34	31.93	32.33
Asparagic acid	$10.6 \pm 0.15$ A	$10.5 \pm 0.11^a$ A	$10.6 \pm 0.14^a$ A	$10.4 \pm 0.11^a$ A	$10.5 \pm 0.12^a$ A	$10.3 \pm 0.12$ B
Serine	$5.29 \pm 0.05$ A	$5.16 \pm 0.03^b$ B	$5.25 \pm 0.07^a$ A	$5.16 \pm 0.05^b$ B	$5.10 \pm 0.05^b$ B	$5.13 \pm 0.02$ B
Glutamic acid	$19.3 \pm 0.31$ A	$19.2 \pm 0.26^a$ A	$18.8 \pm 0.29^a$ A	$18.4 \pm 0.24^b$ B	$18.1 \pm 0.23^b$ B	$19.1 \pm 0.20$ A
Proline	$6.42 \pm 0.12$ A	$6.30 \pm 0.11^a$ A	$6.18 \pm 0.09^b$ B	$5.97 \pm 0.07^b$ B	$5.56 \pm 0.09^b$ B	$6.22 \pm 2.09$ A
Glycine	$3.82 \pm 0.05$ A	$3.73 \pm 0.04^b$ B	$3.66 \pm 0.05^b$ B	$3.56 \pm 0.04^b$ B	$3.41 \pm 0.04^b$ B	$3.69 \pm 0.20$ A
Alanine	$4.63 \pm 0.07$ A	$4.59 \pm 0.04^a$ A	$4.43 \pm 0.06^b$ B	$4.31 \pm 0.05^b$ B	$4.25 \pm 0.05^b$ B	$4.47 \pm 0.01$ C
Tyrosine	$2.61 \pm 0.04$ A	$2.55 \pm 0.06^a$ A	$2.51 \pm 0.03^b$ B	$2.43 \pm 0.03^b$ B	$2.27 \pm 0.03^b$ B	$2.52 \pm 0.06$ A
Histidine	$5.97 \pm 0.09$ A	$5.82 \pm 0.04^b$ B	$5.79 \pm 0.03^b$ B	$5.85 \pm 0.09^a$ A	$5.63 \pm 0.03^b$ B	$5.76 \pm 0.02$ B
Arginine	$7.02 \pm 0.06$ A	$6.84 \pm 0.07^a$ A	$6.84 \pm 0.09^b$ B	$6.78 \pm 0.08^b$ B	$6.70 \pm 0.07^b$ B	$6.79 \pm 0.03$ B
Cysteine	$1.32 \pm 0.07$ A	$1.22 \pm 0.06^a$ A	$1.22 \pm 0.09^a$ A	$1.19 \pm 0.04^b$ B	$1.08 \pm 0.02^b$ B	$0.99 \pm 0.06$ B
Total sum	100.72	99.02	97.75	96.29	94.54	97.28

<sup>a</sup> The means within a line (the difference between the storage temperature) followed by different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ). The means within a line (the difference between the storage period) followed by different capital letters differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>b</sup> Instead of 12th month, data from the 6th and 9th month of storage at a given temperature are displayed due to an unsatisfactory sensory analysis, for further details see chapter 2.1 in material and method section.

(Table 6). Similarly, the decrease of initial total saccharide content were  $1.19$  g/100 g at  $-18$  °C (24th month) and  $0.18$ ,  $0.52$ ,  $1.05$  g/100 g for  $5$ ,  $23$  and  $40$  °C, respectively (12th month).

### 3.6. Rheology analysis

The initial values of apparent viscosity in FMH ( $11.52$  Pa s) did not change significantly during the first 12 months at  $-18$ ,  $5$  and  $23$  °C ( $P \geq 0.05$ ). In contrast, samples stored at  $40$  °C showed a significant increase in viscosity due to the increase of dry matter content and crystallization formation ( $P < 0.05$ ) (see Fig. 1A and Fig. S3 in Supplementary material). This fact manifested itself significantly at the 9th and 12th month, when the resulting consistency of the sample did not allow the analysis to be performed, and therefore the data is not shown. After the 12th month a slight continuous increase in viscosity was observed at  $23$  °C ( $P < 0.05$ ), whilst samples stored at  $-18$  and  $5$  °C did not show significant changes ( $P \geq 0.05$ ). The firmness of AAJ only varied significantly ( $P < 0.05$ ) at  $23$  and  $40$  °C. The initial complex modulus value of  $1.28$  kPa increased twice, three and seven times after 3, 6 and 12 months at  $40$  °C, respectively. At  $23$  °C, a maximum increase of three times the day zero value was observed at the end of the experiment. In contrast, the changes for SHCS in complex modulus values showed the opposite trend, a decrease of half from the original value of  $2.33$  kPa was recorded for temperatures of  $-18$ ,  $5$  and  $40$  °C ( $P < 0.05$ ). On the other hand, changes in the complex modulus values were not significant for the SHCS stored at  $23$  °C ( $P \geq 0.05$ ), see Fig. 1B and C, respectively. The interactions between the storage time and temperature possessed a significant effect on the viscosity of the FMH and also the complex modulus of the AAJ and SHCS ( $P < 0.05$ ).

## 4. Discussion

In general, the higher storage temperature used resulted in increased numbers of TC and spore-forming microorganisms ( $P < 0.05$ ) in AAJ and FMH. By contrast, there were no significant changes at  $-18$  °C ( $P \geq 0.05$ ). Therefore, it can be concluded that storage of all samples at  $\leq 23$  °C appeared to be safe from a microbiology perspective, while it was not recommended to exceed a storage period of 12 months under storage at  $40$  °C.

The pH-values decreased and the dry matter increased during storage of AAJ, FMH and SHCS; this trend was more noticeable when the higher storage temperature was used. The decrease could be explained by the ongoing antimicrobial activity and/or biochemical changes. Acidity in FMH is attributed to the content of gluconic acid, which is the result of an enzymatic reaction during nectar maturation (Vorlová et al., 2018). Another explanation can be found in the occurrence of postharvest fermentation, which is related with a decrease of pH and increase of free acidity in stored honeys as reported by Da Silva et al. (2020) and Seraglio et al. (2021). Smetanska, Alharthi, and Selim (2021) attributed the high acidity of honey to the fermentation of sugar into organic acids and to the presence of inorganic ions such as phosphate and chloride ions, which are responsible for the stability of honey against microbial spoilage. The pH-values measured for FMH were comparable ( $P > 0.05$ ) with few sample findings of Da Silva et al. (2020). The author also reported much higher pH-values in some cases of stored honeys, similarly as Seraglio et al. (2021). The pH-values in AAJ were lower than those found by Touati et al. (2014) who reported pH-values of  $3.40$  and Smetanska et al. (2021) who observed pH-values in the range of  $3.26$ – $4.91$ . These variations could be attributed to the plant floral types. Chauhan et al. (2013) reported similar pH-values of  $3.08$ – $3.26$  in coconut jams; in addition, the trend of decreasing pH-values coincides with the data in this work.

The present dry matter content study results were comparable to other authors findings (Tomczyk, Tarapatsky, & Džugan, 2019; Vorlová et al., 2018; Yanniotis et al., 2006). The increase of AAJ and FMH dry matter contents due to both elevated storage temperature and prolonged storage time was probably due to evaporation of moisture, which developed as water droppings on the lid.

During 24 months of storage, the organoleptic quality in AAJ, FMH and SHCS deteriorated, and quality worsening was more intensive when an elevated storage temperature was used ( $P < 0.05$ ). The AAJ and FMH developed colour changes during storage, which may be due to non-enzymatic browning (Bubelová et al., 2017; Castelló et al., 2011; Wibowo, Grauwet, Gedefa, Hendrickx, & Van Loey, 2015; Zorić et al., 2017). The significant effect of temperature conditions on colour parameters of honey was observed also by Karabagias et al. (2018). The magnitude of this rate was found to be higher in the FMH and AAJ samples stored at  $40$  °C when compared to those stored at  $\leq 23$  °C. An increase in

**Table 4**

Results of determination of saccharide content (g/100 g) of the apricot-apple jam stored during 24-month period at four different temperatures (−18 °C, 5 °C, 23 °C and 40 °C). The results are expressed as means ± standard deviation (n = 27). <sup>a</sup>.

storage time (months)	storage temp. (°C)	Sucrose	Fructose	Glucose	Maltose	Sum
0	23	32,67 ± 0,15 A	19,27 ± 0,12 A	11,25 ± 0,20 A	5,06 ± 0,19 A	68,24 ± 0,17 A
	40	33,69 ± 0,25 B	19,15 ± 0,16 A	10,47 ± 0,05 B	5,21 ± 0,25 A	68,52 ± 0,18 A
3	−18	29,39 ± 0,19 <sup>b</sup> B	19,59 ± 0,13 <sup>b</sup> A	13,29 ± 0,13 <sup>b</sup> B	5,80 ± 0,18 <sup>b</sup> B	68,07 ± 0,16 <sup>b</sup> A
	5	30,41 ± 0,20 <sup>b</sup> B	22,18 ± 0,16 <sup>b</sup> B	11,15 ± 0,19 <sup>b</sup> A	5,33 ± 0,14 <sup>b</sup> A	69,07 ± 0,17 <sup>b</sup> B
	23	32,73 ± 0,18 <sup>b</sup> A	18,19 ± 0,13 <sup>b</sup> B	11,87 ± 0,25 <sup>b</sup> B	5,60 ± 0,15 <sup>b</sup> B	68,39 ± 0,18 <sup>b</sup> A
6	40	29,63 ± 0,22 <sup>c</sup> C	20,09 ± 0,20 <sup>b</sup> B	12,42 ± 0,05 <sup>c</sup> C	5,90 ± 0,21 <sup>b</sup> B	68,05 ± 0,17 <sup>b</sup> A
	5	33,67 ± 0,24 <sup>c</sup> C	17,64 ± 0,08 <sup>c</sup> C	12,37 ± 0,14 <sup>a</sup> A	5,69 ± 0,03 <sup>b</sup> B	69,37 ± 0,12 <sup>b</sup> B
	23	32,46 ± 0,21 <sup>b</sup> A	19,79 ± 0,04 <sup>c</sup> C	11,36 ± 0,27 <sup>a</sup> A	5,32 ± 0,01 <sup>b</sup> C	68,93 ± 0,13 <sup>b</sup> B
9	40	33,79 ± 0,27 <sup>b</sup> B	17,39 ± 0,15 <sup>c</sup> C	11,66 ± 0,07 <sup>d</sup> D	6,56 ± 0,24 <sup>a</sup> A	69,39 ± 0,18 <sup>b</sup> B
	5	31,50 ± 0,26 <sup>d</sup> D	18,37 ± 0,09 <sup>d</sup> D	11,78 ± 0,03 <sup>b</sup> B	6,72 ± 0,03 <sup>c</sup> C	68,38 ± 0,10 <sup>b</sup> A
	23	32,41 ± 0,20 <sup>b</sup> A	19,43 ± 0,12 <sup>b</sup> A	11,25 ± 0,19 <sup>b</sup> A	5,10 ± 0,04 <sup>b</sup> A	68,18 ± 0,14 <sup>a</sup> A
12	40	31,49 ± 0,20 <sup>c</sup> C	18,90 ± 0,18 <sup>b</sup> B	11,59 ± 0,23 <sup>a</sup> A	6,19 ± 0,21 <sup>c</sup> C	68,16 ± 0,21 <sup>b</sup> A
	−18	32,91 ± 0,26 <sup>b</sup> A	19,28 ± 0,02 <sup>a</sup> A	11,37 ± 0,15 <sup>a</sup> A	4,92 ± 0,01 <sup>b</sup> A	68,47 ± 0,11 <sup>a</sup> A
	5	32,54 ± 0,14 <sup>b</sup> A	19,98 ± 0,08 <sup>c</sup> C	11,19 ± 0,27 <sup>b</sup> A	4,98 ± 0,06 <sup>b</sup> A	68,68 ± 0,14 <sup>b</sup> B
15	23	33,71 ± 0,23 <sup>b</sup> B	19,44 ± 0,07 <sup>d</sup> D	11,25 ± 0,15 <sup>b</sup> A	5,17 ± 0,09 <sup>a</sup> A	69,57 ± 0,14 <sup>b</sup> B
	40	32,65 ± 0,25 <sup>a</sup> A	19,35 ± 0,19 <sup>a</sup> A	11,89 ± 0,20 <sup>b</sup> B	4,81 ± 0,21 <sup>d</sup> D	68,70 ± 0,21 <sup>c</sup> C
	5	32,68 ± 0,02 <sup>a</sup> A	19,27 ± 0,11 <sup>a</sup> A	11,06 ± 0,04 <sup>a</sup> A	5,06 ± 0,20 <sup>a</sup> A	68,06 ± 0,09 <sup>b</sup> A
18	23	34,43 ± 0,16 <sup>e</sup> E	19,51 ± 0,18 <sup>a</sup> A	10,83 ± 0,03 <sup>c</sup> C	4,59 ± 0,14 <sup>d</sup> D	69,36 ± 0,13 <sup>b</sup> B
	40	−	−	−	−	−
	5	33,84 ± 0,11 <sup>b</sup> B	19,50 ± 0,21 <sup>a</sup> A	11,08 ± 0,19 <sup>b</sup> A	4,76 ± 0,16 <sup>d</sup> D	69,19 ± 0,17 <sup>c</sup> C
21	23	36,12 ± 0,13 <sup>f</sup> F	16,89 ± 0,25 <sup>e</sup> E	10,39 ± 0,09 <sup>d</sup> D	5,15 ± 0,13 <sup>a</sup> A	68,55 ± 0,15 <sup>c</sup> C
	40	−	−	−	−	−
	5	34,85 ± 0,02 <sup>b</sup> B	18,09 ± 0,22 <sup>b</sup> B	10,38 ± 0,21 <sup>b</sup> B	5,44 ± 0,17 <sup>c</sup> C	68,77 ± 0,16 <sup>b</sup> B
23	23	34,69 ± 0,12 <sup>d</sup> D	20,12 ± 0,23 <sup>c</sup> C	10,08 ± 0,01 <sup>c</sup> C	5,10 ± 0,18 <sup>a</sup> A	69,99 ± 0,14 <sup>b</sup> B
	40	−	−	−	−	−

**Table 4 (continued)**

storage time (months)	storage temp. (°C)	Sucrose	Fructose	Glucose	Maltose	Sum
24	−18	33,95 ± 0,11 <sup>b</sup> C	18,31 ± 0,16 <sup>b</sup> D	11,94 ± 0,13 <sup>b</sup> B	4,99 ± 0,19 <sup>a</sup> A	69,19 ± 0,15 <sup>b</sup> B
	5	33,53 ± 0,14 <sup>c</sup> C	18,03 ± 0,17 <sup>b</sup> B	10,99 ± 0,16 <sup>b</sup> A	5,68 ± 0,13 <sup>b</sup> B	68,23 ± 0,15 <sup>a</sup> A
23	23	32,67 ± 0,15 A	19,27 ± 0,12 A	11,25 ± 0,20 A	5,06 ± 0,19 A	68,24 ± 0,17 A
	40	−	−	−	−	−

<sup>a</sup> The means within a column (the difference between the storage temperature) followed by different superscript letters differ (P < 0.05). The means within a column (the difference between the storage period) followed by different capital letters differ (P < 0.05). The dash (−) symbol indicates an analysis that has not been performed due to an unsatisfactory sensory analysis as defined in chapter 2.1 in material and method section.

ammonia content was observed, which is generally considered a marker of Maillard reactions and Strecker degradation (Kristensen et al., 2001). The previously mentioned changes in ammonia content were reflected in the results of sensory analysis. Bubelová et al. (2017) and Kadilová et al. (2010) reported a significant increase of the ammonia content during storage at 6–40 °C. Moreover, the trend of both authors corresponds to our observations. The course of the above-mentioned reactions is also shown by the decreasing content of AA, the trend of which “copies” our documented increase in the content of ammonia. Statistical analysis confirms that ammonia production corresponds with the storage temperature used (P < 0.05). Similarly to our results, the reductions in AA content were higher with longer storage times and higher temperatures as reported by Touati et al. (2014). To our knowledge, no work has been done to study changes in AA content in similar types of product to SHCS. An increase of the TBARS value (P < 0.05) was noticed during storage and, as suggested by Raеisi et al. (2016), it can be considered as a good chemical indicator for quality assurance during storage. The gradual lipid oxidation of the high SHCS fat content was reflected in the results of sensory analysis as a rancid taste was documented. TBARS values increased more progressively under higher temperature use than with extended storage time. Maillard reactions and the lipid oxidation could contribute to the development of sensory active substances such as aldehydes, ketones, alcohols, acids etc. And therefore, their influence on the flavour of the products is evident (Sharma et al., 2015; Wibowo et al., 2015). Additionally, appearance and consistency of jams and honey could be deteriorated also due to crystallization of the present sugars as was previously reported by Dettori, Tappi, Piana, Rosa, and Rocculi (2018), Escuredo et al. (2014), Kabbani, Sepulcre, and Wedekind (2011) and Wibowo et al. (2015). In particular, visible crystals were observed also in this study in the samples of AAJ and FMH especially during longer storage times.

The saccharide composition of AAJ and FMH was similar to those reported by Chauhan et al. (2013) and Touati et al. (2014) for jams, and by Tomczyk et al. (2019), Vorlová et al. (2018) and Yanniotis et al. (2006) for honeys (P > 0.05). Moreover, Tomczyk et al. (2019) reported a sucrose content ranging from 3.53 to 6.29 g/100 g. Our documented marginal decrease of the total saccharide content in all samples corresponds with the authors mentioned above, except for Touati et al. (2014), who reported a decrease of 5.52, 9.02 and 7.46 g/100 g after 60 days at 5, 25 and 37 °C, respectively. The saccharide level decrease was concomitant with AA content indicating their implication in the non-enzymatic browning process.

Juszczak and Fortuna (2006) reported higher viscosity values (P < 0.05) in comparison with work by Pan and Ji, 1998, who reported viscosity between 0.70 and 19.55 Pa s at 10 °C. This difference can be attributed to the higher water content of Chinese honeys in contrast with

**Table 5**

Results of determination of saccharide content (g/100 g) of the flower meadow honey stored during 24-month period at four different temperatures (−18 °C, 5 °C, 23 °C and 40 °C). The results are expressed as means ± standard deviation (n = 27). <sup>a</sup>.

storage time (months)	storage temp. (°C)	Fructose	Glucose	Sum
0	23	47,02 ± 0,19 A	36,36 ± 0,16 A	83,38 ± 0,18 A
1	40	45,96 ± 0,16 B	33,66 ± 0,19 B	79,62 ± 0,19 B
3	−18	45,31 ± 0,17 <sup>b</sup> B	37,93 ± 0,17 <sup>b</sup> B	83,24 ± 0,16 <sup>a</sup> A
	5	44,95 ± 0,13 <sup>b</sup> B	34,62 ± 0,20 <sup>b</sup> B	79,57 ± 0,17 <sup>b</sup> B
	23	44,77 ± 0,14 <sup>b</sup> B	36,39 ± 0,22 <sup>a</sup> A	81,16 ± 0,18 <sup>b</sup> B
	40	46,10 ± 0,18 <sup>c</sup> C	36,60 ± 0,24 <sup>a</sup> A	82,70 ± 0,21 <sup>c</sup> C
6	5	46,85 ± 0,13 <sup>c</sup> C	33,65 ± 0,21 <sup>c</sup> C	80,54 ± 0,17 <sup>c</sup> C
	23	46,06 ± 0,14 <sup>c</sup> C	34,02 ± 0,22 <sup>b</sup> B	80,08 ± 0,18 <sup>c</sup> C
	40	47,30 ± 0,18 <sup>a</sup> A	32,91 ± 0,19 <sup>c</sup> C	80,21 ± 0,19 <sup>b</sup> D
9	5	48,93 ± 0,14 <sup>d</sup> D	33,44 ± 0,25 <sup>c</sup> C	82,37 ± 0,20 <sup>d</sup> D
	23	46,62 ± 0,19 <sup>b</sup> D	33,24 ± 0,22 <sup>c</sup> C	79,86 ± 0,21 <sup>b</sup> C
	40	47,48 ± 0,08 <sup>c</sup> C	35,59 ± 0,18 <sup>c</sup> C	83,07 ± 0,13 <sup>b</sup> B
12	−18	47,08 ± 0,19 <sup>b</sup> A	34,46 ± 0,21 <sup>b</sup> B	81,54 ± 0,20 <sup>b</sup> E
	5	48,54 ± 0,22 <sup>e</sup> E	32,47 ± 0,17 <sup>d</sup> D	81,01 ± 0,20 <sup>b</sup> E
	23	45,78 ± 0,21 <sup>e</sup> B	37,53 ± 0,08 <sup>d</sup> D	83,31 ± 0,15 <sup>a</sup> A
	40	44,79 ± 0,17 <sup>e</sup> B	37,23 ± 0,15 <sup>d</sup> D	82,02 ± 0,16 <sup>d</sup> D
15	5	45,11 ± 0,13 <sup>b</sup> F	36,51 ± 0,22 <sup>b</sup> A	81,62 ± 0,18 <sup>b</sup> D
	23	44,65 ± 0,15 <sup>b</sup> B	35,39 ± 0,16 <sup>e</sup> E	80,04 ± 0,16 <sup>f</sup> F
	40	–	–	–
18	5	43,01 ± 0,17 <sup>b</sup> G	37,70 ± 0,22 <sup>b</sup> E	80,71 ± 0,20 <sup>b</sup> E
	23	47,25 ± 0,17 <sup>a</sup> A	35,71 ± 0,20 <sup>e</sup> E	82,95 ± 0,19 <sup>c</sup> G
	40	–	–	–
21	5	48,44 ± 0,23 <sup>b</sup> E	34,81 ± 0,15 <sup>b</sup> F	83,25 ± 0,19 <sup>b</sup> A
	23	44,94 ± 0,22 <sup>d</sup> D	36,66 ± 0,19 <sup>a</sup> A	81,63 ± 0,21 <sup>c</sup> C
	40	–	–	–
24	−18	47,35 ± 0,22 <sup>b</sup> A	34,95 ± 0,23 <sup>b</sup> B	82,30 ± 0,23 <sup>d</sup> D
	5	47,54 ± 0,15 <sup>b</sup> H	33,78 ± 0,17 <sup>b</sup> B	81,32 ± 0,16 <sup>b</sup> B
	23	47,02 ± 0,19 A	36,36 ± 0,16 A	83,38 ± 0,18 A
	40	–	–	–

<sup>a</sup> The means within a column (the difference between the storage temperature) followed by different superscript letters differ (P < 0.05). The means within a column (the difference between the storage period) followed by different capital letters differ (P < 0.05). The dash (–) symbol indicates an analysis that has not been performed due to an unsatisfactory sensory analysis as defined in chapter 2.1 in material and method section.

Czech honeys as described by Vorlová et al. (2018) and similarly for Polish and Slovak honeys (Tomczyk et al., 2019). Based on the obtained values from rheology, AAJ falls into the category of weak gels as stated by Clark and Ross-Murphy (2005) and Gunasekaran and Ak (2000).

## 5. Conclusion

This study evaluated the effect of four different storage temperatures (−18, 5, 23 and 40 °C) on the quality of saccharide-based foods (apricot-

**Table 6**

Results of determination of saccharide content (g/100 g) of the sweetened hazelnut cocoa spread stored during 24-month period at four different temperatures (−18 °C, 5 °C, 23 °C and 40 °C). The results are expressed as means ± standard deviation (n = 27). <sup>a</sup>.

storage time (months)	storage temp. (°C)	Sucrose	Lactose	Sum
0	23	48,90 ± 0,13 A	9,28 ± 0,02 A	58,18 ± 0,08 A
1	40	47,22 ± 0,06 B	8,24 ± 0,13 B	55,46 ± 0,10 B
3	−18	48,18 ± 0,06 <sup>b</sup> B	8,37 ± 0,14 <sup>b</sup> B	56,56 ± 0,10 <sup>b</sup> B
	5	48,95 ± 0,15 <sup>b</sup> A	8,49 ± 0,02 <sup>b</sup> B	57,44 ± 0,09 <sup>b</sup> B
	23	47,19 ± 0,20 <sup>b</sup> B	8,06 ± 0,02 <sup>b</sup> B	55,25 ± 0,11 <sup>b</sup> B
	40	48,97 ± 0,16 <sup>b</sup> A	7,84 ± 0,05 <sup>c</sup> C	56,80 ± 0,11 <sup>c</sup> C
6	5	50,96 ± 0,28 <sup>b</sup> B	7,99 ± 0,04 <sup>c</sup> C	58,95 ± 0,16 <sup>c</sup> C
	23	49,97 ± 0,19 <sup>b</sup> C	7,85 ± 0,06 <sup>b</sup> C	57,82 ± 0,13 <sup>c</sup> C
	40	49,16 ± 0,23 <sup>c</sup> C	7,71 ± 0,04 <sup>c</sup> C	56,87 ± 0,14 <sup>c</sup> C
9	5	45,75 ± 0,06 <sup>c</sup> C	9,10 ± 0,07 <sup>a</sup> A	54,85 ± 0,07 <sup>d</sup> D
	23	47,81 ± 0,07 <sup>b</sup> D	7,52 ± 0,05 <sup>b</sup> CD	55,32 ± 0,06 <sup>b</sup> B
	40	–	–	–
12	−18	50,60 ± 0,11 <sup>c</sup> C	8,34 ± 0,04 <sup>b</sup> B	58,93 ± 0,08 <sup>c</sup> C
	5	50,37 ± 0,09 <sup>b</sup> D	8,51 ± 0,08 <sup>b</sup> B	58,88 ± 0,09 <sup>c</sup> C
	23	–	–	–
	40	–	–	–
15	5	–	–	–
	23	–	–	–
	40	–	–	–
18	5	–	–	–
	23	–	–	–
	40	–	–	–
21	5	–	–	–
	23	–	–	–
	40	–	–	–
24	−18	50,15 ± 0,19 D	8,19 ± 0,13 B	58,34 ± 0,16 A
	5	–	–	–
	23	–	–	–
	40	–	–	–

<sup>a</sup> The means within a column (the difference between the storage temperature) followed by different superscript letters differ (P < 0.05). The means within a column (the difference between the storage period) followed by different capital letters differ (P < 0.05). The dash (–) symbol indicates an analysis that has not been performed due to an unsatisfactory sensory analysis as defined in chapter 2.1 in material and method section.

apple jam, flower meadow honey, sweetened hazelnut cocoa spread) over a period of 24 months. Samples stored at −18 °C (simulating storage conditions in the arctic zone) had the least impact on physicochemical changes and, at the same time, their sensory quality was well preserved. Storage at 5 °C (a reference temperature – chill chain) and 23 °C (simulating storage conditions in the temperate zone) generally caused slight changes on the physicochemical changes of AAJ, FMH and SHCS. A storage temperature of 40 °C (simulating storage conditions in the (sub)tropical zone) caused the huge deterioration of tested foodstuffs. Storage of all samples at ≤ 23 °C appeared to be safe from a microbiology perspective, while storage at 40 °C was not recommended when exceeding a storage period of 12 months. Therefore, AAJ and FMH should only be considered for storage at 40 °C for a period of 12 months. On the contrary, with a temperature under 23 °C the storage time can exceed a period of 2 years. The same conclusion can be stated for SHCS, but only when stored at −18 °C. A storage period of 9 months should not

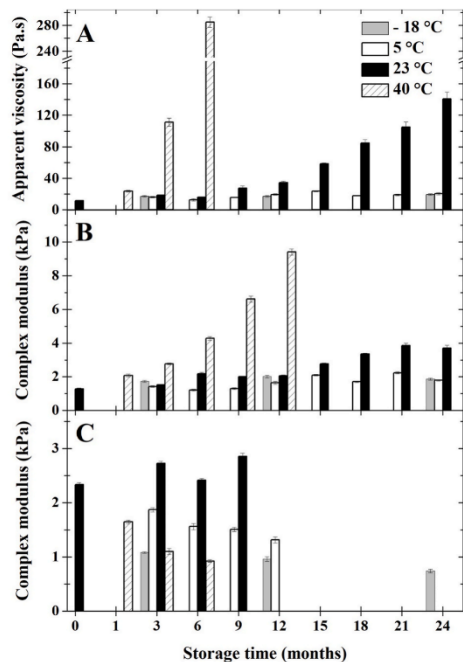


Fig. 1. The dependence of apparent viscosity (Pa·s) of the flower meadow honey sample (part A), the complex modulus  $G^*$  (kPa) of the apricot apple jam sample (part B) and the complex modulus  $G''$  (kPa) of the sweetened hazelnut cocoa spread sample (part C) on various temperature regimes ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  light grey columns;  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  white columns;  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  black columns; and  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  dense section line columns) and storage time (months). The results are presented as means  $\pm$  standard deviations ( $n = 27$ ).

be exceeded within the range of  $5\text{--}23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; at  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  it should not even exceed 6 months. These conclusions were primarily determined due to increased ammonia and TBARS values (rancid taste), and decreased saccharide and amino acid contents. Based on these findings, the tested AAJ and FMH meet the requirements for the minimum durability of the individual combat ration components and are also appropriate for usage of the state material reserves.

#### Declarations of interest

None.

#### CRediT authorship contribution statement

**Tomáš Šopík:** Methodology, Investigation, Formal analysis, Writing – original draft, Revision. **Zuzana Lazárková:** Methodology, Investigation, Writing – original draft, Revision. **Leona Buňková:** Methodology, Investigation, Writing – review & editing, Revision. **Khatantuu Purevdorj:** Methodology, Investigation, Writing – review & editing. **Richardos Nikolaos Salek:** Methodology, Investigation, Writing – review & editing, Revision. **Jaroslav Talár:** Methodology, Writing – review & editing. **Martin Novotný:** Methodology, Writing – review & editing. **Pavel Foltin:** Methodology, Writing – review & editing. **Vendula Pachlová:** Methodology, Investigation, Writing – review & editing. **František Buňka:** Conceptualization, Data curation, Visualization, Supervision, Project administration, Writing – original draft, Revision,

Impact of long-term storage on the quality of selected sugar-based foods stored at different temperatures.

#### Declaration of competing interest

We would like to submit the enclosed manuscript entitled “Impact of long-term storage on the quality of selected sugar-based foods stored at different temperatures”, which we wish to be considered for publication in LWT. Moreover, no conflict of interest exists in the submission of this manuscript, and the manuscript is approved by all authors for publication. I would like to declare on behalf of my coauthors that the work described was original research that has not been published previously, and not being under consideration for publication elsewhere, in whole or in part. All the authors listed have approved the manuscript that is enclosed.

#### Acknowledgments

This work was kindly supported by a project of the internal grant of Tomas Bata University in Zlín No. IGA/FT/2019/006 funded from the resources of specific university research. This study was also supported by the project of long-term strategy of organization development DZRO ROZVOLOG Development of Capabilities and Sustainability of Logistics Support (DZRO ROZVOLOG, 2016–2021), funded by the Ministry of Defence of the Czech Republic.

#### Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113095>.

#### References

- Basu, S., Shivhare, U. S., Singh, T. V., & Beniwal, V. S. (2011). Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. *Journal of Food Engineering*, *105*(3), 503–512. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.014>
- Bubelová, Z., Černíková, M., Buňková, L., Talár, J., Zajíček, V., Foltin, P., et al. (2017). Quality changes of long-life foods during three-month storage at different temperatures. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, *11*(1), 43–51. <https://doi.org/10.5219/688>
- Buňka, F., Hrabě, J., & Kráčmar, S. (2004). The effect of sterilisation on amino acid contents in processed cheese. *International Dairy Journal*, *14*(9), 829–831. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.008>
- Buňka, F., Kríž, O., Velická, A., Buňková, L., & Kráčmar, S. (2009). Effect of acid hydrolysis time on amino acid determination in casein and processed cheeses with different fat content. *Journal of Food Composition and Analysis*, *22*(3), 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.023>
- Castelló, M. L., Heredia, A., Domínguez, E., Ortola, M. D., & Tarrazó, J. (2011). Influence of thermal treatment and storage on astringency and quality of a spreadable product from persimmon fruit. *Food Chemistry*, *128*, 323–329. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.023>
- Chauhan, O. P., Archana, B. S., Singh, A., Raju, P. S., & Bawa, A. S. (2013). Utilization of tender coconut pulp for jam making and its quality evaluation during storage. *Food and Bioprocess Technology*, *6*(6), 1444–1449. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0920-8>
- Clark, A. H., & Ross-Murphy, S. B. (2005). Structural and mechanical properties of biopolymer gels. *Biopolymers*, *57*–192. <https://doi.org/10.1002/bb0023332>
- Da Silva, P., Gonzaga, I. V., Biluca, F. C., Schulz, M., Vitali, L., Mücke, G. A., et al. (2020). Stability of Brazilian *Apis mellifera* L. honey during prolonged storage: Physicochemical parameters and bioactive compounds. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, *129*, Article 109521. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109521>
- Detteri, A., Tappi, S., Piana, L., Rosa, M. D., & Rocculi, P. (2018). Kinetic of induced honey crystallization and related evolution of structural and physical properties. *LWT – Food Science and Technology*, *95*, 333–338. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.092>
- Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., & Seijo, M. C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, *149*, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.097>
- Foltin, P., Brunclík, M., Ondryhal, V., & Vogal, L. (2018). Usability of performance indicators of logistics infrastructure availability in supply chain designing. *Business Logistics in Modern Management*, *18*, 157–170. <https://ideas.repec.org/a/osi/bullmm/v18y2018p157-170.html>
- Gan, R. Y., Deng, Z. Q., Yan, A. X., Shah, N. P., Lui, W. Y., Chan, C. L., et al. (2016). Pigmented edible bean coats as natural sources of polyphenols with antioxidant and



- antibacterial effects. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 73, 168–177. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.012>
- Gómez-Díaz, D., Navaza, J. M., & Quintáns-Riveiro, L. C. (2009). Effect of temperature on the viscosity of honey. *International Journal of Food Properties*, 12(2), 396–404. <https://doi.org/10.1080/10942910701813925>
- Gonzales, A. P., Burin, L., Buera, M., & del, P. (1999). Color changes during storage of honeys in relation to their composition and initial color. *Food Research International*, 32(3), 185–191. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(99\)00075-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(99)00075-7)
- Gunasekaran, S., & Ak, M. M. (2000). Dynamic oscillatory shear testing of foods - selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 11(3), 115–127. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00058-3)
- Harrigan, W. F. (1998). *Laboratory methods in food microbiology*. Academic Press.
- ISO. (1997). *ISO standard No. 1442: Meat and Meat products – determination of moisture content (reference method)*.
- ISO. (2003). *ISO Standard No. 17189: Butter, edible oil emulsions and spreadable fats – determination of fat content (Reference method)*.
- ISO. (2007). *ISO Standard No. 8589 Sensory analysis – general guidance for the design of test rooms*.
- ISO. (2008). *ISO standard No. 21527-2: Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95*.
- ISO. (2009). *ISO Standard No. 1871: Food and feed products – general guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method*.
- ISO. (2012). *ISO Standard No. 8586: Sensory analysis – general guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*.
- ISO. (2013). *ISO Standard No. 4833-1: 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*.
- Juszczak, L., & Fortuna, T. (2006). Rheology of selected Polish honeys. *Journal of Food Engineering*, 75(1), 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.049>
- Kabbani, D., Sepulcre, F., & Wedekind, J. (2011). Ultrasound-assisted liquefaction of rosemary honey: Influence on rheology and crystal content. *Journal of Food Engineering*, 107, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.027>
- Kadidlová, H., Ciprysová, Z., Hoza, I., & Budinský, P. (2010). The effect of long-term storage on amino acid content of ready-to-eat entrées. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(5), 966–970. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02216.x>
- Karabagias, V. K., Karabagias, I. K., & Gatzias, I. (2018). The impact of different heating temperatures on physicochemical, color attributes, and antioxidant activity parameters of Greek honeys. *Journal of Food Process Engineering*, 41, Article e12668. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12668>
- Kristensen, D., Hansen, E., Arndal, A., Trinderup, R. A., & Skibsted, L. H. (2001). Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal*, 11(10), 837–843. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4)
- Kristensen, D., & Skibsted, L. H. (1999). Comparison of three methods based on electron spin resonance spectrometry for evaluation of oxidative stability of processed cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(8), 3099–3104. <https://doi.org/10.1021/jf981396p>
- Pan, J., & Ji, C. (1998). General rheological model for natural honeys in China. *Journal of Food Engineering*, 36(2), 165–168. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(98\)00050-8](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(98)00050-8)
- Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A., Escriche, I., & Andrés, A. (2016). Influence of storage on the volatile profile, mechanical, optical properties and antioxidant activity of strawberry spreads made with isomaltulose. *Food Bioscience*, 14, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.02.001>
- Peng, Y., Ellingham, T., Jin, N., Yuan, H., Wang, X., Li, H., et al. (2015). Stress-dielectric relationships in nutella. *Journal of Food Engineering*, 154, 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.12.021>
- Raeisi, S., Sharifi-Rad, M., Quek, S. Y., Shabanpour, B., & Sharifi-Rad, J. (2016). Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of shallot (*Allium ascalonicum* L.) fruit and ajwain (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague) seed extracts in semi-fried coated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets for shelf-life extension. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie - Food Science and Technology*, 65, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.064>
- Regulation (EU) No 1169/2011. (2011). *Of the European Parliament and of the Council*.
- Seraglio, S. K. T., Bergamo, G., Molognoni, L., Daguer, H., Silva, B., Gonzaga, L. V., et al. (2021). Quality changes during long-term storage of a peculiar Brazilian honeydew honey: “Bracatinga”. *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, Article 103769. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103769>
- Sharma, K., Young Ko, E., Assefa, A. D., Ha, S., Nile, S. H., Tai Lee, E., et al. (2015). Temperature-dependent studies on the total phenolics, flavonoids, antioxidant activities, and sugar content in six onion varieties. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23, 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.10.005>
- Smetanska, I., Alharthi, S. S., & Selim, K. A. (2021). Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin. *Journal of King Saud University Science*, 33(5), Article 101447. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101447>
- Tomczyk, M., Tarapatskyy, M., & Džugan, M. (2019). The influence of geographical origin on honey composition studied by Polish and Slovak honeys. *Czech Journal of Food Sciences*, 37, 232–238.
- Touati, N., Tarazona-Díaz, M. P., Aguayo, E., & Louaileche, H. (2014). Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*, 145, 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.037>
- Tulach, P., & Foltin, P. (2019). Research methods in humanitarian logistics – current approaches and future trends. *Business Logistics in Modern Management*, 19, 459–474. <https://ideas.repec.org/a/osi/bulimm/v19y2019p459-474.html>
- Vorlová, L., Karpíšková, R., Chabinioková, I., Kalábová, K., & Brázdová, Z. (2018). The antimicrobial activity of honeys produced in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*, 50(No. 8), 376–384. <https://doi.org/10.17221/4180-cjas>
- Wibowo, S., Grauwet, T., Gedefa, G. B., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2015). Quality changes of pasteurised mango juice during storage. Part II: Kinetic modelling of the shelf-life markers. *Food Research International*, 78, 410–423. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.002>
- Yanniotis, S., Skaltsi, S., & Karaburniotti, S. (2006). Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72(4), 372–377. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.017>
- Zorić, Z., Pelaić, Z., Pedišić, S., Elez Garofalić, I., Bursać Kovacević, D., & Dragović-Uzelac, V. (2017). Effect of storage conditions on phenolic content and antioxidant capacity of spray dried sour cherry powder. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie - Food Science and Technology*, 79, 251–259. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.049>

