

# Jakost těstovin skladovaných při různých teplotách

Bc. Blanka Břečková

---

Diplomová práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Blanka Břečková**  
Osobní číslo: **T20074**  
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Jakost těstovin skladovaných při různých teplotách**

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

1. Charakterizujte těstoviny, jejich složení, způsob výroby.
2. Popište změny, které mohou probíhat u dlouhodobě skladovaných těstovin.

### II. Praktická část

1. Pokračujte v založeném skladovacím experimentu (až do 24 měsíců).
2. Provedte chemickou, texturní a senzorkou analýzu těstovin skladovaných při různých teplotách.
3. Získané výsledky vyhodnoťte, diskutujte a vyvodte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kent, N.L. a A.D. Evers. (1994). Technology of Cereals (4th Edition). Woodhead Publishing
- [2] Kilcast, David. (2004). Texture in Food. Woodhead Publishing
- [3] Kilcast, David a Persis Subramaniam. (2011). Food and beverage stability and shelf life. Woodhead Publishing
- [4] Bubelová, Zuzana a kol. Quality changes of long-life foods during three-month storage at different temperatures. Potravinářstvo, 2017, 11, 1, s. 43-51
- [5] Lambrecht M.A. a kol. The Role of Wheat and Egg Constituents in the Formation of a Covalent and Noncovalent Protein Network in Fresh and Cooked Egg Noodles. Food Science. 2017, 82, s. 24-35

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce bylo pokračování v založeném skladovacím pokusu. Skladováno bylo 5 druhů špaget, které se lišily složením, a to při teplotách -18, 5, 23 a 40 °C po dobu 2 let (prvních 6 měsíců skladování je součástí mé bakalářské práce). Náplň práce spočívala v chemické, texturní a senzorické analýze. Z chemické analýzy byly sledovány změny v pH, obsahu sušiny, množství vyprodukovaného amoniaku a tiobarbiturovém čísle, které koresponduje s oxidací lipidů. Texturní profilovou analýzou byl pozorován odpor k tažení a práce nezbytná k deformaci těstovin. V rámci senzorické analýzy se posuzovaly organoleptické vlastnosti špaget a prováděla se i absorpce vody. Po vyhodnocení skladovacího pokusu lze konstatovat, že hodnota pH se vlivem doby a teploty skladování zvyšovala. Změnou pH došlo k podpoření Maillardových reakcí, a tím i k nárůstu obsahu amoniaku a sekundárních produktů oxidace tuků (tiobarbiturového čísla) a ke zhoršení organoleptických vlastností těstovin. Tiobarbiturové číslo a obsah amoniaku bylo největší v průběhu skladování při teplotě 40 °C a nejnižší při -18 °C. Při senzorické analýze byly patrné barevné změny zejména během skladování při teplotě 40 °C, kdy těstoviny vykazovaly tmavší zbarvení. Nicméně na texturní profilovou analýzu neměla výrazný vliv ani teplota a doba skladování.

Klíčová slova: těstoviny, skladovací pokus, teplota skladování, délka skladování, texturní profilová analýza, senzorická analýza

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis was to continue the established storage experiment. 5 types of spaghetti, which differed in composition, were stored at temperatures of -18, 5, 23 and 40 ° C for 2 years (the first 6 months of storage is part of my bachelor's thesis). The scope of work consisted of chemical, textural and sensory analysis. From the chemical analysis, changes in pH, dry matter content, amount of ammonia produced and thiobarbiturate number, which correspond to lipid oxidation, were monitored. Resistance to pulling and work necessary to deform the pasta were observed by texture profile analysis. As part of the sensory analysis, the organoleptic properties of spaghetti were assessed and water absorption was also performed. After evaluating the storage experiment, it can be stated that the pH value increased due to the storage time and temperature. The change in pH promoted Maillard's reactions, and thus increased the content of ammonia and secondary products of fat oxidation (thiobarbiturate number) and worsened the organoleptic properties of pasta. The thiobarbiturate number and ammonia content were highest during storage at 40 ° C and lowest at -18 ° C. Sensory analysis showed color changes, especially during storage at 40 ° C, when the pasta showed a darker color. However, the texture profile analysis was not significantly affected by temperature and storage time.

Keywords: pasta, storage experiment, storage temperature, storage length, texture profile analysis, sensory analysis

Mé poděkování je věnováno Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D., vedoucí mé diplomové práce. Touto cestou ji děkuji za odborné vedení, trpělivost a cenné rady při kompletaci mé práce. Další poděkování věnuji panu laborantovi Ing. Tomáši Valentovi, Ph.D. za pomoc při mém měření v laboratořích. Také mé dík je věnováno těm, kteří mě při studiu podporovali. Všem moc děkuji.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TĚSTOVINY</b> .....	<b>12</b>
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ TĚSTOVIN.....	13
1.2 SUROVINY PRO VÝROBU TĚSTOVIN.....	14
1.2.1 Mouka a semolina .....	14
1.2.2 Voda .....	15
1.2.3 Vejce.....	16
1.2.4 Další suroviny .....	16
1.3 TECHNOLOGIE VÝROBY TĚSTOVIN.....	17
1.3.1 Výroba těstovin extruzí .....	17
<b>2 ZMĚNY PROBÍHAJÍCÍ U DLOUHODOBĚ SKLADOVANÝCH TĚSTOVIN</b> .....	<b>22</b>
2.1 MAILLARDOVA REAKCE .....	23
2.2 STRECKEROVA DEGRADACE AMINOKYSELIN .....	24
2.3 HYDROLÝZA.....	24
2.4 OXIDAČNÍ REAKCE .....	24
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>27</b>
<b>3 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>28</b>
<b>4 METODIKA</b> .....	<b>29</b>
4.1 CHEMIKÁLIE.....	29
4.2 POMŮCKY.....	29
4.3 PŘÍSTROJE .....	29
4.4 VZORKY .....	29
4.5 CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTU.....	31
4.6 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	31
4.7 CHEMICKÁ ANALÝZA .....	32
4.7.1 Stanovení pH .....	32
4.7.2 Stanovení sušiny.....	33
4.7.3 Stanovení amoniaku Conwayovou metodou.....	34
4.7.4 Stanovení tiobarbiturového čísla.....	35
4.8 SENZORICKÁ ANALÝZA .....	36
4.8.1 Absorpce vody těstovin.....	36
4.9 TEXTURNÍ ANALÝZA .....	37
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>38</b>
5.1 STANOVENÍ PH.....	38



5.2	STANOVENÍ SUŠINY .....	39
5.3	STANOVENÍ AMONIAKU .....	42
5.4	STANOVENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA .....	43
5.5	STANOVENÍ ABSORPCE VODY .....	46
5.6	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	49
5.7	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA .....	53
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>58</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>60</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>64</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>65</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>66</b>

## ÚVOD

Těstoviny radíme mezi oblíbenou přílohu vyráběnou z nekynutého a chemicky nekypřeného těsta. Za kolébku těstovin je považována Itálie, ale pravdou je, že jejich původ není až tak jednoznačný a panují různé teorie, které nastaly z dochovaných archeologických nálezů. Pro jejich výrobu jsou zapotřebí jen dvě suroviny, semolina a voda. Semolina se v některých zemích nepěstuje, a proto se musí dovážet, což se projeví na její ceně a následně na ceně výrobku, přičemž jako nejčastější alternativa je použita pšeničná mouka. K původní receptuře se mohou přidávat i další doplňující složky, které zvýší nutriční hodnotu, či zlepšují vlastnosti vyráběných těstovin. Těstoviny se vyrábějí extruzí v technologickém zařízení nazvaném extrudér.

Diplomová práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část je zaměřena na charakterizaci těstovin, zabývá se jejich chemickým složením a technologií výroby. Další kapitola přibližuje problematiku při skladování těstovin a reakce, ke které může během skladování docházet. Praktická část navazuje na poslední kapitolu teoretické části a jedná se o pokračování skladovacího pokusu těstovin z mé bakalářské práce, kde byl založen skladovací pokus s pěti různými vzorky těstovin při 4 teplotách a vzorky byly analyzovány po dobu 6 měsíců. V rámci diplomové práce byly těstoviny analyzovány v 3měsíčních intervalech po dobu dvou let. Vzorky byly podrobeny chemické, texturní profilové a senzorické analýze.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TĚSTOVINY

Těstoviny jsou rozšířenou potravinou u nás, ale i ve světě. Jsou vyráběny ze dvou hlavních surovin, mouky (resp. krupice) a vody. Další složkou přidávanou do těsta mohou být vejce, anebo i jiné suroviny např. barviva (kurkuma, karoteny), vitaminy (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>), vitální lepek, mletá sušená zelenina a jiné, které mají zlepšovat vlastnosti těstovin. V tržní síti se těstoviny nachází v široké variabilitě a uplatňují se jako příloha či zavárka [1, 2].

Z historického hlediska není vůbec snadné dopátrat se, odkud se těstoviny vlastně vzaly. V okolí úrodných řek Eufkrat, Tigris, Nil a žluté řeky byly pěstovány starověkou civilizací plodiny, jejichž zpracování připomíná náznakem výrobu těstovin, semena byla nadrcena a (mouka) smíchána s vodou. Dále bylo dochováno, že během čínské dynastie Shang, vládoucí v letech 1700–1100 př. n. l. byl hlavní pokrm formou nudlí. Dá se tedy říct, že historie těstovin je rozmanitá a začíná téměř před 3500 lety [3].

Těstoviny společně s mlýnskými obilnými výrobky, pekařskými výrobky, cukrářskými výrobky a těsty spadají pod vyhlášku č. 18/2020 Sb., která těstoviny definuje jako výrobky vyrobené tvarováním nekynutého a chemicky nekypřeného těsta, který se připravuje z mlýnských obilných výrobků nebo jiných surovin rostlinného původu s možností přidání i dalších složek. Tato vyhláška rozděluje těstoviny do skupin a podskupin (viz Tabulka 1) [4].

Tabulka 1. Dělení těstovin dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. [4]

DRUH	SKUPINA	PODSKUPINA	
TĚSTOVINY	Vaječné	Sušené	
	Bezvaječné	Nesušené	
	Semolinové	Čerstvé	
	Semolinové vaječné	Sušené s náplní	
	Celozrnné		Nesušené s náplní
			Čerstvé s náplní

Mají sytící úlohu a z nutričního hlediska jsou těstoviny dobrým zdrojem sacharidového komplexu, bílkovin a některých vitaminů. Patří mezi potraviny s nízkým glykemickým indexem, ale musejí být správně uvařené, nikoliv rozvařené. Glykemický index je hodnota,

vyjadřující rychlost využití glukózy z dané potraviny. Lze spočítat z procentuálního podílu, kdy v čitateli je plocha pod glykemickou křivkou, tedy z konzumované potraviny, která obsahuje 50 g vstřebatelných sacharidů a ve jmenovateli je plocha pod glykemickou křivkou po konzumaci standardní látky, podána stejné osobě, ale v jiný den. Jako standardní látka se používá glukóza. Dále jejich nutriční hodnota záleží na přidaných surovinách, např. vaječné těstoviny obsahují vejce, nebo celozrnné těstoviny vlákninu, která je až trojnásobná v porovnání s klasickými pšeničnými těstovinami. Vláknina je totiž pro náš lidský organismus velice důležitá z hlediska prevence některých závažných a častých onemocnění jako jsou obezita, cukrovka, kardiovaskulární onemocnění. V České republice je příjem vlákniny nižší, než je její doporučení, což z hlediska zdraví není moc příznivé [1, 5, 6, 7, 8].

V naší, ale i ve světové tržní síti je k dostání široký sortiment nejrůznějších druhů těstovin. Celkově se za rok ve světě vyrobí 16,9 milionů tun těstovin. Údaj pochází z roku 2021. V konzumaci jasně dominuje Itálie s 23,5 kg na osobu. Hned za ní je Tunisko s 17 kg na osobu, Venezuela s 15 kg na osobu, Řecko s 12,2 kg na osobu a Peru s 9,9 kg na osobu. Z porovnání se spotřebou v České republice za rok 2020 je hodnota nižší, u nás spotřeba meziročně klesla o 0,4 kg a činí 7,7 kg na osobu za rok [1, 9, 10].

## 1.1 Chemické složení těstovin

Těstoviny se skládají jen ze dvou hlavních surovin, vody a semoliny. Místo semoliny může být použita pšeničná mouka, anebo kombinace obou zmíněných složek. Do některých těstovin je přidáno vejce, nebo další látky, a proto se jednotlivé složení může lišit. Průměrné zastoupení u sušených těstovin je následující: 72–76 % sacharidy, 12 % proteiny, 12–13 % vody a 0,5–0,7 % lipidy [1, 11, 12].

Sacharidy zahrnují největší část v těstovinách a jsou tvořeny vysokomolekulárními polysacharidy, z nichž většinu představuje škrob. Dále je to vláknina, která nepředstavuje velké zastoupení u klasických těstovin. U celozrnných těstovin je obsah vlákniny větší, až trojnásobný.

Proteiny jsou definovány jako polymery aminokyselin a z pohledu výživy jsou proteiny těstovin neplnohodnotné, z důvodu nevhodného zastoupení některých esenciálních aminokyselin (zejména lyzinu). Nutriční složení se zvyšuje s použitím vajec v recepturním složení těstovin [1].

Mezi nejvýznamnější proteiny pšenice jsou řazeny gliadiny a gluteniny. Spadají mezi proteiny rezervní, nerozpustné ve vodě. Gliadinové proteiny obsahují glutamin, prolin, kyselinu asparagovou a glutamovou, arginin, lysin a histidin. Gluteniny jsou proteiny tvořené polypeptidovým řetězcem spojeným disulfidickými vazbami [11, 16]. Pšeničná mouka může obsahovat až 15 % proteinů, kde z 20 % jsou tvořeny proteiny rozpustných ve vodě (cytoplazmatické proteiny a enzymy) a z 80 % proteiny nerozpustné ve vodě (gliadiny a gluteniny). Těsto je složeno z mouky a vody, jehož základ je tvořen škrobem a viskoelastickou lepkou zvanou lepek, též gluten. Ten je složen z větší části (2/3) z vody a z 1/3 hydratovanými gliadinovými a gluteninovými proteiny [16].

Lipidy jsou definovány jako estery mastných kyselin a alkoholu. V těstovinách je obsah lipidů nízký. Převažují polyenové mastné kyseliny, linolová, linolenová. Do těstovin se dostávají z mouky nebo vajec [1, 2, 13, 16].

Z velké části jsou lipidy obilovin tvořeny neutrálními triacylglyceroly, glykolipidy a polárními lipidy, z nichž převažují fosfolipidy. Obsah lipidů v obilovinách se pohybuje kolem 2 % a je tedy poměrně nízký, neplatí pro oves, proso a kukuřici. Proto lipidy obilovin mají jen nepatrný nutriční význam a z technologického hlediska nachází uplatnění při výrobě těsta při hnětení, kdy dochází k navázání lipidů do struktury pšeničného lepku. Světla pšeničná mouka obsahuje kolem 1,5 % lipidů, přičemž tmavší mouky mají hodnotu vyšší, do 2 % [1, 16].

Vitaminů a minerálních látek je v těstovinách pomálu. Z vitaminů je to skupina B, zejména tiamin, riboflavin a niacin. Z minerálních látek převažuje hořčík, vápník, železo a fosfor [1].

## 1.2 Suroviny pro výrobu těstovin

Těstoviny se vyrábějí ze dvou hlavních surovin, semoliny a vody, popřípadě i dalších surovin [1].

### 1.2.1 Mouka a semolina

Jednou z hlavních surovin pro výrobu těstovin je mouka, semolina, nebo jejich kombinace v určitém poměru. Mouka a semolina se vyrábějí z pšenice. V některých zemích se používají i jiné plodiny na jejich výrobu, ať už z hlediska výroby bezpečných těstovin nebo z důvodu

špatných pěstebních podmínek. Problém akorát nastává při výrobě těstovin u mouk s nedostatkem lepku. Řešením se nabízí kombinace mísení předželatinového škrobu či kukuřičné mouky před přidáním vody a mícháním, nebo jako další alternativa se nabízí želatinování části škrobu při míchání či extrudování [1, 12].

Důležité je vědět, že vlastnosti mouky ovlivňují senzorycké vlastnosti finálního produktu. Mezi nejdůležitější parametry, sledované a potřebné pro správnou technologii, jsou rovnoměrná zrnitost mouky, očkovitost a obsah bílkovin. Pokud by nebyla splněna rovnoměrná zrnitost mouky, docházelo by u menších částí k rychlejší absorpci vody a docházelo by ke vzniku bílých moučných míst, což je bráno jako vada výrobku. Aby nevznikala tmavá částice (očka) na těstovinách, musí se kontrolovat obsah minerálních příměsí a tmavě zbarvených částic. Obsah bílkovin se musí sledovat kvůli lepku, který podmiňuje teplotu vody, přidávanou do procesu [1, 2, 13, 14].

#### **1.2.1.1 Semolina**

Semolinová mouka je krupice z pšenice tvrdé (*Triticum durum*), pěstovaná převážně ve vnitrozemských oblastech, kde má ty nejideálnější podmínky pro svůj růst. V České republice se ji nedaří pěstovat, a proto se k nám musí dovážet. Semolina obsahuje karotenoidní barviva, dodávající charakteristickou barvu těstovin, sklovitý vzhled, způsobený škrobovými zrny, která jsou částečně nabobtnána. Dále se semolina může pyšnit vysokým obsahem bílkovin, a tedy i lepku, tvořeným z frakcí prolaminů a glutelinů. Lepek zajišťuje pevnost a nerozvářivý charakter a soudržnost jak těsta, tak i finálního výrobku [1, 12, 13].

#### **1.2.1.2 Pšeničná mouka**

V České republice převládá výroba z polohrubé mouky pšenice obecné (*Triticum aestivum*), která nemá jantarovou barvu jako semolina, a proto se k pšeničným těstovinám obvykle přidává vejce. Nevýhodou pšeničných těstovin je její nižší odolnost vůči rozvaření oproti semolinovým [2, 13].

### **1.2.2 Voda**

Voda se pro potravinářské účely používá pitná a musí splňovat vyhlášku č. 83/2014 Sb., v platném znění, která dbá na průzračnost, čistotu a mikrobiální bezpečnost. Pro výrobu těstovin se nedoporučuje vyšší tvrdost vody a vyšší obsah sodíku, hořčíku a vápníku. Tyto ionty negativně ovlivňují chuť a barvu těstovin. Množství vody přidané do těsta vychází

z celkového obsahu mouky a činí cca 25 %. Toto množství vody je o něco nižší, než je vaznost mouky. Výsledná vlhkost těsta se pohybuje kolem 30 % [2, 13].

Při klasické výrobě těsta je voda při teplotě 36–45 °C přiváděna k mouce. Taková výroba je označována jako výroba studeného těsta. Může se využít i teplota vyšší (45–65 °C) pro teplý systém výroby s použitím vysoké teploty sušení, anebo teplota 75–80 °C pro velmi teplé zpracování, ale důležité je, aby se mělo na paměti, že ne všechny přidávané komponenty vydrží takovou teplotu. Jako příklad se může uvést vejce, u něhož nesmí teplota překročit 50 °C, z důvodu koagulace albuminu, nebo kyselina L-askorbová viz níže. Teplota je důležitá i pro lepek, kdy v teplém systému výrazně dochází ke zrychlení přípravy těsta, díky rychlé hydrataci [11].

### 1.2.3 Vejce

Vejce se do těstovin přidává z různých důvodů, nejčastěji se jedná o zvýraznění barvy a o zvýšení nutriční hodnoty. Při vaření se vlivem vajec zvětšuje objem a pevnost těstovin. Nejčastěji se vejce přidávají v sušeném stavu, v množství 2–5 vajec na 1 kg mouky (1 vejce = 10,4 g), protože čerstvá vejce představují hygienické riziko. Vejce se dají použít i průmyslově zpracovaná čerstvá v tekutém nebo zmrazeném stavu. Nevýhodou přidání vajec může být průsvitnost, křehkost a lámavost těstovin, které se projeví po jejich usušení [2, 13].

### 1.2.4 Další suroviny

Mezi další suroviny můžeme zařadit různé druhy mouk (kukuřičná, ječná, ovesná, amarantová aj.), netvořící hlavní složku. Ve výrobku jsou sice obsaženy, ale jsou v kombinaci s jinou převládající moukou a funkci tvoří převážně doplňkovou (např. zvýšení obsahu vlákniny) [13].

Zajímavou látkou je kyselina L-askorbová, využívaná pro zlepšení barvy těstovin. Přidává se do vody, kde se sama oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovou a její redukční vlastnosti inhibují destrukci přirozeně se vyskytujících pigmentů, a tedy dochází k utlumení aktivity lipoxygenázy. Důležitým bodem je teplota vody, jež nesmí překročit 55 °C, jinak by došlo k degradaci aditiva [12].

Další suroviny, přidávané do těstovin jsou sušené mléko, vitaminy (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>), barviva (kurkuma, karotenoidy), mletá sušená zelenina a další suroviny, které mají zlepšit vlastnosti finálního výrobku [1, 2, 13].



### 1.3 Technologie výroby těstovin

Pro většinu těstovin se v dnešní době využívá kontinuální proces, kde hlavní technologickou operací je extruze. Ta je založena na vytvoření těsta za vakua a pomocí šnekového systému je těsto tlačeno přes speciální matici, udávající finální tvar výrobku a nožem je následně nasekána požadovaná délka těstovin. Poté se těstoviny už jen suší a balí.

Dále se využívá tradiční postup přípravy těstovin, který spočívá ve vytvoření těsta z vody a krupice v takovém poměru, aby vlhkost těsta byla kolem 30 %. Vyhnětené těsto je tlačeno hydraulickým lisem do tenkých plátů. Tyto pláty jsou těsně před sušením ještě nakrájeny na požadovaný tvar a délku. Takto připravené těstoviny se suší na teplotu nepřesahující 49 °C, tak aby bylo zabráněno uvaření výrobku a nedocházelo k denaturaci bílkovin.

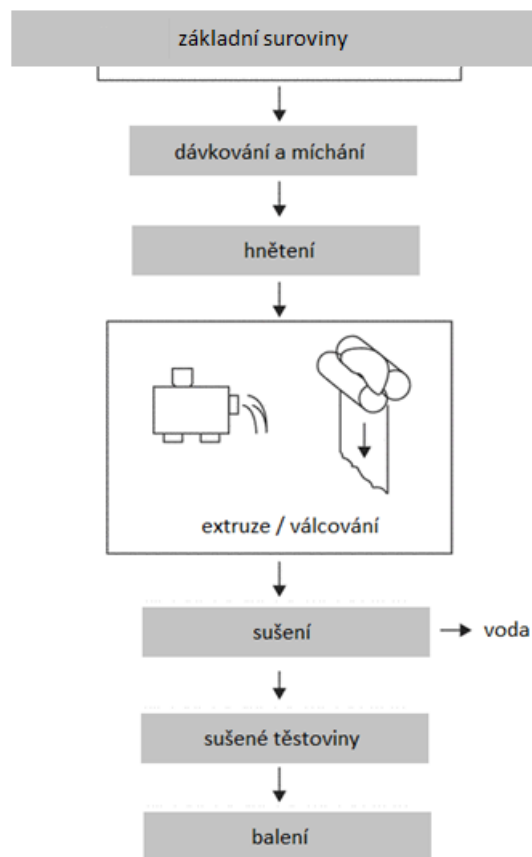
Pro srovnání, tradiční technologií se vyrobí těstoviny s pružnou a elastickou texturou. Výhodou extruze je pevnější textura výrobku, širší sortiment tvarů a druhů, menší časová náročnost a nižší náročnost na sušení, protože z extrudéru vycházejí těstoviny s nižší vlhkostí. Nevýhodou extruze je málo žádaná barva těstovin s chybějící laminární strukturou. Technologický postup je znázorněn na Obrázku 1 [2, 11, 13, 15].

#### 1.3.1 Výroba těstovin extruzí

Dnešní moderní technologie výroby těstovin je zmodernizována natolik, že lidská ruka nezasahuje do žádné technologické operace, vše je řízeno počítačem [2]. Technologické schéma zahrnuje několik operací, bez kterých by těstoviny nešly vyrobit. Těmi jsou dávkování, míchání, hnětení, samotná extruze, sušení a nakonec balení [17].

##### 1.3.1.1 Dávkování surovin

V první řadě se musí smísit sypká část, tedy mouka a případná vejce a další suroviny. Mouka je uložena v zásobnících a dopravována pomocí pneumatických dopravníků. Vejce jsou z hygienických důvodů sušená ve formě premixu, a také jsou uložena v zásobníku a do výroby se dávkuje pomocí dávkovacích vah. Suroviny jsou kontinuálně vsypávány tak, aby byla zajištěna jejich homogenita. Nutno podotknout, že dávkování probíhá už do zařízení, které se nazývá extrudér [1, 11].



Obrázek 1. Technologické schéma výroby těstovin [17]

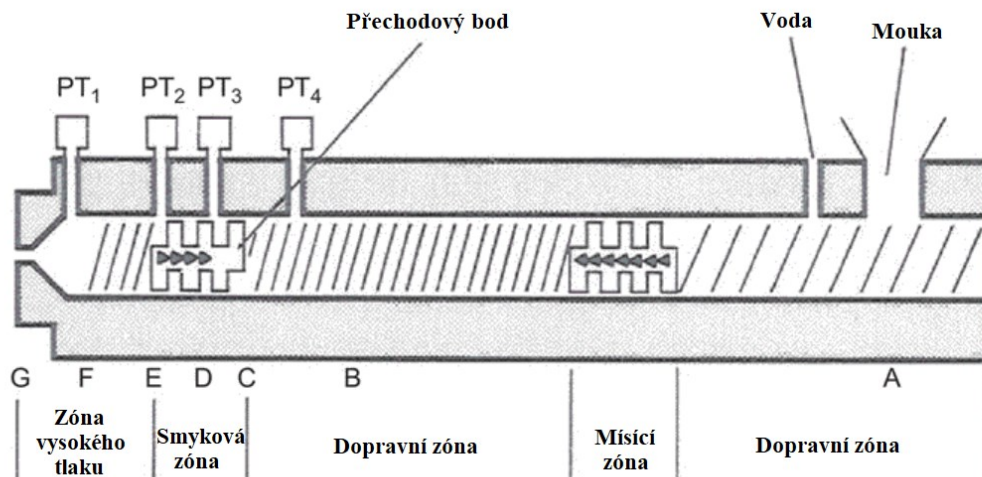
### 1.3.1.2 Výroba těsta

Dalším krokem pro vytvoření těsta je přidání vody. Množství vody závisí na typu mouky. Pokud máme klasickou pšeničnou mouku, tak obsah vody je 28–32 %, což není ani polovina obvyklé vaznosti mouky. Pro semolinu je množství vody o 1–1,5 % vyšší. Sypké suroviny s vodou jsou smíchány v těstářenském lisu pod tlakem, kdy se využívá vakua (74–77 kPa). Vakuum se používá pro zabránění přístupu kyslíku do technologického procesu a zlepšuje dávkování surovin. Pokud by byl kyslík přítomen při hnětení, došlo by k jeho zapracování do těsta a k oxidaci karotenových barviv, a tím by vznikla nežádoucí barva těstovin označovaná jako pruhovitost. Výsledné těsto je tuhé s nesourodou konzistencí. Po mísení následuje hnětení, kdy těsto klade značný odpor a dochází tak ke tření a zvyšování teploty, a proto celý proces musí být chlazen, aby teplota těsta nepřesáhla 43–45 °C. Tato teplota je optimální a při ní dochází ke změnám fyzikálně-mechanických vlastností. Teplota těsta je důležitá z několika hledisek. Kdyby teplota těsta byla nižší, těsto by se drolilo a zůstávalo by na stěnách extrudéru. V opačném případě by došlo ke křehkosti, šednutí barvy, zdrsnění

povrchu, ke snadnější rozvářivosti těstovin a ke snížení výkonu lisu. Správným hnětením dochází ke změně fyzikálně-mechanických vlastností těsta [1, 2, 11, 13].

### 1.3.1.3 Extruze

Extruze je vysokoteplotní, krátkodobá operace, při které je uhnětené těsto sunuto pomocí šroubovice až ke konci extrudéru, kde je výtlačná matrice, ve které jsou otvory a přes ně je těsto tlačeno. Teplota vytlačování by neměla přesáhnout 54 °C, aby nedocházelo k uvaření produktu. Na konci matrice je umístěn sekací nůž, a ten seká vytlačené tvary těstovin na požadovanou délku. Jedná se o nízkotlakou extruzi prováděnou do 12 MPa. Krátké tvary těstovin jsou nasekány a přívodem teplého vzduchu o teplotě 50 °C ofukovány. Tím se sníží povrchová vlhkost o 1–2 % a těstoviny se nelepí. Stejným principem se ofukují i dlouhé tvary těstovin, které jsou odřezány noži a dány na závěsné tyče. Schéma extrudéru je na Obrázku 2 [1, 11].



Obrázek 2. Schéma extrudéru, kde P značí tlakový senzor, T teplotní senzor, A–G jednotlivé zóny v extrudéru [11]

### 1.3.1.4 Sušení

Sušení je technologická operace snižující vlhkost vyrobených těstovin na požadovanou hodnotu udávanou vyhláškou č. 18/2020 Sb. Pro sušené těstoviny je stanovena hodnota vlhkosti nepřesahující 13 hmotnostních procent. Pro nesusušené těstoviny, které se jen mírně osušují, je limita vlhkosti nejméně 20 hmotnostních procent a pro čerstvé je hodnota vyšší, nejméně 24 hmotnostních procent [1, 4].

Jedná se o třístupňový proces sušení, zahrnující předsušení, pocení a sušení. Sušení probíhá v plně automatizovaných sušičkách, kde je korigována teplota a relativní vlhkost vzduchu.

Krom těchto dvou veličin je také důležitá doba sušení. Při pomalém sušení mohou nastat nežádoucí efekty, jako rozvoj plísní, změna barvy, nebo změna kyselosti. Naopak při rychlém sušení těstoviny popraskávají, vlivem rychlého odparu vody [1, 2, 11].

V prvním stupni sušení, tzv. předsušení, je proudící vzduch o teplotě 55–90 °C po dobu 1 hodiny cirkulován těstovinami. Tím dojde ke snížení vlhkosti těstovin na 17–18 hmotnostních procent.

Ve druhém stupni sušení, tzv. pocení, jsou těstoviny nechány odpočívat. Vlivem odpočinku se docílí rovnováhy mezi vlhkostmi uvnitř jádra a jeho povrchu těstovin.

Třetí stupeň nazvaný sušení probíhá při teplotách vzduchu 45–70 °C po dobu 6 – 28 hodin, tedy až na požadovanou vlhkost výrobku [11, 13].

Pro zkrácení doby sušení, ale zachování standardní kvality těstovin se využívá třech speciálních režimů, LT nízkoteplotní, HT vysokoteplotní, THT velmi vysokoteplotní (viz Tabulka 2) [1, 13].

Tabulka 2. Moderní režimy sušení [1, 13]

Typ režimu	Teplota při sušení (°C)	Relativní vlhkost (%)	Doba sušení (h)
LT	40–60	70–80	18–28
HT	60–84	74–82	8–11
THT	> 84	74–90	2–5

Při sušícím režimu THT nedochází k rozkladu žlutých pigmentů, kvůli vysoké teplotě, při které dochází k inaktivaci lipoxygenáz a peroxidáz, zvyšuje se barevnost těstovin. V Tabulce 3 jsou zaznamenány vlivy teploty na aktivitu enzymů [13].

Tabulka 3. Vliv teploty na aktivitu enzymů v těstářenské mouce [13]

Teplota (°C)	Aktivace	Inaktivace	Účinek
50–60	Oxidázy, hydrolázy	-	Oxidace karotenů
61–70	Alfa-amylázy, lipoxygenázy	Beta-amylázy	Odbarvování pigmentů
71–80	Alfa-amylázy, lipoxygenázy, peroxidázy	Fenolázy	Odbarvování pigmentů
81–90	-	Oxidázy, lipoxygenázy, peroxidázy	15% zvýšení barevnosti

### 1.3.1.5 Balení a skladování

Sušené těstoviny jsou nejčastěji baleny do plastových fólií, přičemž všechny obaly musejí obsahovat v názvu výrobku druh, skupinu a podskupinu (viz Tabulka 1). Obal nesmí zkruslovat barvu výrobku, tak aby nedocházelo ke klamání zákazníka. Nesušené těstoviny se balí vakuově, nebo se využívá ochranné atmosféry. Těstoviny takto zabalené podléhají vyhlášce č. 18/2020 Sb. o povinném údaji o době spotřeby po otevření obalu. Sušené těstoviny jsou skladovány v zásobnících, a až následně jsou baleny. Skladovat se dají 1–2 roky v čistých, suchých a vzdušných prostorech, splňující požadavky na teplotu 8–15 °C a relativní vlhkost 60–65 % [4, 13].

## 2 ZMĚNY PROBÍHAJÍCÍ U DLOUHODOBĚ SKLADOVANÝCH TĚSTOVIN

Sušené těstoviny vlivem své nízké vlhkosti (max. 13 %) jsou zařazeny mezi potraviny s dlouhou dobou trvanlivosti, minimální trvanlivost je 2 roky. Tato údržnost těstovin je zajištěna teplotou nad 60 °C při sušení. Při skladování potravin může docházet k různým chemickým a fyzikálním změnám. Jednou z nejrozšířenějších a nejvýznamnější reakcí, probíhající jak při zpracování potravin, tak i v průběhu skladování je Maillardova reakce. Další neméně známá reakce je oxidativní dekarboxylace aminokyselin, tzv. Streckerova degradace aminokyselin, oxidační reakce či hydrolyza. Tyto reakce způsobují nežádoucí změny jakosti potravin, převážně žluknutí tuků, migrace vlhkosti, tvorba pachutí, změna barvy, textury aj [1, 2, 11, 16, 17].

Pro tyto reakce jsou důležité některé faktory, rozdělující se na vnitřní a vnější. Do vnějších faktorů jsou začleněny veličiny, ovlivňující potravinu z vnějšího prostředí, tedy teplota, relativní vlhkost, světlo a složení plynné atmosféry uvnitř balené potraviny. Vnitřní faktory jsou veličiny, týkající se samotné potraviny, tedy včetně vlhkosti, vodní aktivity, pH, celkové kyselosti, dostupnosti kyslíku, různých přísad či konzervačních látek [17].

Jeden z hlavních vnějších faktorů, ovlivňující trvanlivost potravin je teplota. Na obale těstovin je uvedena informace pouze o skladování v suchu. Často se těstoviny skladují při pokojové teplotě. V mé bakalářské práci byly těstoviny, konkrétně špagety podrobeny teplotní zátěžové zkoušce při 4 teplotách (-18, 5, 23 a 40 °C) po dobu šesti měsíců. Po určitých časových intervalech byly stanovovány určité parametry, určující změnu v jakosti těstovin. Při experimentu se hlavní kritéria hodnot zaměřovaly na pH, sušinu, tiobarbiturové číslo, obsah amoniaku, na senzorickou a texturní analýzu. Má diplomová práce navazuje na bakalářskou práci a pokračuje v založeném skladovacím pokusu po dobu dvou let, tedy do data minimální trvanlivosti těstovin s doplněním o absorpci vody při vaření těstovin. Z výsledků půlročního experimentu zmíněné v mé bakalářské práci je patrné, že hodnota pH u všech druhů těstovin klesá s časem, tedy dá se předpokládat i nadále jeho pokles s přibývajícím časovým intervalem. Migrace vlhkosti, konkrétně zvýšení vlhkosti byla pozorována u těstovin skladovaných při mrazničkových a ledničkových teplotách, a tedy podobný nárůst bude očekáván v pokračujících skladovacích pokusech. Také se dá předpokládat zvyšující se množství amoniaku a tiobarbiturového čísla vlivem degradace

bílkovin a přibývajících sekundárních produktů oxidace lipidů. Dále se dá očekávat senzorické a texturní změny během delší skladovací doby [17, 18].

## 2.1 Maillardova reakce

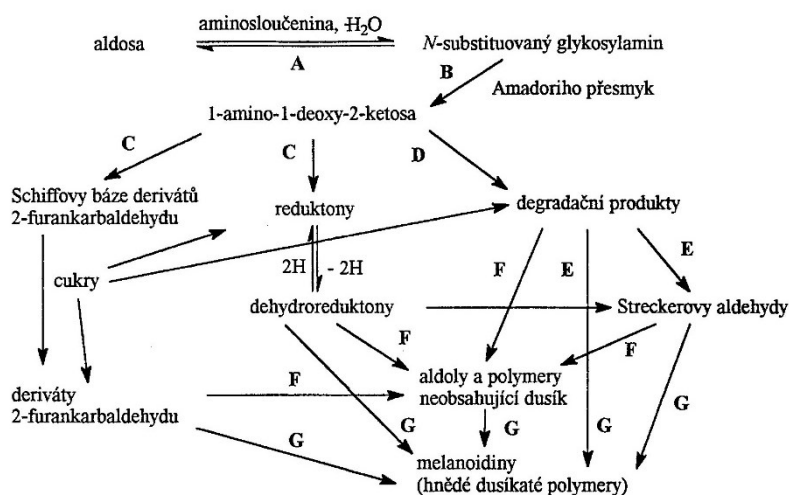
Maillardova reakce je soubor chemických reakcí, konkrétně redukujících sacharidů s aminosloučeninami. Touto reakcí vznikají karbonylové sloučeniny, které mohou dále reagovat s aminosloučeninami, anebo s další molekulou karbonylových sloučenin, tedy reakcemi mezi sebou.

Důležitým produktem Maillardových reakcí je vznik melanoidinů (hnědých pigmentů), které jsou v některých potravinářských odvětvích vysloveně žádány, například vznik karamelu, barva chlebové kůrky atd. Charakteristické hnědé zbarvení dalo reakcím též název neenzymatické hnědnutí.

I přes veškeré studie nejsou některé meziprodukty reakce plně charakterizovány, z důvodu nestálosti sloučeniny, komplikované izolaci a identifikaci. Mezi důležité faktory, mající vliv na reakci, jsou teplota, doba reakce, pH prostředí, aktivita vody, druh a dostupnost reaktantů. Tyto jednotlivé faktory se vzájemně ovlivňují a doprovázejí, a tudíž jsou na sobě závislé.

Na Maillardových reakcích se společně s redukujícími sacharidy podílí i bílkoviny a volné aminokyseliny. Reakce probíhá přes  $\epsilon$ -aminoskupiny lysinu. V menším zastoupení se reakce účastní i  $\alpha$ -aminoskupiny N-koncových aminokyselin a další funkční skupiny aminokyselin.

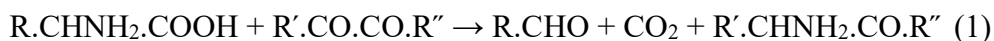
Maillardovy reakce se rozdělují do tří fází reakce (viz Obrázek 3). V první počáteční fázi dochází ke tvorbě glykosylaminu a k Amadoriho přesmyku. Ve druhé fázi dojde k dehydrataci a fragmentaci sacharidů a k následné Streckerově degradaci aminokyselin. V poslední, třetí fázi, nastává přeměna meziproduktů až na heterocyklické sloučeniny (vonné a chuťové látky) a vysokomolekulární pigmenty melanoidiny (hnědé zbarvení) [16, 22, 23, 24].



Obrázek 3. Schéma Maillardovy reakce (A,B – vznik glykosylaminu a Amadoriho přesmyku, C, D, E – dehydratace a fragmentace sacharidů a Streckerova degradace aminokyselin, F, G – přeměna meziproduktů) [16]

## 2.2 Streckerova degradace aminokyselin

Tato reakce je založena na oxidaci  $\alpha$ -aminokyselin, kdy dojde působením oxidačních činidel ke vzniku karbonylové sloučeniny (aldehydu), která je o jeden atom uhlíku kratší než oxidovaná (původní) aminokyselina. Dalším vznikajícím produktem je amoniak a oxid uhličitý [16, 22].



Reakce probíhá při skladování, a také při termickém zpracování potravin. Při těchto dějích se vytvářejí tzv. Streckerovy aldehydy, viz rovnice (1). Ty slouží jako vonné látky, popřípadě jejich dalšími reakcemi vznikají vonné a chuťové látky. Bohužel jednou negativní vlastností Streckerovy degradace je ztráta některých esenciálních aminokyselin jako jsou valin, leucin, izoleucin, treonin aj. [16]

## 2.3 Hydrolýza

Při skladování může dojít ke spontánní hydrolýze proteinů vlivem proteolytických enzymů. Tyto proteolytické enzymy jsou přítomny ve všech potravinách a v některých případech je hydrolýza žádanou reakcí, například při zrání těsta či výrobě sladu [16].

## 2.4 Oxidační reakce

Mezi nejčastější oxidační reakce při skladování potravin řadíme autooxidaci. Autooxidace je reakce, řízená radikálovým mechanismem, složena ze 3 částí, iniciace, propagace a



terminace. Důležitým aspektem při této reakci je teplota. Při běžných hodnotách teploty probíhá oxidace nenasyčených mastných kyselin, přičemž při vyšších teplotách dochází k oxidaci i nasycených mastných kyselin. Při vyšších teplotách se jedná o operace jako jsou pečení, smažení a pražení [16, 24].

Oxidace lipidů je složitý sled reakcí, které nejsou zcela objasněny a z tohoto důvodu se uvádí jednodušší forma radikálové řetězové reakce [24].

Při prvním stupni autooxidační reakce (iniciace) dochází k homolytickému štěpení kovalentní vazby mastné kyseliny za vzniku volného vodíkového radikálu a volného radikálu mastné kyseliny. Pro rozštěpení vazby je za potřebí energie. Ta se může získat tepelným záhřevem, UV zářením a jiným způsobem. Obecná rovnice iniciační reakce je viz níže (2) [16, 24].



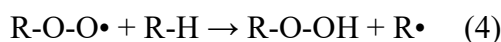
lipid      volný radikál lipidu

Při druhém stupni autooxidační reakce (propagace) se velice reaktivní volný radikál mastné kyseliny naváže na molekulu kyslíku, a vytvoří s ním peroxylový (též peroxidový) radikál. Peroxidový radikál způsobí svou reaktivitou opětovné štěpení vodíkového radikálu z další molekuly mastné kyseliny za vzniku hydroperoxidu a dalšího radikálu mastné kyseliny. Tato propagační reakce je znázorněna pod textem (3) a (4). Iniciační a propagační reakce nemusí probíhat při autooxidaci jen jedenkrát, mohou se opakovat [16, 24].

tvorba peroxylového radikálu

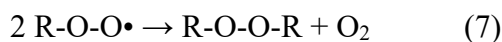
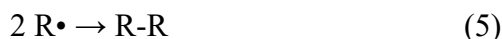


Tvorba hydroperoxidu



Meziprodukty jako jsou hydroperoxydy mastných kyselin a jejich radikály reagují třemi způsoby. První způsob je reakce, kde nedochází ke snížení počtu uhlíků v molekule. Druhý způsob je reakce, kde dochází vlivem štěpení ke vzniku produktů s nižším počtem uhlíků v molekule, než byla původní molekula. Třetím způsobem je polymerace, kdy dochází ke vzniku polymerů a počet uhlíků se tím pádem zvyšuje. [16]

Třetím stupněm autooxidace je terminace, ve kterém dochází k reakcím mezi vzniklými radikály za vzniku celkem stabilního produktu (viz rovnice (5, 6, 7)) [16, 24].



Další nedílnou součástí autooxidace jsou její vznikající sekundární produkty. Tím, že primární produkty oxidace jsou nestabilní, a tedy rozkladem mastných kyselin hydroperoxydy snadno dochází ke vzniku sekundárních oxidačních produktů. Mezi sekundární produkty vznikajících při reakcích jsou řazeny aldehydy, ketony, alkoholy, uhlovodíky, těkavé organické kyseliny a epoxidové sloučeniny.

Stanovení sekundárních oxidačních produktů je složité v množství vznikajících produktů a obtížné měřitelnosti všech produktů najednou. Z tohoto důvodu se stanovení zaměřuje na jeden konkrétní produkt, nebo třídu sloučenin. Nevýhodou může být interakce některých přítomných látek (bílkoviny v potravinách) s těmito sekundárními produkty, a tedy ke špatné měřitelnosti [25, 26].

Jednou z minoritních složek při odbourávání mastných kyselin je malonaldehyd. Ten je nazýván jako indikátor procesu oxidace lipidů a lze stanovit pomocí tiobarbiturového čísla. Jedná se o jednu z nejrozšířenějších metod používanou k detekci oxidačních produktů u potravin obsahujících tuk [25].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo pokračování v založeném skladovacím pokusu s těstovinami a pozorování změn jakosti v tříměsíčních časových intervalech. Jednotlivé dílčí cíle této práce byly následující:

- Pokračovat v založeném skladovacím experimentu s pěti druhy sušených těstovin (semolinové vaječné / bezvaječné, z těstářenské pšenice vaječné / bezvaječné, bezlepkové kukuřičné) při čtyřech rozdílných teplotách (-18 °C, 5 °C, 23 °C a 40 °C)
- Provést chemickou, senzoričnou a texturní analýzu v tříměsíčních časových intervalech (v rozmezí 9–24 měsíců)
- Na základě získaných výsledků zhodnotit vliv teploty a délky skladování na vybrané jakostní parametry těstovin

## 4 METODIKA

### 4.1 Chemikálie

Uhličitan draselný (MERCK, Německo), kyselina sírová (Lach:ner, Česká republika), hydroxid sodný (Aldrich, Německo), Conwayův indikátor (Petr Lukeš, Uherský Brod), kyselina trihydrogenboritá (Lach:ner, Česká republika), kyselina chloristá (MERCK, Německo), ethanolový roztok butylhydroxytoluen (BHT) (Aldrich, Německo), kyselina tiobarbiturová (SIGMA-ALDRICH, Německo), vazelína, destilovaná voda (Aqua max basic, Česká republika)

### 4.2 Pomůcky

Conwaovy nádoby, skleněná destička, pipeta, třecí miska, kádinky, zkumavky, hliníkové misky, plastové zkumavky, kapátko, varné kuličky, stříkačkové filtry, stříkačka, kyveta, běžné laboratorní vybavení

### 4.3 Přístroje

Analytické váhy (Selva-váhy s.r.o., GR-200, Česká republika), sušárna (Venticell 55 Standard, Česká republika), spektrofotometr UV mini 1240 (Shimadzu Europa GmbH, Německo), vařič, mraznička, lednička, termostat, mixér, texturometr TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., UK), třepačka (Heidolph, Promax 21, Verkon, Česká republika), centrifuga EBA 21 (Hettich, USA), pH metr Spear Eutech (EUTECH INSTRUMENTS, Nizozemí)

### 4.4 Vzorky

V diplomové práci bylo použito 5 druhů špaget, konkrétně bezvaječné semolinové, vaječné semolinové, bezvaječné (z těstářenské pšenice), vaječné (z těstářenské pšenice) a kukuřičné (bezlepkové). Všechny vzorky těstovin byly sušené. Vzorky byly zakoupeny v měsíci červenec roku 2019 a byl s nimi založen skladovací experiment (dále viz kapitola 6.5). Nutriční složení použitých vzorků je uvedeno v Tabulce 4.

- Vzorek A – Bezvaječné semolinové těstoviny sušené z tvrdé pšenice, vyrobeno v Itálii, prodávající: Kaufland, složení: krupice z tvrdé pšenice (výrobek může obsahovat vejce, sóju)

- Vzorek B – Spaghetti, těstoviny vaječné, sušené, vyrobeno v Německu, prodávající: Kaufland, složení: krupice z tvrdé pšenice, vejce (20 %) – s vejci nosnic v halách (může obsahovat stopy sóji)
- Vzorek C – Špagety Noe, bezvaječné těstoviny, sušené, výrobce: JPAVO, spol. s.r.o., Česká republika, složení: pšeničná mouka, pitná voda (může obsahovat stopy vajec)
- Vzorek D – Zátkovy těstoviny vaječné sušené, výrobce: Europasta SE, Česká republika, složení: pšeničná mouka, sušená vejce (2 %)
- Vzorek E – Těstoviny z kukuřičné mouky, bezlepkové, výrobce: POL-FOODS Sp. z o.o., Polsko, složení: kukuřičná mouka, voda

Tabulka 4. Nutriční složení vzorků špaget (na 100 g)

Vzorky	A	B	C	D	E
Energetická hodnota	1525 kJ 360 kcal	1558 kJ 368 kcal	1536 kJ 362 kcal	1540 kJ 364 kcal	1520 kJ 356 kcal
Tuky					
- z toho nasycené mastné kyseliny	1,5 g 0,3 g	3,3 g 1,1 g	1,1 g 0,4 g	2,3 g 0,6 g	2,3 g 0,3 g
Sacharidy	73 g	68 g	76 g	72 g	76 g
- z toho cukry	3,2 g	3,0 g	4,5 g	2,6 g	0,6 g
Vláknina	3,0 g	3,1 g	3,3 g	-	2,8 g
Bílkoviny	12 g	15 g	11 g	11,9 g	7,1 g
Sůl	<0,01 g	0,07 g	0,02 g	0,06 g	0,01 g

## 4.5 Charakteristika experimentu

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, skladovací experiment byl založen v rámci mé bakalářské práce, ve které jsou obsaženy analýzy v prvních 6 měsících skladování. Po zakoupení všech vzorků těstovin stejné šarže v běžné tržní síti byly těstoviny skladovány při teplotě  $-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  (mraznička),  $5 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  (lednice),  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  (klimatizovaný sklad) a  $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  (termostat). Vzorky byly skladovány bez přístupu světla a teplota ve všech skladovacích prostorech byla kontinuálně kontrolována teploměrem. V tříměsíčních časových intervalech (od 9. do 24. měsíce skladování) byla provedena senzorická, chemická a texturní analýza. Pro účely senzorického hodnocení a texturní analýzy bylo 100 g těstovin uvařeno dle návodu, byla zjištěna absorpce vody, část vzorků byla senzoricky ohodnocena a druhá část byla podrobena texturní analýze. Pro chemickou analýzu byly těstoviny v syrovém stavu rozmixovány a byla u nich stanovena sušina, pH, obsah amoniaku a tiobarbiturové číslo. V tabulce 5 je schematicky znázorněn skladovací experiment, ze kterého je patrné, které vzorky byly v kterých časových intervalech analyzovány. Při mrazírenském skladování nebyly očekávány výrazné změny a vzorky proto byly analyzovány jen po 12 a 24 měsících. Vzorky skladované při ostatních teplotách byly analyzovány v pravidelných 3měsíčních intervalech.

## 4.6 Příprava vzorků

Pro účely chemické analýzy byly vzorky neuvařených špaget o hmotnosti 100 g rozmixovány ve výkonném mixéru a okamžitě analyzovány. Mixování nesmělo trvat delší dobu, protože by se vzorek zahříval a docházelo by k ovlivnění výsledků.

Kvůli zjištění absorpce vody a pro senzorickou a texturní analýzu bylo uvařeno 100 g těstovin v 1 l pitné vody s 5 g kuchyňské soli po dobu uvedenou výrobcem na obale tak, aby byly těstoviny uvařeny „na skus“ (tedy konkrétně vzorek A 8 minut, vzorek B 8 minut, vzorek C 7 minut, vzorek D 8 minut a vzorek E 8 minut).

Tabulka 5. Schéma skladovacího experimentu

Měsíc	Teplota			
	-18 °C	5 °C	23 °C	40 °C
0*	x	x	x	x
1*				x
3*		x	x	x
6*	x	x	x	x
9		x	x	x
12	x	x	x	x
15		x	x	x
18		x	x	x
21		x	x	x
24	x	x	x	x

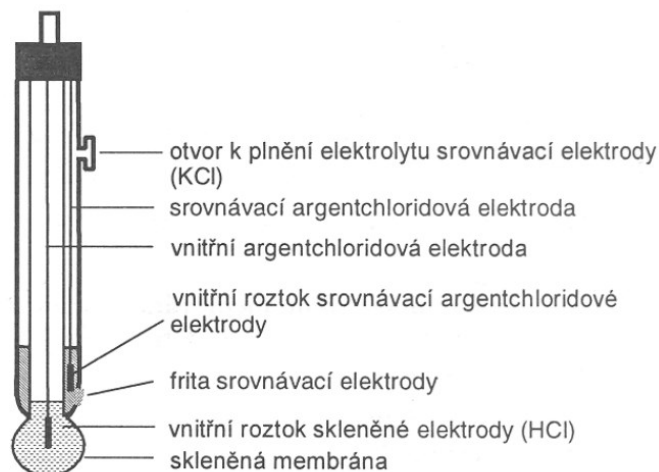
Poznámka: \* prvních 6 měsíců skladování bylo součástí méj bakalářské práce

## 4.7 Chemická analýza

### 4.7.1 Stanovení pH

pH je definované jako záporný dekadický logaritmus koncentrace  $\text{H}_3\text{O}^+$  iontů. Měří se pomocí pH metru, jež je nejčastěji tvořen kombinovanou skleněnou elektrodou, které patří mezi nejrozšířenější iontově selektivní elektrody (viz Obrázek 8). Tato kombinovaná skleněná elektroda se skládá z měrné a referenční elektrody. Měrná elektroda je umístěna v pufru uvnitř skleněné selektivně propustné membrány, přičemž srovnávací elektroda je umístěna v roztoku KCl a AgCl. Měření pH závisí na iontově výměnné reakci na povrchu membrán, tedy na měření potenciálu, vznikajícího právě na této membráně, která je závislá na koncentraci  $\text{H}_3\text{O}^+$  iontů v měřeném roztoku [28, 29].





Obrázek 4. Schéma kombinované skleněné iontově selektivní elektrody [27]

Pro stanovení pH bylo naváženo 5 g rozmixovaného a zhomogenizovaného vzorku špaget. Do tohoto množství bylo přidáno 25 ml destilované vody a směs byla důkladně homogenizována po dobu 2 minut v třecí misce a následně byla odstředěna na odstředivce (15 minut při 6000 otáčkách za minutu). Po odstředění bylo v supernatantu změřeno pH pomocí pH metru, a takto připravený supernatant byl použit i pro stanovení obsahu amoniaku Conwayovou metodou. Hodnota pH byla změřena 3x.

#### 4.7.2 Stanovení sušiny

Sušina je definovaná jako pevná část vzorku zbylá po odstranění vody. Lze ji stanovit přímou nebo nepřímou metodou. Nejčastěji převládají nepřímé metody, odstraňující ze vzorku vodu a část těkavých látek sušením v sušárnách, ve vakuu, nebo pomocí infračerveného záření. Název nepřímá metoda znamená, že se nejedná o přímé stanovení sušiny, ale o stanovení obsahu (úbytek) vody po sušení. Sušina je z obsahu vody dopočítána následně. [29, 31]

5 g zhomogenizovaného rozmixovaného vzorku bylo naváženo do předsušených hliníkových misek. Misky se vzorky byly dány do sušárny a byly sušeny při teplotě 105 °C po dobu 5 hodin do konstantního úbytku hmotnosti. Každý vzorek byl analyzován 3x. Pro výpočet byl použit vzorec viz níže (10).

$$m_{\text{sušiny}} = \frac{m_3 - m_1}{m_n} \cdot 100 [\%] \quad (10)$$

kde:

$m_{\text{sušiny}}$  – obsah sušiny [%]

$m_1$  – hmotnost prázdné misky [g]

$m_3$  – hmotnost misky s vysušeným vzorkem [g]

$m_n$  – navážka vzorku [g]

#### 4.7.3 Stanovení amoniaku Conwayovou metodou

Obsah amoniaku lze určit pomocí Conwayovy metody. Jeho stanovení spočívá ve vytěsnění amoniaku ze vzorku reakcí s nasyceným roztokem  $K_2CO_3$  a k navázání na kyselinu  $H_3BO_3$  za vzniku  $(NH_4)_3BO_3$ . Amoniak je následně stanoven titrací kyselinou sírovou na Conwayův indikátor. Reakce přechází ze zeleného zbarvení do růžového [29, 31, 33].

Conwayovy nádoby byly pomazány vazelínou a do středu nádoby byl pipetován 1 ml 1%  $H_3BO_3$  a k němu byly přidány 2 kapky Conwayova indikátoru. Na jednu stranu vnějšího prostoru nádoby byl napipetován 1 ml nasyceného roztoku  $K_2CO_3$ . Na opačnou stranu byl napipetován 1 ml supernatantu, připraveného při stanovení pH. Conwayovy nádoby se přikryly destičkami a opatrně byly promíchány tak, aby došlo ke smíchání roztoku  $K_2CO_3$  se vzorkem. Vazelína utěšňuje nádobku, aby nedocházelo k úniku amoniaku po přiložení destičky. Takto byly Conwayovy nádoby ponechány 2 hodiny reagovat a následně byl vnitřní prostor nádoby titrován 0,005M  $H_2SO_4$  ze zeleného zbarvení do růžova. Ze spotřeby  $H_2SO_4$  byl následně vypočítán obsah amoniaku a všechny vzorky byly stanovovány 3x. Vzorec, podle kterého se provedl výpočet, je zapsán viz níže (8).

$$m_{NH_3} = \frac{V_{H_2SO_4} \cdot F \cdot 170}{0,25} \left[ \frac{mg}{kg} \right] \quad (8)$$

kde:

$m_{NH_3}$  – obsah amoniaku [mg/kg]

$V_{H_2SO_4}$  – spotřeba  $H_2SO_4$  při titraci [ml]

F – faktor  $H_2SO_4 \rightarrow F = \frac{C_{\text{skutečná}}}{C_{\text{vypočtená}}}$

#### 4.7.4 Stanovení tiobarbiturového čísla

Tiobarbiturové číslo se používá jako indikátor oxidace lipidů u výrobků obsahující polyneenasycené mastné kyseliny. Při oxidaci lipidů vznikají vedlejší produkty (2-alkenaly, 2,4-alkadienaly, malondialdehydy), reagující po smíchání a zahřátí s kyselinou tiobarbiturovou za vzniku barevných komplexů. Tyto barevné komplexy jsou měřeny na spektrofotometru při různých vlnových délkách. Při červeném zabarvení produktů se využívá vlnové délky 532 nm a při žlutém zabarvení je použita vlnová délka 450 nm. Mezi jeden z hlavních primárních a sekundárních produktů oxidace lipidů patří malondialdehyd, používaný pro výpočet tiobarbiturového čísla. Tiobarbiturové číslo se vyjadřuje v jednotkách absorbance pro danou vlnovou délku přepočítáno na 1mg vzorku [31, 32].

5 g rozmixovaného a zhomogenizovaného vzorku bylo naváženo do plastové zkumavky a bylo přidáno 15 ml 3,8% kyseliny chloristé a 0,5 ml 4,2% etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. U vzorku E (bezlepkové těstoviny) bylo přidáno dvojnásobné množství kyseliny chloristé, tedy namísto 15 ml se přidávalo 30 ml. Zkumavky byly uzavřeny a dány na 15 minut do třepačky. Po vytřepání byly vzorky odstředěny (5 minut při 6000 otáčkách za minutu) a z každé zkumavky bylo odpipetováno do dvou skleněných zkumavek po 4 ml supernatantu. Do první zkumavky se vzorkem bylo přidáno 4 ml 0,02M kyseliny tiobarbiturové a do druhé byla pipetována místo kyseliny destilovaná voda (slepý pokus 1). Zároveň byl připraven i slepý pokus 2 (5 ml destilované vody místo vzorku a dále byl postup stejný). Všechny zkumavky se vzorky byly 45 minut povařeny ve vodní lázni. Poté byly vzorky zchlazeny, přefiltrovány přes stříkačkový filtr a naředěny v poměru 1:3. Absorbance vzorků byla měřena pomocí spektrometru při vlnové délce 450 nm. Jako blank byla použita destilovaná voda. Každý vzorek byl navažován 2x a absorbance byla proměřena vždy 3x (n=6). Vzoreček výpočtu tiobarbiturového čísla je uveden viz níže (9).

$$T\check{C} = \frac{(A_{vz} - A_{sp1} - A_{sp2})}{m} \cdot 1000 \quad (9)$$

kde:

$T\check{C}$  – tiobarbiturové číslo [ $A_{450}/\text{mg}$ ]

$A_{vz}$  – absorbance vzorku

$A_{sp1}$  – absorbance slepého pokusu 1

$A_{sp2}$  – absorbance slepého pokusu 2

$m$  – navážka vzorku [g]

## 4.8 Senzorická analýza

Senzorická analýza je vědní obor, který se zabývá hodnocením organoleptických vlastností výrobku za použití lidských smyslů (zrak, čich, chuť, sluch a hmat). Jedná se o metodu rychlou, levnou s množstvím relevantních výsledků, a proto může být jednou ze součástí postupu kontroly jakosti a bezpečnosti potravin. [33]

Vzorky pro senzorické hodnocení byly připraveny dle postupu uvedeného v kapitole 6.6. Hodnocení probíhalo v senzorické laboratoři vybavené dle požadavků normy ČSN EN ISO 8589 [34]. Panel posuzovatelů se skládal z 12 hodnotitelů proškolených dle normy ČSN ISO 8586 (studenti a zaměstnanci Ústavu technologie potravin) [35]. Hodnotilo se podle sedmibodové hédonické ordinární stupnice (stupeň 1 – vynikající, 2 – výborný, 3 – velmi dobrý, 4 – dobrý, 5 – méně dobrý, 6 – nevyhovující, 7 – nepřijatelný). Hodnocenými organoleptickými znaky byly vzhled a barva, textura a chuť a vůně. Výsledky byly vyjádřeny jako mediány.

### 4.8.1 Absorpce vody těstovin

Absorpce vody u těstovin je schopnost vstřebávat vodu během rehydratace. Rehydratace se provádí při vaření těstovin a má zásadní vliv na nárůst objemu. Důležitou funkci při vaření má teplota, nabobtnávající granule škrobu, držené v proteinu a přetvářející tak strukturu těstovin. Jedná se o nevratný děj, přičemž objemový nárůst těstovin závisí na teplotě a času. [35]

Absorpce vody byla stanovena před senzorickým hodnocením a texturní analýzou (postup přípravy vzorku viz kapitola 6.6). Po uvaření těstovin byla slita voda a těstoviny byly zváženy. Z rozdílu hmotnosti po/před uvařením bylo vypočítáno, kolik vody dokážou těstoviny absorbovat. Pro výpočet byl použit vzorec pod textem (11).

$$AV = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (11)$$

Kde:

AV – absorpce vody [%]

$m_1$  – hmotnost těstovin před vaření [g]

$m_2$  – hmotnost těstovin po uvaření [g]

## 4.9 Texturní analýza

Těstoviny a většina potravinářských výrobků nemají jen jeden texturní parametr, ale mají jich hned několik. Tyto texturní parametry jsou důležité pro analýzu texturního profilu a pro jejich kvalitu a přijetí spotřebitelem. Mezi primární parametry mechanických vlastností jsou řazeny tvrdost, soudržnost, viskozita, pružnost a přilnavost. Nedílnou součástí primárních parametrů jsou tři sekundární parametry, lámavost, žvýkatelnost a gumovitost [36].

Vzorky pro texturní analýzu byly připraveny dle postupu uvedeného v kapitole 6.6. Při texturní analýze byla provedena tahová zkouška pomocí textuometru TA.XT plus. Při analýze byl použit nástavec SMS/Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig, který je primárně určen pro těsto, ale lze jej použít i pro naše účely. Před použitím byl přístroj nakalibrován. Z každé špagety byla odříznuta část o délce 5 cm a vložena do zařízení a spuštěn test. Spuštěním testu byl hák pomalu zvedán ke vzorku těstovin, který natahoval až do jejich přetržení. Ve speciálním programu byla do počítače zakreslována tahová křivka každého vzorku těstovin, vyjadřující závislost síly na čase. Z této křivky byla zjišťována maximální síla potřebná na přetržení vzorku špaget a plocha vzniklá pod tahovou křivkou, vyjadřující extenzografickou energii. Měření bylo provedeno u každého vzorku 3x.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Diplomová práce navazuje na skladovací pokus založený v mé bakalářské práci s 5 vzorky špaget s odlišnou surovinovou skladbou. Tyto vzorky byly podrobeny skladovacímu pokusu po dobu 24 měsíců při 4 různých teplotách (-18 °C, 5 °C, 23 °C a 40 °C). Chemická analýza (hodnota pH, obsah sušiny, množství amoniaku, tiobarbiturové číslo, absorpce vody), senzorická analýza a texturní profilová analýza byla provedena vždy po 3 měsících, tedy časový interval byl zvolen od půlročního stanovení na 9, 12, 15, 18, 21 a 24 měsíců. Jak bylo uvedeno v Tabulce 5, v těchto tříměsíčních intervalech byly analyzovány vzorky špaget skladované při 5 °C, 23 °C a 40 °C. Výjimkou byly v tomto ohledu vzorky uchovávané při -18 °C, které byly podrobené analýzám pouze po 12 a 24 měsících skladování.

### 5.1 Stanovení pH

pH těstovin se s přibývajícími měsíci skladování mírně zvyšovalo vlivem chemických a fyzikálních změn. Hodnoty pH se u těstovin skladovaných od 9–24 měsíce pohybovaly v rozmezí 5–6,5 (viz Tabulka 6, 7, 8, 9 a 10). Během této doby byl největší nárůst u všech vzorků pozorován při teplotě 40 °C, kdy hodnoty nabývaly od 5,7–12,5 %. Nejméně změnu pH ovlivnila teplota -18 °C, kdy narůstající hodnota pH tvořila pouhé 1,8–7,6 %. Dále je nutno podotknout, že semolinové těstoviny (vzorek A a B) se výrazně lišily od hodnot ostatních vzorků. Jejich navýšení pH je ve většině případech poloviční, a tedy se dá konstatovat, že těstoviny vyrobené ze semolinové mouky nepodléhají až takovým změnám při skladování. Vyšší hodnota pH má podporující vliv na Maillardovo hnědnutí, a tedy dá se předpokládat zvětšení tiobarbiturového čísla, nárůst obsahu amoniaku a s nimi spojené změny v organoleptických vlastnostech těstovin [37]. Pro srovnání s mou bakalářskou prací se výsledky výrazně lišily, do 6. měsíce skladování pH klesalo [18] a od 9. měsíce mělo rostoucí trend. Vyšší pH bylo pravděpodobně způsobeno rostoucím obsahem amoniaku, který má zásaditý charakter, a je tvořen při degradaci bílkovin vlivem Streckerovy degradace aminokyselin [16, 22]. S těmito výsledky se neshoduje podobně zaměřená práce Veroniky Tiokové, která se zabývala zátěžovými zkouškami instantních nudlí po dobu 12 měsíců. Hodnoty pH instantních nudlí v této diplomové práci klesaly po celou dobu skladovacího experimentu [38]. Na tuto práci navazovala diplomová práce Markéty Červenkové, která instantní nudle analyzovala po dobu dalších 12 měsíců. Hodnota pH v období skladování 15–24 měsíců kolísala, bez jednoznačně rostoucího či klesajícího trendu [47].

## 5.2 Stanovení sušiny

Obsah sušiny nevykazoval v průběhu skladování výrazné změny (viz Tabulka 6, 7, 8, 9 a 10). V některých měsících docházelo k úbytku či naopak k příjmu vody. Tyto ztráty / příjmy závisely na propustnosti polypropylenového obalu těstovin. Propustnost vodní páry u polypropylenového obalu je při teplotě 23 °C (typická skladovací teplota těstovin) 2,321–4,642 g m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup> [39]. Pro ostatní skladovací teploty (-18, 5 a 40 °C) byla propustnost očekávána jiná, ale i přes použití těchto skladovacích teplot lze konstatovat, že se sušina těstovin pohybovala v rozmezí 89–98,5 %, tedy všechny vzorky během skladování splňovaly požadavky na vlhkost, uvedené ve vyhlášce 18/2020 Sb., která udává obsah vlhkosti nejvýše 13 hmotnostních procent [1]. Největší úbytek vody byl pozorován pro vzorky těstovin, skladovaných při teplotě 40 °C. Při této zátěžové teplotě byly bariérové vlastnosti obalu nejhorší což se s vyšší teplotou a propustností polypropylenového obalu dalo předpokládat. Nevýrazné změny během 12. měsíčního skladovacího pokusu byly prezentovány i v diplomové práci Veroniky Tiokové s instantními nudlemi [38], stejně tak jako v navazující práci Markéty Červenkové [47].

Tabulka 6. Výsledky pH a sušiny pro vzorek A

Vzorek	Dávka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	pH (-)	Sušina (%)
A	9	5	5,83 ± 0,02	89,86 ± 0,09
		23	5,91 ± 0,02	91,53 ± 0,10
		40	5,88 ± 0,02	97,26 ± 0,11
	12	-18	5,86 ± 0,01	91,85 ± 0,06
		5	5,74 ± 0,02	92,47 ± 0,05
		23	5,98 ± 0,01	92,53 ± 0,05
		40	5,93 ± 0,01	98,00 ± 0,02
	15	5	5,79 ± 0,01	91,41 ± 0,12
		23	5,87 ± 0,02	92,44 ± 0,03
		40	5,90 ± 0,01	98,23 ± 0,05
	18	5	5,88 ± 0,01	91,59 ± 0,13
		23	5,96 ± 0,02	92,01 ± 0,09
		40	6,01 ± 0,01	98,67 ± 0,02
	21	5	6,08 ± 0,01	91,03 ± 0,04
		23	6,12 ± 0,02	91,58 ± 0,09
		40	6,05 ± 0,01	98,06 ± 0,05
	24	-18	5,97 ± 0,01	91,61 ± 0,04
		5	6,15 ± 0,02	90,73 ± 0,03
		23	6,20 ± 0,01	91,99 ± 0,01
		40	6,28 ± 0,02	98,12 ± 0,04

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné

Tabulka 7. Výsledky pH a sušiny pro vzorek B

B	9	5	$6,02 \pm 0,01$	$89,70 \pm 0,15$
		23	$5,96 \pm 0,01$	$92,44 \pm 0,04$
		40	$5,78 \pm 0,02$	$98,06 \pm 0,13$
	12	-18	$5,99 \pm 0,01$	$91,67 \pm 0,05$
		5	$6,12 \pm 0,01$	$91,19 \pm 0,03$
		23	$5,95 \pm 0,01$	$92,63 \pm 0,02$
	15	40	$5,80 \pm 0,01$	$98,17 \pm 0,01$
		5	$6,10 \pm 0,02$	$90,79 \pm 0,08$
		23	$5,98 \pm 0,01$	$91,93 \pm 0,04$
	18	40	$5,85 \pm 0,02$	$98,02 \pm 0,10$
		5	$6,13 \pm 0,02$	$91,45 \pm 0,07$
		23	$6,07 \pm 0,01$	$92,51 \pm 0,02$
	21	40	$5,97 \pm 0,01$	$98,16 \pm 0,09$
		5	$6,15 \pm 0,02$	$90,02 \pm 0,05$
		23	$6,10 \pm 0,01$	$92,12 \pm 0,04$
	24	40	$6,03 \pm 0,01$	$98,23 \pm 0,05$
		-18	$6,13 \pm 0,01$	$91,06 \pm 0,04$
		5	$6,19 \pm 0,01$	$89,60 \pm 0,02$
		23	$6,20 \pm 0,01$	$91,64 \pm 0,03$
			40	$6,11 \pm 0,02$

Pozn.: Vzorek B – semolinové vaječné

Tabulka 8. Výsledek stanovení pH a sušiny pro vzorek C

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	pH (-)	Sušina (%)
C	9	5	$5,60 \pm 0,01$	$89,60 \pm 0,11$
		23	$5,37 \pm 0,01$	$90,05 \pm 0,03$
		40	$5,25 \pm 0,02$	$95,87 \pm 0,09$
	12	-18	$5,56 \pm 0,02$	$90,79 \pm 0,01$
		5	$5,62 \pm 0,01$	$92,22 \pm 0,11$
		23	$5,35 \pm 0,01$	$91,00 \pm 0,04$
	15	40	$5,29 \pm 0,01$	$96,78 \pm 0,03$
		5	$5,70 \pm 0,02$	$90,68 \pm 0,07$
		23	$5,41 \pm 0,02$	$91,33 \pm 0,18$
	18	40	$5,35 \pm 0,01$	$96,95 \pm 0,11$
		5	$5,84 \pm 0,01$	$90,82 \pm 0,05$
		23	$5,49 \pm 0,01$	$91,06 \pm 0,06$
	21	40	$5,44 \pm 0,02$	$97,05 \pm 0,13$
		5	$5,90 \pm 0,01$	$90,71 \pm 0,09$
		23	$5,58 \pm 0,01$	$91,20 \pm 0,02$
	24	40	$5,56 \pm 0,01$	$97,52 \pm 0,10$
		-18	$5,76 \pm 0,02$	$90,75 \pm 0,10$
		5	$6,11 \pm 0,01$	$90,54 \pm 0,04$
		23	$5,78 \pm 0,02$	$91,05 \pm 0,08$
			40	$5,85 \pm 0,01$

Pozn.: Vzorek C – pšeničné bezvaječné



Tabulka 9. Výsledek stanovení pH a sušiny pro vzorek D

D	9	5	$5,57 \pm 0,01$	$89,23 \pm 0,04$
		23	$5,54 \pm 0,01$	$92,09 \pm 0,12$
		40	$5,48 \pm 0,02$	$97,52 \pm 0,14$
	12	-18	$5,52 \pm 0,01$	$91,39 \pm 0,02$
		5	$5,72 \pm 0,02$	$91,81 \pm 0,07$
		23	$5,77 \pm 0,01$	$92,44 \pm 0,03$
	15	40	$5,63 \pm 0,01$	$97,94 \pm 0,02$
		5	$5,80 \pm 0,01$	$90,22 \pm 0,10$
		23	$5,84 \pm 0,02$	$92,32 \pm 0,03$
	18	40	$5,79 \pm 0,01$	$97,71 \pm 0,12$
		5	$5,91 \pm 0,01$	$90,82 \pm 0,09$
		23	$5,90 \pm 0,01$	$92,66 \pm 0,07$
	21	40	$5,88 \pm 0,02$	$97,81 \pm 0,10$
		5	$6,03 \pm 0,02$	$91,06 \pm 0,04$
		23	$5,97 \pm 0,01$	$92,03 \pm 0,02$
	24	40	$5,90 \pm 0,01$	$97,98 \pm 0,15$
-18		$5,94 \pm 0,01$	$91,31 \pm 0,05$	
5		$6,12 \pm 0,02$	$89,96 \pm 0,02$	
23		$6,08 \pm 0,01$	$91,81 \pm 0,16$	
		40	$6,16 \pm 0,02$	$98,47 \pm 0,02$

Pozn.: Vzorek D – pšeničné vaječné

Tabulka 10. Výsledky stanovení pH a sušiny pro vzorek E

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	pH (-)	Sušina (%)
E	9	5	$5,85 \pm 0,01$	$89,57 \pm 0,09$
		23	$5,84 \pm 0,01$	$90,61 \pm 0,03$
		40	$5,62 \pm 0,01$	$95,97 \pm 0,12$
	12	-18	$5,90 \pm 0,01$	$91,08 \pm 0,03$
		5	$5,98 \pm 0,02$	$91,91 \pm 0,03$
		23	$5,99 \pm 0,02$	$91,21 \pm 0,02$
	15	40	$5,80 \pm 0,01$	$95,40 \pm 0,05$
		5	$6,24 \pm 0,01$	$90,27 \pm 0,01$
		23	$6,15 \pm 0,01$	$91,73 \pm 0,04$
	18	40	$6,03 \pm 0,02$	$95,86 \pm 0,15$
		5	$6,26 \pm 0,01$	$90,89 \pm 0,08$
		23	$6,29 \pm 0,01$	$91,57 \pm 0,06$
	21	40	$6,18 \pm 0,01$	$95,96 \pm 0,12$
		5	$6,30 \pm 0,01$	$91,16 \pm 0,07$
		23	$6,27 \pm 0,01$	$91,03 \pm 0,02$
	24	40	$6,20 \pm 0,02$	$96,52 \pm 0,10$
-18		$6,08 \pm 0,01$	$91,86 \pm 0,03$	
5		$6,32 \pm 0,02$	$90,65 \pm 0,09$	
23		$6,31 \pm 0,02$	$90,88 \pm 0,01$	
		40	$6,24 \pm 0,01$	$97,54 \pm 0,02$

Pozn.: Vzorek E – bezlepkové kukuřičné

Sušina instantních těstovin se v tomto skladovacím experimentu pohybovala okolo 96–98 %. Podobné nevýznamné změny v sušině byly stanoveny při výzkumu zaměřujícím se na bojové dávky MRE (guláš s těstovinami) [40].

### 5.3 Stanovení amoniaku

Amoniak je plyn, který se uvolňuje během rozkladných procesů v potravinách, a proto se používá jako indikátor detekující míru zkaženosti potravin převážně u masa [37]. Bílkoviny degradují za vzniku Streckerových aldehydů, ovlivňujících organoleptické vlastnosti potravin. Dalším produktem je amoniak detekující kažení potravin a posledním produktem Streckerovy degradace je oxid uhličitý [16, 22].

V průběhu skladovacího pokusu se množství amoniaku zvyšovalo (viz Tabulka 11, 12 a 13). Narůstající množství amoniaku u těstovin značí degradaci bílkovin a míru jejich kažení při dlouhodobém skladování. Obsah vzniklého amoniaku se pohyboval v rozmezí 11,33–45,86 mg/kg. Největší množství amoniaku bylo analyzováno při teplotě 40 °C, jehož obsah při stanovení z 24. měsíce činil 34–45,86 mg/kg. Nejnižší množství amoniaku bylo naměřeno při teplotě -18 °C, jejíž hodnota se při 24. měsíci nacházela v rozmezí 17,09–22,39 mg/kg. Největší nárůst za dobu od 9–24 měsíce byl pozorován u všech vzorků při teplotě 5 °C, kde nárůst amoniaku činil 63–131 %. Nutno podotknout, že nárůst byl očekáván u vyšší skladovací teploty 40 °C, nicméně je dobré si povšimnout, že v 9. měsíci byl obsah amoniaku při teplotě 40 °C mnohem vyšší než u ostatních vzorků, a tudíž lze konstatovat, že použitá vyšší teplota opravdu urychluje degradaci bílkovin u těstovin, a tedy množství vytvořeného amoniaku je přímo úměrné degradaci bílkovin v těstovinách. V průběhu 24. měsíčního skladovacího pokusu při teplotě 23 °C docházelo u vzorků A, B a C také k poměrně vysokému nárůstu amoniaku, který byl 70–117 %, což je velice zajímavé, protože se jedná o pokojovou teplotu, jež je doporučována při skladování těstovin. Pro ostatní vzorky nebyl při těchto teplotách nárůst tak skokový. Nejnižší množství amoniaku za tuto dobu vzniklo u všech vzorků při teplotě -18 °C, kdy navýšení obsahu nepřesáhlo hranici 51 %.

U všech vzorků těstovin byl prokázán nárůst obsahu amoniaku se zvyšující se teplotou a lze konstatovat, přímou úměrnost k vyšší skladovací teplotě a rychlosti degradace bílkovin u těstovin. Ke stejnému závěru dospěl výzkum zaměřený na skladování bojových dávek MRE pro vojáky (guláš s těstovinami a další potraviny) [40]. Stejná úvaha byla prezentovaná i v článku, zaměřující se na hladinu amoniaku v masových konzervách během skladování [41]. Podobné výsledky byly prezentovány v práci Veroniky Tiokové a Markéty Červenkové

zabývající se instantními nudlemi [38, 47]. Jan Strašák ve své práci použil stejné skladovací teploty, avšak jiné potraviny, ale došel ke stejným závěrům, že s délkou a rostoucí teplotou skladování se zvyšuje i množství amoniaku [42].

#### 5.4 Stanovení tiobarbiturového čísla

Tím, že tuky jsou běžnou složkou potravin, tak jejich přítomnost přispívá k různým lipidovým interakcím. Ani těstoviny se nevyhnuly těmto reakcím, i když obsahují malý podíl tuku 1,5–3,3 % (viz Tabulka 4. s nutričním složením konkrétních vzorků špaget). V tomto případě lipidy ovlivňují Maillardovu reakci a dochází k interakci s jejími produkty. Tyto interakce mají negativní vliv na organoleptické vlastnosti, převážně chuť, které jsou zapříčiněny vznikem aromatických sloučenin [1, 11, 12, 43]. U vaječných těstovin je obsah sekundárních produktů lipidů předpokládán vyšší, z důvodu přítomnosti vajec. Ty obsahují cholesterol a další lipidy, které podléhají rozkladu na primární a sekundární oxidační produkty [44].

Výsledky stanovení tiobarbiturového čísla jsou uvedeny v Tabulce 11, 12 a 13. V průběhu 9–24. měsíce skladování docházelo k mírnému nárůstu tiobarbiturového čísla (od 1,8–12,4 %). Největší množství sekundárních produktů bylo pozorováno u všech vzorků těstovin při teplotě 40 °C, naopak nejnižší tiobarbiturové číslo bylo při teplotě -18 °C. Rostoucí teplota skladování tedy zapříčinila výraznější oxidační změny tuků ve skladovaných vzorcích těstovin. Nejméně vzrostlo tiobarbiturové číslo v průběhu 9–24 měsíce skladování u teploty 5 °C (1,8–4,7 %). Pokud bychom porovnali výsledky na začátku a na konci experimentu (tedy i výsledky mé bakalářské práce), tak množství sekundárních produktů se zvýšilo nejvíce u teploty 40 °C (o 190–233 %). Jako vhodná teplota pro skladování těstovin byla teplota -18 °C. Při této teplotě docházelo k nejnižší tvorbě sekundárních produktů (nárůst o 32–95 %) [18]. U vzorků (A–D) byly výsledky podobné, tedy těstoviny s obsahem vajec (semolinové / pšeničné) vykazovaly větší míru oxidace tuků z důvodu obsahu vajec a tedy i vyššího množství tuku v nich obsaženém (semolinové vaječné 3,3 %, pšeničné vaječné 2,3 %). Největší změny byly pozorovány u vzorku B, který obsahoval vejce a nejvíce tuku (3,3 %). K podobným závěrům dospěl výzkum, zaměřující se na sekundární produkty u vaječných těstovin (špaget) během ročního skladování při pokojových teplotách [44]. Ač by se dalo předpokládat, že těstoviny s nejnižším obsahem tuku (vzorek C, 1,1 %) budou podléhat nejméně výrazným oxidačním změnám, tak tato úměrnost neplatí. Nejmenší

oxidační změny byly zaznamenány u vzorku A (semolinové těstoviny bezvaječné), které obsahovaly 1,5 % tuku.

Tabulka 11. Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturového čísla pro vzorky A a B

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Amoniak (mg/kg)	Tiobarbiturové číslo ( $A_{450}/\text{mg}$ )	
A	9	5	11,81 ± 0,19	142,78 ± 2,97	
		23	13,65 ± 0,23	183,03 ± 3,52	
		40	23,13 ± 0,29	241,62 ± 4,71	
	12	-18	16,78 ± 0,35	138,05 ± 2,64	
		5	18,06 ± 0,45	142,91 ± 3,13	
		23	20,40 ± 0,41	185,43 ± 3,61	
	15	40	25,36 ± 0,52	240,24 ± 4,90	
		5	18,13 ± 0,40	144,15 ± 3,63	
		23	20,97 ± 0,48	187,29 ± 3,81	
	18	40	25,84 ± 0,51	243,86 ± 5,05	
		5	19,23 ± 0,42	145,50 ± 3,43	
		23	21,86 ± 0,50	188,93 ± 3,90	
	21	40	26,24 ± 0,53	244,42 ± 5,12	
		5	21,34 ± 0,50	147,94 ± 3,51	
		23	23,26 ± 0,48	190,37 ± 3,96	
	24	40	28,04 ± 0,56	245,25 ± 5,48	
		-18	20,39 ± 0,44	140,62 ± 3,51	
		5	27,20 ± 0,54	149,59 ± 3,70	
		23	29,61 ± 0,58	192,28 ± 4,03	
	B	9	40	34,00 ± 0,55	248,53 ± 5,61
			5	11,33 ± 0,22	132,05 ± 3,26
			23	13,60 ± 0,29	160,49 ± 3,98
		12	40	25,89 ± 0,40	271,28 ± 5,62
			-18	12,02 ± 0,20	124,81 ± 3,19
5			13,65 ± 0,36	133,56 ± 3,38	
15		23	15,87 ± 0,45	162,90 ± 4,23	
		40	27,26 ± 0,57	273,82 ± 5,85	
		5	15,05 ± 0,39	135,65 ± 3,53	
18		23	16,74 ± 0,47	165,30 ± 4,38	
		40	29,13 ± 0,61	276,23 ± 5,93	
		5	17,36 ± 0,49	137,52 ± 3,69	
21		23	18,04 ± 0,52	166,51 ± 4,58	
		40	31,26 ± 0,66	278,30 ± 6,31	
		5	18,96 ± 0,59	138,94 ± 3,81	
24		23	20,14 ± 0,61	168,13 ± 4,66	
		40	33,64 ± 0,70	280,06 ± 6,59	
		-18	17,09 ± 0,53	128,94 ± 3,47	
		5	20,62 ± 0,63	140,71 ± 3,99	
24		23	23,19 ± 0,67	171,36 ± 4,82	
		40	37,57 ± 0,82	282,60 ± 6,72	

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné

Tabulka 12. Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturového čísla pro vzorky C a D

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Amoniak (mg/kg)	Tiobarbiturové číslo (A <sub>450</sub> /mg)	
C	9	5	11,69 ± 0,20	130,73 ± 3,39	
		23	13,48 ± 0,23	135,05 ± 3,28	
		40	25,32 ± 0,62	209,82 ± 3,93	
	12	-18	13,54 ± 0,25	116,92 ± 3,04	
		5	14,06 ± 0,28	131,96 ± 3,52	
		23	16,12 ± 0,32	136,51 ± 3,51	
	15	40	27,61 ± 0,70	211,25 ± 4,12	
		5	18,16 ± 0,31	134,65 ± 3,67	
		23	19,72 ± 0,39	138,14 ± 3,60	
	18	40	29,18 ± 0,76	214,57 ± 4,29	
		5	20,45 ± 0,40	134,92 ± 3,66	
		23	21,63 ± 0,42	139,40 ± 3,72	
	21	40	31,15 ± 0,79	215,76 ± 4,42	
		5	23,54 ± 0,64	136,23 ± 3,73	
		23	24,33 ± 0,62	140,98 ± 3,81	
	24	40	35,52 ± 0,84	217,67 ± 4,71	
		-18	20,39 ± 0,42	120,62 ± 3,01	
		5	26,40 ± 0,71	138,34 ± 3,82	
		23	28,34 ± 0,77	143,84 ± 3,85	
	D	9	40	40,23 ± 0,92	219,73 ± 4,80
			5	16,67 ± 0,31	158,61 ± 3,51
			23	20,00 ± 0,43	166,03 ± 3,92
		12	40	27,02 ± 0,74	225,17 ± 4,87
			-18	15,68 ± 0,36	123,81 ± 3,30
5			18,97 ± 0,48	160,15 ± 3,58	
15		23	22,34 ± 0,51	168,32 ± 3,99	
		40	30,26 ± 0,79	228,70 ± 4,92	
		5	20,71 ± 0,55	162,54 ± 3,62	
18		23	25,40 ± 0,59	169,93 ± 4,05	
		40	34,61 ± 0,87	230,05 ± 4,94	
		5	23,12 ± 0,63	164,81 ± 3,68	
21		23	28,56 ± 0,69	172,57 ± 4,55	
		40	37,10 ± 0,95	234,03 ± 5,00	
		5	25,22 ± 0,68	166,12 ± 3,73	
24		23	30,61 ± 0,72	174,70 ± 4,62	
		40	39,87 ± 0,98	235,33 ± 5,16	
		-18	21,09 ± 0,64	129,04 ± 3,57	
		5	27,67 ± 0,70	167,94 ± 3,92	
		24	23	32,34 ± 0,75	175,75 ± 4,69
			40	43,72 ± 1,21	237,71 ± 5,28

Pozn.: Vzorek C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné

Tabulka 13. Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturového čísla pro vzorek E

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Amoniak (mg/kg)	Tiobarbiturové číslo (A <sub>450</sub> /mg)	
E	9	5	16,54 ± 0,30	83,05 ± 2,03	
		23	23,07 ± 0,41	94,72 ± 2,16	
		40	29,36 ± 0,72	127,58 ± 2,72	
	12	-18	15,24 ± 0,36	76,82 ± 2,72	
		5	18,94 ± 0,47	84,54 ± 2,16	
		23	26,72 ± 0,50	96,22 ± 2,39	
	15	40	32,06 ± 0,76	129,80 ± 2,85	
		5	20,41 ± 0,51	86,41 ± 2,28	
		23	29,06 ± 0,59	98,30 ± 2,48	
	18	40	35,63 ± 0,83	131,06 ± 2,91	
		5	22,71 ± 0,58	89,14 ± 2,37	
		23	31,62 ± 0,63	100,04 ± 2,53	
	21	40	38,33 ± 0,88	132,63 ± 2,99	
		5	24,12 ± 0,61	91,43 ± 2,51	
		23	33,27 ± 0,67	102,40 ± 2,59	
	24	40	40,38 ± 0,91	135,71 ± 3,14	
		-18	22,39 ± 0,58	80,41 ± 2,21	
		5	26,97 ± 0,60	93,32 ± 2,62	
		23	35,70 ± 0,71	105,46 ± 2,68	
			40	45,86 ± 1,23	137,12 ± 3,43

Pozn.: Vzorek E – bezlepkové kukuřičné

### 5.5 Stanovení absorpce vody

Absorpce vody je parametr, používaný pro hodnocení těstovin ve vařeném stavu. Je definovaný jako množství vody přijaté během vaření, tedy při rehydrataci. Doba varu těstovin se rozděluje do tří stupňů. První stupeň je nazvaný jako minimální doba varu a charakterizuje dobu nezbytnou k želatinaci škrobu. Ta je důležitá pro jejich stravitelnost. Druhý stupeň je optimální doba varu, tedy doba vytvoření vhodné textury pro konzumaci. Třetí stupeň je maximální doba varu a označují dobu, která když se přesáhne, dojde k rozvaření těstovin. Příjmem vody dochází ke zvětšení objemu a změně struktury sušených těstovin. Je to způsobeno nabobtnáním granulí škrobu, které jsou drženy v proteinové matici a k přetvoření struktury do otevřené sítě koagulovaného proteinu [2, 45].

V těstovinách byla absorpce vody po celou dobu skladování proměnlivá (viz Tabulka 14, 15 a 16). Její hodnoty se pohybovaly v rozmezí 98–185 %. Obvyklá absorpce vody je v průměru kolem 170 % [2]. U vzorku A byla rehydratace během 24měsíčního skladování největší při teplotě 23 °C, kdy její absorpce vody dosahovala navýšení o 22 %. U vzorků B, D a E byla největší změna absorpce vody při teplotě -18 °C, a to o 39–59 %. U vzorku C byla největší

změna absorpce vody zaznamenána při teplotě 40 °C, kde těstoviny dokázaly pohltit vodu až o 50 % více než na začátku skladovacího pokusu (9. měsíc).

Tabulka 14. Výsledky stanovení absorpce vody pro vzorky A a B

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Absorpce vody (%)
A	9	5	117
		23	107
		40	124
	12	-18	139
		5	115
		23	121
	15	40	131
		5	122
		23	126
	18	40	135
		5	120
		23	128
	21	40	130
		5	123
		23	130
24	40	131	
	-18	132	
	5	118	
B	9	23	114
		40	110
		5	105
	12	-18	105
		5	115
		23	106
	15	40	108
		5	101
		23	99
	18	40	112
		5	118
		23	103
	21	40	119
		5	123
		23	111
24	40	123	
	-18	146	
	5	128	
	23	115	
	40	128	

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné

Tabulka 15. Výsledky stanovení absorpce vody pro vzorky C a D

Vzorek	Dávka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Absorpce vody (%)	
C	9	5	140	
		23	131	
		40	124	
	12	-18	141	
		5	156	
		23	150	
	15	40	126	
		5	146	
		23	159	
	18	40	128	
		5	152	
		23	168	
	21	40	139	
		5	161	
		23	170	
	24	40	152	
		-18	175	
		5	153	
		23	172	
	D	9	40	185
			5	117
			23	103
		12	40	128
			-18	98
5			123	
15		23	118	
		40	132	
		5	105	
18		23	125	
		40	138	
		5	123	
21		23	129	
		40	135	
		5	138	
24		23	131	
		40	130	
		-18	155	
		5	127	
24		23	133	
		40	128	

Pozn.: Vzorek C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné



Tabulka 16. Výsledky stanovení absorpce vody pro vzorek E

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Absorpce vody (%)	
E	9	5	116	
		23	103	
		40	130	
	12	-18	98	
		5	122	
		23	118	
	15	40	132	
		5	105	
		23	125	
	18	40	129	
		5	117	
		23	129	
	21	40	134	
		5	123	
		23	131	
	24	40	130	
		-18	154	
		5	126	
		23	133	
			40	127

Pozn.: Vzorek E – bezlepkové kukuřičné

## 5.6 Senzorická analýza

Vzhledem k různorodosti složení vzorků těstovin se jednotlivé výsledky sensorické analýzy lišily (viz Tabulka 17, 18 a 19). Po 9. měsíci skladování se mírně zhoršila kvalita u obou druhů pšeničných těstovin a u bezlepkových těstovin, tedy vzorků C, D a E (ve srovnání s 6měsíčním skladováním v rámci mé bakalářské práce) [18]. Pro oba druhy semolinových těstovin (vzorky A a B) se kvalita začala zhoršovat až po 12. měsíci skladování, kdy bylo pozorováno pouhým okem tmavší zbarvení těstovin. Důležité je zmínit, že tyto vzorky při dvouletém skladovacím pokusu a teplotách -18, 5 a 23 °C nevykazovaly výrazné zhoršení organoleptických vlastností. I po 2 letech skladování byla chuť a vůně semolinových špaget hodnocena ne hůře než „dobrá“, parametry vzhled a barva a konzistence pak ne hůře než „velmi dobré“. Těstoviny uchovávané při teplotě 40 °C byly po 24 měsících velmi tmavé (vzhled a barva hodnocena jako „nevyhovující“) s pachutí (chuť a vůně „nepřijatelná“).

V mé bakalářské práci se kvalita semolinových těstovin po půlročním skladování neměnila [18]. Pšeničné těstoviny (vzorky C a D) dopadly v porovnání se semolinovými těstovinami hůře. Jejich kvalita se začala zhoršovala již po 9 měsících skladování, avšak hodnocení

nebylo až tak špatné. Horší hodnocení pšeničných těstovin bylo způsobeno surovinovou skladbou. Těstoviny vyrobené z pšeničné mouky nedosahovaly takové kvality jako těstoviny vyrobené ze semoliny. Důležitým faktorem je barva, ta je ovlivněna použitou moukou a přídavkem vajec. Pšeničné vaječné těstoviny se skoro mohly rovnat semolinovým těstovinám (světlejší barva, nebyla typicky jantarová jako u semolinových těstovin), bohužel o bezvaječných těstovinách se toto říct nedalo, jejich kvalita byla velmi nízká. Těstoviny byly velice světlé, lepkavé, se snadnou schopností se rozvářet a nevýraznou chutí. U pšeničných bezvaječných těstovin (vzorek C) skladovaných při teplotě 40 °C bylo po 24 měsících hodnocení nepříznivé (vzhled a barva a textura hodnoceny jako „méně dobré“, chuť a vůně „nevyhovující“). Pšeničné vaječné těstoviny (vzorek D) skladované při teplotě 40 °C byly po 24 měsících velmi tmavé, vzhled a barva hodnocena jako „nevyhovující“, textura jako „dobrá“, chuť a vůně „méně dobrá“. V mé bakalářské práci pšeničné vaječné těstoviny dosahovaly velmi dobrého hodnocení. Bezvaječné pšeničné těstoviny nedosahovaly až takového dobrého hodnocení kvůli světlejší barvě, lepkavosti, rozvařenosti a nevýrazné chuti [18].

Samostatnou kategorií byly bezlepkové těstoviny (vzorek E), které vykazovaly horší parametry až po 12. měsíci skladování, přičemž nepříznivé hodnocení prokazatelně získaly svou netypickou chutí a vůní. Barva těstovin byla výrazně žlutá, ovlivněná použitou kukuřičnou moukou, a byla hodnocena po celou dobu skladování jako „velmi dobrá“. Stejně byla posuzovateli hodnocena i textura bezlepkových špaget. Chuť a vůně byla hodnocena jako „méně dobrá“. Špatné hodnocení chuti a vůně bylo způsobeno svými charakteristickými vlastnostmi kukuřičné mouky. Ta má v porovnání se semolinou nebo s pšeničnou moukou specifickou pachut', která je netypická pro chuť těstovin. V mé bakalářské práci byl po půlročním skladování hodnocen vzhled a barva a textura bezlepkových těstovin jako vynikající nebo výborný po celou dobu půlročního skladování. Pokud bychom všechny těstoviny seřadili do žebříčku hodnocení, zařadily by se bezlepkové špagety za semolinové těstoviny (vzorek A a B), i přes jejich odlišnou chuť a vůni.

Ze všech dosažených výsledků lze konstatovat, že sensorické hodnocení bylo ovlivněno délkou a teplotou skladovacího experimentu, které vedly k podpoření degradace bílkovin a tvorbě sekundárních oxidačních produktů tuků, projevující se převážně změnou barvy, chutě a vůně [46].

Organoleptické změny v potravinách byly zaznamenány během skladování v pracích V. Tiokové, J. Strašáka, L. Vaškových či M. Červenkové [38, 42, 46, 47]. V podobně

zaměřeném výzkumu na simulování 4 skladovacích teplot (doba 3. měsíce) u různých potravin docházelo také k organoleptickým změnám [48].

Tabulka 17. Výsledky senzoričkého hodnocení pro vzorky A a B

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Vzhled a barva	Textura	Chuť a vůně
A	9	5	1	1	1
		23	1	1	1
		40	3	2	2
	12	-18	1	1	4
		5	1	1	2
		23	3	2	4
	15	40	5	3	4
		5	1	1	2
		23	3	2	4
	18	40	5	3	5
		5	1	2	2
		23	3	2	4
	21	40	5	3	6
		5	2	2	3
		23	3	3	4
	24	40	6	4	7
		-18	1	1	4
		5	3	2	4
23		3	3	4	
B	9	40	6	4	7
		5	1	1	1
		23	1	1	1
	12	40	3	1	2
		-18	1	1	3
		5	3	2	3
	15	23	3	2	3
		40	5	2	3
		5	3	2	3
	18	23	3	2	3
		40	5	2	4
		5	3	2	3
	21	23	3	2	4
		40	6	3	5
		5	3	2	4
	24	23	3	3	4
		40	6	3	6
		-18	1	1	3
5		3	2	4	
24	23	3	3	4	
	40	6	4	7	
	5	3	2	4	

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné

Tabulka 18. Výsledek senzoričkého hodnocení pro vzorky C a D

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Vzhled a barva	Textura	Chuť a vůně	
C	9	5	5	4	4	
		23	5	4	4	
		40	5	5	5	
	12	-18	5	5	5	5
		5	5	5	5	
		23	5	5	5	
	15	40	5	5	5	
		5	5	5	5	
		23	5	5	5	
	18	40	5	5	5	
		5	5	5	5	
		23	5	5	5	
	21	40	5	5	5	
		5	5	5	5	
		23	5	5	6	
	24	40	5	5	6	
		-18	5	5	5	
		5	5	5	5	
23		5	5	6		
D	9	40	5	5	6	
		5	3	3	3	
		23	3	3	3	
	12	40	4	4	4	
		-18	4	4	4	
		5	4	4	4	
	15	23	4	4	4	
		40	5	4	4	
		5	4	4	4	
	18	23	4	4	4	
		40	5	4	4	
		5	4	4	4	
	21	23	4	4	4	
		40	6	4	4	
		5	4	4	4	
	24	40	6	4	5	
		-18	4	4	4	
		5	4	4	4	
23		4	4	4		

Pozn.: Vzorek C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné

Tabulka 19. Výsledky senzoričkého hodnocení pro vzorek E

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Vzhled a barva	Textura	Chuť a vůně
E	9	5	1	3	5
		23	1	3	5
		40	2	2	5
	12	-18	3	3	5
		5	3	3	5
		23	3	3	5
		40	3	3	5
	15	5	3	3	5
		23	3	3	5
		40	3	3	5
	18	5	3	3	5
		23	3	3	5
		40	3	3	5
	21	5	3	3	5
		23	3	3	5
		40	3	3	5
	24	-18	3	3	5
		5	3	3	5
		23	3	3	5
		40	3	4	5

Pozn.: Vzorek E – bezlepkové kukuřičné

## 5.7 Texturní profilová analýza

Texturní profilovou analýzou lze stanovit texturní vlastnosti těstovin. Zahrnuje soubor smyslových vjemů, které simulují typické úkony člověka při konzumaci potravin, tedy kousání, žvýkání a polykání. Tato simulace lze hodnotit různými senzoričnými modely, nebo pomocí texturních profilových analyzátorů (instrumentálně). U těstovin se obvykle tento soubor lidských vjemů popisuje jako pevnost při skusu těstovin. Texturní profilová analýza těstovin je ovlivněna želatinační schopností škrobu a kvalitou pšeničného lepku. Přestože bezlepková mouka neobsahuje strukturotvorný protein (lepek), tak lze z takové mouky bezlepkové těstoviny vyrobit, které sice nedosahují kvality semolinových těstovin, ale podobně zaměřené studie hledají stále nějaký způsob, jak se co nejvíce přiblížit kvalitním těstovinám. Dalším důležitým aspektem je správná příprava těstovin. Ta má zásadní vliv na finální strukturu těstovin, ale při správném kulinárním postupu přípravy (viz návod na obale) je textura těstovin neovlivněna [2, 49, 50, 51].

Odpor k tažení a práce nezbytná k deformaci vzorku se během skladování téměř neměnila (viz Tabulka 20, 21 a 22). Lze tedy konstatovat, že teplota a ani doba skladování nemají

výrazný vliv na texturu těstovin. Patrný však je vliv složení špaget na texturní vlastnosti, což bylo pozorováno i v mé bakalářské práci [18].

Získané výsledky korelují s výsledky mé bakalářské práce. Pro srovnání vaječné těstoviny dopadly vždy o něco lépe než bezvaječné. Největší odpor k tažení vykazovaly semolinové vaječné těstoviny (vzorek B; 0,99–1,12 N). Nejnižší odpor k tažení byl u pšeničných bezvaječných těstovin (vzorek C; 0,43–0,53 N). Pšeničné vaječné těstoviny (vzorek D; 0,62–0,73 N) dopadly o něco lépe než pšeničné bezvaječné, ale hůře v porovnání se semolinovými a bezlepkovými těstovinami. Bezlepkové těstoviny (vzorek E; 0,71–0,84 N) vykazovaly podobný odpor k tažení jako semolinové bezvaječné těstoviny (vzorek A; 0,73–0,83 N).

Téměř k totožným závěrům bylo docíleno při porovnávání výsledků práce nezbytné k deformaci vzorku. Největší energie pro deformaci vzorku musela být vynaložena na semolinové vaječné těstoviny (vzorek B; 0,50–0,60 N·mm). Nejnižší energie byla vynaložená u pšeničných bezvaječných těstovin (vzorek C; 0,25–0,34 N·mm). Rozdíl nastal u hodnot pšeničných vaječných těstovin (vzorek D; 0,43–0,46 N·mm), které se velice podobaly semolinovým bezvaječným těstovinám (vzorek A; 0,39–0,46 N·mm). Bezlepkové těstoviny (vzorek E; 0,39–0,46 N·mm) potřebovaly o trochu větší energii na deformaci vzorku než pšeničné bezvaječné těstoviny (vzorek C).

Z výsledků texturní profilové analýzy vyplývá, že těstoviny vyrobené ze semoliny vykazovaly pevnější strukturu než těstoviny vyrobené z pšeničné a kukuřičné mouky. Tím se potvrdila úvaha, že s rostoucím odporem k tažení a prací nezbytnou k deformaci vzorku stoupá také pevnost a odolnost těstovin. Dále bylo prokázáno, že přídavek vajec má vliv na texturní vlastnosti těstovin a v porovnání s bezvaječnými těstovinami vykazovaly vždy o něco lepší parametry (vzorky A x B; C x D). Stejný závěr prezentoval výzkum, zabývající se přídavkem vajec do těstovin za účelem zlepšení texturních vlastností. Dále také prezentoval lepší výsledky v texturní profilové analýze u semolinových těstovin oproti pšeničným [50, 51, 52].

Samotnou kategorií jsou bezlepkové těstoviny (vzorek E), které s ostatními těstovinami nelze porovnat. Neobsahují totiž lepek, a právě kvalita lepku je pro texturní vlastnosti zásadní. I přesto bezlepkové těstoviny měly dobrou pevnost. Výzkumy provádějící texturní profilovou analýzu u bezlepkových těstovin se shodují s tvrzením, že bezlepkové těstoviny se nemohou rovnat semolinovým a pšeničným druhům těstovin z důvodu absence lepku [49, 50].

Tabulka 20. Výsledky stanovení odporu k tažení a práce nezbytná k deformaci pro vzorky A a B

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Odpor k tažení (N)	Práce nezbytná k deformaci vzorku (N·mm)	
A	9	5	0,72 ± 0,01	0,34 ± 0,01	
		23	0,80 ± 0,01	0,42 ± 0,01	
		40	0,75 ± 0,01	0,38 ± 0,01	
	12	-18	0,71 ± 0,02	0,36 ± 0,00	
		5	0,73 ± 0,01	0,35 ± 0,01	
		23	0,82 ± 0,02	0,41 ± 0,01	
	15	40	0,76 ± 0,01	0,40 ± 0,01	
		5	0,75 ± 0,01	0,36 ± 0,01	
		23	0,83 ± 0,02	0,42 ± 0,01	
	18	40	0,78 ± 0,01	0,42 ± 0,01	
		5	0,75 ± 0,01	0,38 ± 0,01	
		23	0,82 ± 0,01	0,41 ± 0,01	
	21	40	0,79 ± 0,02	0,43 ± 0,01	
		5	0,77 ± 0,02	0,39 ± 0,01	
		23	0,84 ± 0,00	0,43 ± 0,01	
	24	40	0,80 ± 0,01	0,44 ± 0,01	
		-18	0,73 ± 0,02	0,39 ± 0,01	
		5	0,79 ± 0,02	0,40 ± 0,00	
		23	0,85 ± 0,02	0,44 ± 0,01	
	B	9	40	0,81 ± 0,01	0,46 ± 0,01
			5	0,92 ± 0,01	0,50 ± 0,01
			23	1,06 ± 0,02	0,58 ± 0,01
		12	40	0,98 ± 0,02	0,51 ± 0,01
			-18	0,95 ± 0,02	0,48 ± 0,00
5			0,93 ± 0,01	0,51 ± 0,01	
15		23	1,05 ± 0,01	0,56 ± 0,01	
		40	0,99 ± 0,02	0,53 ± 0,01	
		5	0,95 ± 0,01	0,53 ± 0,01	
18		23	1,07 ± 0,02	0,57 ± 0,01	
		40	1,01 ± 0,02	0,54 ± 0,01	
		5	0,96 ± 0,02	0,55 ± 0,01	
21		23	1,08 ± 0,01	0,58 ± 0,01	
		40	1,03 ± 0,02	0,55 ± 0,01	
		5	0,98 ± 0,02	0,54 ± 0,01	
24		23	1,10 ± 0,02	0,60 ± 0,00	
		40	1,06 ± 0,02	0,56 ± 0,01	
		-18	0,99 ± 0,02	0,50 ± 0,01	
		5	1,01 ± 0,02	0,55 ± 0,01	
		23	1,12 ± 0,02	0,60 ± 0,01	
		40	1,09 ± 0,03	0,57 ± 0,01	

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné

Tabulka 21. Výsledky stanovení odporu k tažení a práce nezbytná k deformaci pro vzorky C a D

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Odpor k tažení (N)	Práce nezbytná k deformaci vzorku (N·mm)	
C	9	5	0,42 ± 0,01	0,25 ± 0,01	
		23	0,45 ± 0,01	0,28 ± 0,01	
		40	0,40 ± 0,01	0,26 ± 0,00	
	12	-18	0,41 ± 0,01	0,22 ± 0,01	
		5	0,41 ± 0,01	0,26 ± 0,01	
		23	0,46 ± 0,01	0,27 ± 0,01	
	15	40	0,42 ± 0,01	0,28 ± 0,00	
		5	0,42 ± 0,00	0,28 ± 0,01	
		23	0,48 ± 0,01	0,26 ± 0,01	
	18	40	0,44 ± 0,01	0,30 ± 0,00	
		5	0,44 ± 0,01	0,29 ± 0,01	
		23	0,49 ± 0,01	0,28 ± 0,01	
	21	40	0,45 ± 0,00	0,33 ± 0,00	
		5	0,46 ± 0,01	0,29 ± 0,01	
		23	0,51 ± 0,01	0,30 ± 0,01	
	24	40	0,44 ± 0,00	0,32 ± 0,01	
		-18	0,43 ± 0,00	0,25 ± 0,00	
		5	0,47 ± 0,01	0,30 ± 0,01	
		23	0,53 ± 0,01	0,31 ± 0,01	
	D	9	40	0,46 ± 0,00	0,34 ± 0,01
			5	0,61 ± 0,01	0,39 ± 0,01
			23	0,64 ± 0,02	0,36 ± 0,01
		12	40	0,62 ± 0,01	0,38 ± 0,01
			-18	0,58 ± 0,01	0,41 ± 0,01
5			0,63 ± 0,01	0,38 ± 0,01	
15		23	0,66 ± 0,02	0,39 ± 0,01	
		40	0,63 ± 0,01	0,40 ± 0,00	
		5	0,64 ± 0,01	0,39 ± 0,01	
18		23	0,67 ± 0,01	0,41 ± 0,01	
		40	0,65 ± 0,01	0,42 ± 0,0	
		5	0,66 ± 0,02	0,41 ± 0,01	
21		40	0,66 ± 0,01	0,44 ± 0,01	
		23	0,69 ± 0,01	0,42 ± 0,01	
		5	0,66 ± 0,01	0,42 ± 0,01	
24		40	0,67 ± 0,01	0,44 ± 0,01	
		23	0,71 ± 0,01	0,44 ± 0,01	
		5	0,67 ± 0,01	0,43 ± 0,01	
		-18	0,62 ± 0,02	0,43 ± 0,01	
24		5	0,67 ± 0,01	0,43 ± 0,01	
		23	0,73 ± 0,01	0,46 ± 0,00	
		40	0,69 ± 0,01	0,44 ± 0,01	

Pozn.: Vzorek C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné



Tabulka 22. Výsledky stanovení k tažení a práce nezbytná k deformaci pro vzorek E

Vzorek	Dálka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Odpor k tažení (N)	Práce nezbytná k deformaci vzorku (N·mm)
E	9	5	0,74 ± 0,01	0,32 ± 0,01
		23	0,76 ± 0,02	0,37 ± 0,01
		40	0,69 ± 0,01	0,34 ± 0,00
	12	-18	0,68 ± 0,01	0,32 ± 0,00
		5	0,77 ± 0,01	0,33 ± 0,01
		23	0,79 ± 0,02	0,39 ± 0,01
	15	40	0,74 ± 0,01	0,36 ± 0,01
		5	0,78 ± 0,02	0,34 ± 0,01
		23	0,80 ± 0,02	0,41 ± 0,01
	18	40	0,75 ± 0,01	0,38 ± 0,01
		5	0,80 ± 0,02	0,35 ± 0,01
		23	0,81 ± 0,02	0,40 ± 0,00
	21	40	0,75 ± 0,01	0,39 ± 0,01
		5	0,81 ± 0,01	0,37 ± 0,01
		23	0,83 ± 0,02	0,42 ± 0,00
	24	40	0,77 ± 0,01	0,40 ± 0,01
		-18	0,71 ± 0,01	0,35 ± 0,01
		5	0,83 ± 0,01	0,38 ± 0,01
		23	0,84 ± 0,02	0,44 ± 0,01
			40	0,78 ± 0,01

Pozn.: Vzorek E – bezlepkové kukuřičné

## ZÁVĚR

V průběhu skladovacího pokusu byly těstoviny, konkrétně špagety, podrobeny zátěžové teplotní zkoušce a během tohoto skladovacího pokusu byly pozorovány a analyzovány jednotlivé jakostní změny. Skladovací pokus se skládal z 4 rozdílných teplot (-18, 5, 23 a 40 °C) a v těchto teplotách bylo uskladněno v průběhu dvou let 5 rozdílných druhů těstovin (semolinové bezvaječné – vzorek A, semolinové vaječné – vzorek B, pšeničné bezvaječné – vzorek C, pšeničné vaječné – vzorek D a bezlepkové kukuřičné – vzorek E). Tato práce se zabývala pouze skladováním mezi 9. a 24. měsícem a navazovala na mou bakalářskou práci, která zahrnovala časový interval 6 měsíců. Během skladování byla v tříměsíčních intervalech provedena chemická, sensorická a texturní profilová analýza.

Z chemické analýzy se stanovovala hodnota pH, obsah sušiny, množství amoniaku a tiobarbiturové číslo. Během skladování se hodnota pH zvyšovala nejvíce u všech vzorků při teplotě 40 °C, pravděpodobně následkem tvorby amoniaku při degradaci bílkovin. Právě vyšší teplota a rostoucí pH urychluje Maillardovy reakce a s nimi spojené narůstání sekundárních produktů oxidace tuků, charakterizované jako tiobarbiturové číslo. Obsah sušiny mírně kolísal, ale změna nepřesáhla hranici 2,5 %. Množství amoniaku a tiobarbiturové číslo bylo prokazatelně největší při teplotě 40 °C.

Během dvouletého skladovacího pokusu byla degradace bílkovin (vyjádřená množstvím produkovaného amoniaku) nejnižší u semolinových (vaječných / bezvaječných) těstovin. U pšeničných těstovin byla degradace bílkovin větší, přičemž největší byla pozorována u bezlepkových kukuřičných těstovin. V průběhu dvouletého skladovacího pokusu vzrostlo tiobarbiturové číslo nejméně při skladovací teplotě -18 °C u vaječných těstovin (semolinové / pšeničné) (vzorek B a D; o 32–46 %), které obsahovaly 3,3 a 2,3 % tuku. Nejvyšší tiobarbiturové číslo bylo zaznamenáno při teplotě 40 °C u všech vzorků těstovin.

Vlivem navyšování hodnoty pH, množství amoniaku a sekundárních produktů oxidace tuků docházelo k nežádoucím změnám v organoleptických vlastnostech, což se projevilo změnou barvy, textury a nepříjemnou chutí (až pachutí). Nejhorší byly hodnoceny těstoviny skladované při teplotě 40 °C. Tyto těstoviny byly tmavé s pachutí. Nejlépe byly hodnoceny semolinové těstoviny (vaječné / bezvaječné; vzorek A a B), které byly hodnoceny velice kladně. Nejhorší pak pšeničné bezvaječné těstoviny (vzorek C) kvůli své světlé barvě, a ne moc výrazné chuti. U bezlepkových těstovin bylo hodnocení ovlivněno netypickou pachutí kukuřičné mouky a kvůli této charakteristické vůni a chuti vykazovaly i horší hodnocení.

Texturní profilová analýza prokázala, že semolinové těstoviny jsou pevnější než pšeničné. Vaječné těstoviny měly oproti bezvaječným lepší texturní vlastnosti a bezlepkové těstoviny nedosahovaly takových výsledků jako ostatní těstoviny kvůli nepřítomnosti komplexu lepkotvorných bílkovin.

Z těchto provedených analýz vyplývá, že pro těstoviny je nevhodná teplota 40 °C. Při této teplotě dochází k rychlejšímu a většímu rozvoji Maillardových reakcí a s nimi spojeným nárůstem sekundárních produktů oxidace tuků. Tyto změny se projeví i v organoleptických vlastnostech těstovin. Těstoviny skladované při této teplotě by proto měly mít zkrácenou dobu trvanlivosti, a to na dobu jednoho roka (namísto dvou), kdy jsou ještě zachovány všechny jakostní parametry. Pro vaječné těstoviny je vhodná teplota skladování -18 °C, ale při této teplotě dochází k větší absorpci vody při vaření. Pro snížení těchto dějů během skladování jsou vhodné teploty -18 a 5 °C, ale tyto teploty jsou vzhledem ke skladování neekonomické a v porovnání s pokojovou teplotou (23 °C) jsou změny vzniklé během skladování zanedbatelné a doba skladování při těchto teplotách může být 2 roky.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SLUKOVÁ, Marcela; SKŘIVAN, Pavel; HRUŠKOVÁ, Marie. *Cereální chemie a technologie: zpracování obilovin-mlýnská a těstářenská výroba*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2017.
- [2] HRUŠKOVÁ, Marie. Pavel HRDINA a Pavel FILIP. *Těstoviny*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z. ú. a Potravinářská komora ČR v rámci priorit České technologické platformy pro potraviny, 2015.
- [3] BANCHIERI, Daria G., et al. Nell'anno di EXPO-Milano 2015.
- [4] Vyhláška č. 18/2020 Sb.: Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, c2010-2021 [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18#f6707573>
- [5] CHLUP, Rudolf, et al. Glykemický index potravin 2019. *Praktické lékařství*. cz [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2019/03/11.pdf>, 2019.
- [6] Vlákna. *Bezpečnost potravin A-Z* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76601.aspx>
- [7] GABROVSKÁ, Dana, et al. *Obiloviny v lidské výživě*. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2015.
- [8] OWENS, Gavin (ed.). *Cereals processing technology*. CRC Press, 2001.
- [9] Celková spotřeba potravin loni vzrostla. *Český statistický úřad* [online]. 2020 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/domov>
- [10] ANNUAL REPORT. *IPO International pasta organisation* [online]. Roma [cit. 2021-7-22]. Dostupné z: [https://internationalpasta-org.translate.google.com/annual-report/?x\\_tr\\_sl=en&x\\_tr\\_tl=cs&x\\_tr\\_hl=cs&x\\_tr\\_pto=ajax,sc,elem](https://internationalpasta-org.translate.google.com/annual-report/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=cs&x_tr_hl=cs&x_tr_pto=ajax,sc,elem)
- [11] ROSENTRATER, Kurt A.; EVERS, Anthony D. *Kent's technology of cereals: An introduction for students of food science and agriculture*. Woodhead Publishing, 2017.

- [12] PŘÍHODA, J., P. SKŘIVAN a M. HRUŠKOVÁ. Cereální chemie a technologie I.: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004. ISBN 80-7080-530-7.
- [13] TAUFEROVÁ, Alexandra, et al. Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: [https://fvhe.vfu.cz/files/rostlinytechnologie\\_a\\_hyg.\\_potravin, skripta. pdf](https://fvhe.vfu.cz/files/rostlinytechnologie_a_hyg._potravin, skripta. pdf), 2014.
- [14] OBILOVINY v lidské výživě 2019. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2019. ISBN 978-80-88019-38-1.
- [15] CAUVAIN, Stanley P.; YOUNG, Linda S.; SALMON, S. (ed.). *Using Cereal Science and Technology for the Benefit of Consumers: Proceedings of the 12th International ICC Cereal and Bread Congress 24-26 May, 2004*. CRC Press, 2004.
- [16] VELÍŠEK, J. Chemie potravin I. Tábor: OSSIS, 2002, 332 s, ISBN 978-80-86659- 15-2
- [17] SUBRAMANIAM, Persis; WAREING, Peter (ed.). *The stability and shelf life of food*. Woodhead Publishing, 2016.
- [18] BŘEČKOVÁ, Blanka. Vliv skladování na jakost těstovin. 2020
- [19] ARENDT, Elke K.; ZANNINI, Emanuele. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Elsevier, 2013.
- [20] KILCAST, David (ed.). *Texture in food: Solid foods*. Elsevier, 2004.
- [21] NURSTEN, Harry E. *The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications*. Royal Society of Chemistry, 2005.
- [22] BEMILLER, James N. *Carbohydrate chemistry for food scientists*. Elsevier, 2018.
- [23] RICHARDSON, Philip (ed.). *Thermal technologies in food processing*. Elsevier, 2001.
- [24] SHAHIDI, Fereidoon. *Bailey's industrial oil and fat products*, 6 volume set. 2005.
- [25] DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. (ed.). *Fennema's food chemistry*. CRC press, 2007.
- [26] LOGAN, Amy S.; NIENABER, Uwe; PAN, Xiangqing Shawn (ed.). *Lipid oxidation: Challenges in food systems*. Elsevier, 2015.

- [27] ZÁRUBA, Kamil. *Analytická chemie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016.
- [28] HÁLKOVÁ, Jana; RUMÍŠKOVÁ, Marie; RIEGLOVÁ, Jana. *Analýza potravin. 2. vyd.. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 2001. Vitamíny*. ISBN 80-86494-02-0.
- [29] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. Pavel Klouda, 2003.
- [30] HÁLKOVÁ, Jana; RUMÍŠKOVÁ, Marie; RIEGLOVÁ, Jana. *Analýza potravin*. Ivan Straka, 2001.
- [31] HU, Min; JACOBSEN, Charlotte (ed.). *Oxidative stability and shelf life of foods containing oils and fats*. Elsevier, 2016.
- [32] STEELE, Robert (ed.). *Understanding and measuring the shelf-life of food*. Woodhead Publishing, 2004.
- [33] BUŇKA, František; HRABĚ, Jan; VOSPĚL, Bohumír. *Senzorická analýza potravin I*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010.
- [34] ČSN EN ISO 8589 (560036) *Senzorická analýza - Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště*. 2008.
- [35] ČSN EN ISO 8586 (560037) *Senzorická analýza - Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti vybraných posuzovatelů a odborných senzorických posuzovatelů*. 2015.
- [35] CUNNINGHAM, S. E., et al. Modelling water absorption of pasta during soaking. *Journal of food Engineering*, 2007, 82.4: 600-607.
- [36] KILCAST, David (ed.). *Texture in food: Solid foods*. Elsevier, 2004.
- [37] STANFORD, George, et al. Nitrate determination by a modified Conway microdiffusion method. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 1973, 56.6: 1365-1368.
- [38] TIOKOVÁ, Veronika. Charakteristika jakostních změn dlouhodobě skladovaných potravin. 2018.
- [39] BASTARRACHEA, Luis; DHAWAN, Sumeet; SABLANI, Shyam S. Engineering properties of polymeric-based antimicrobial films for food packaging: a review. *Food Engineering Reviews*, 2011, 3.2: 79-93.

- [40] KADIDLOVÁ, Helena, et al. The effect of long-term storage on amino acid content of ready-to-eat entrées. *International journal of food science & technology*, 2010, 45.5: 966-970.
- [41] SMIRJÁK, M.; HRUSOVSKÝ, J.; GARCÁR, J. Dynamics in ammonia levels in the process of producing canned meat for long-term storage. *Veterinární medicína*, 1988, 33.1: 31-38.
- [42] STRAŠÁK, Jan. Změny jakosti trvanlivých potravin v průběhu ročního skladování. 2017.
- [43] ESKIN, N. A. M. Shahidi F. Browning reaction in foods. In. *Biochemistry of Foods*. 3rd. 2013.
- [44] VERARDO, Vito, et al. Influence of storage conditions on cholesterol oxidation in dried egg pasta. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2010, 58.6: 3586-3590.
- [45] CUNNINGHAM, S. E., et al. Modelling water absorption of pasta during soaking. *Journal of food Engineering*, 2007, 82.4: 600-607.
- [46] VAŠKOVÝCH, Lucie. Vybrané potraviny s delší dobou minimální trvanlivosti a hodnocení jejich jakosti. 2018.
- [47] ČERVENKOVÁ, Markéta. Změny jakostních parametrů trvanlivých potravin během skladování. 2019.
- [48] BUBELOVÁ, Zuzana, et al. Quality changes of long-life foods during three-month storage at different temperatures. *Potravinarstvo*, 2017.
- [49] LARROSA, Virginia, et al. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *LWT*, 2016, 70: 96-103.
- [50] FRADINHO, Patrícia, et al. Effect of *Arthrospira platensis* (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta. *Algal Research*, 2020, 45: 101743.
- [51] COLE, M. E. Prediction and measurement of pasta quality. *International journal of food science & technology*, 1991, 26.2: 133-151.
- [52] LAMBRECHT, Marlies A., et al. The role of wheat and egg constituents in the formation of a covalent and non-covalent protein network in fresh and cooked egg noodles. *Journal of food science*, 2017, 82.1: 24-35.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UV    ultrafialové záření

ISE    iontově selektivní elektrody

TČ    tiobarbiturové číslo



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Technologické schéma výroby těstovin [17] .....	18
Obrázek 2. Schéma extrudéru, kde P značí tlakový senzor, T teplotní senzor, A–G jednotlivé zóny v extrudéru [11].....	19
Obrázek 3. Schéma Maillardovy reakce (A,B – vznik glykosylaminu a Amadoriho přesmyku, C, D, E – dehydratace a fragmentace sacharidů a Streckerova degradace aminokyselin, F, G – přeměna meziproductů) [16].....	24
Obrázek 4. Schéma kombinované skleněné iontově selektivní elektrody [27] .....	33

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Dělení těstovin dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. [4] .....	12
Tabulka 2. Moderní režimy sušení [1, 13].....	20
Tabulka 3. Vliv teploty na aktivitu enzymů v těstářenské mouce [13] .....	21
Tabulka 4. Nutriční složení vzorků špaget (na 100 g).....	30
Tabulka 5. Schéma skladovacího experimentu.....	32
Tabulka 6. Výsledky pH a sušiny pro vzorek A .....	39
Tabulka 7. Výsledky pH a sušiny pro vzorek B .....	40
Tabulka 8. Výsledek stanovení pH a sušiny pro vzorek C .....	40
Tabulka 9. Výsledek stanovení pH a sušiny pro vzorek D .....	41
Tabulka 10. Výsledky stanovení pH a sušiny pro vzorek E .....	41
Tabulka 11. Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturového čísla pro vzorky A a B .....	44
Tabulka 12. Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturového čísla pro vzorky C a D .....	45
Tabulka 13. Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturového čísla pro vzorek E.....	46
Tabulka 14. Výsledky stanovení absorpce vody pro vzorky A a B.....	47
Tabulka 15. Výsledky stanovení absorpce vody pro vzorky C a D.....	48
Tabulka 16. Výsledky stanovení absorpce vody pro vzorek E.....	49
Tabulka 17. Výsledky senzoričského hodnocení pro vzorky A a B .....	51
Tabulka 18. Výsledek senzoričského hodnocení pro vzorky C a D.....	52
Tabulka 19. Výsledky senzoričského hodnocení pro vzorek E.....	53
Tabulka 20. Výsledky stanovení odporu k tažení a práce nezbytná k deformaci pro vzorky A a B .....	55
Tabulka 21. Výsledky stanovení odporu k tažení a práce nezbytná k deformaci pro vzorky C a D .....	56
Tabulka 22. Výsledky stanovení k tažení a práce nezbytná k deformaci pro vzorek E .....	57

