

Vliv skladování na jakost těstovin

Blanka Břečková

Bakalářská práce
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Blanka Břečková**
Osobní číslo: **T17656**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Vliv skladování na jakost těstovin**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Charakterizujte těstoviny, zaměřte se na druhy dostupné v tržní síti, jejich složení a způsob výroby
2. Popište změny, které lze očekávat během dlouhodobého skladování těstovin při různých teplotách

II. Praktická část

1. Založte skladovací pokus při různých teplotách s různými druhy těstovin zakoupených v tržní síti
2. V daných časových intervalech proveďte chemickou, texturní a senzorickou analýzu
3. Vyhodnoťte výsledky, diskutujte je s literaturou a vyvoďte závěry

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] ZASYPKIN, D., LEE, T. C. (2002). Storage stability and nutritive value of food for long-term manned space mission. In Welti-Chanes, J., Barbosa-Cánovas, G. V., Agullera, J. M. (Eds.) *Engineering and Food for the 21st Century* (pp. 979-991). Boca Raton: CRC Press, ISBN: 978-1-56676-963-1.
- [2] BUBELOVÁ, Z., ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKOVÁ, L., TALÁR, J., ZAJÍČEK, V., FOLTIN, P., BUŇKA, E. (2017). Quality changes of long-life foods during three-month storage at different temperatures. *Potravnářstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 11, 43-51.
- [3] OLIVERA, D.F., SALVADORI, V.O. (2011). Instrumental and sensory evaluation of cooked pasta during frozen storage. *International Journal of Food Science and Technology*. 46, 1445-1454.
- [4] CARINI, E., CURTI, E., CASSOTTA, F., NAJIM, N.E.O., VITTADINI, E. (2014). Physico-chemical properties of ready to eat, shelf-stable pasta during storage. *Food Chemistry*. 144, 74-79.

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

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce bylo provedení skladovacího pokusu, založeného na vyhodnocení chemických, texturních a organoleptických vlastností špaget. Pět různých druhů špaget lišících se složením bylo skladováno při 4 teplotách (-18, 5, 23 a 40 °C) po dobu půl roku. Z výsledků skladovacího experimentu bylo zjištěno, že pH se u všech druhů těstovin snížilo jak vlivem teploty, tak i délkou skladování. Obsah sušiny se snížil u špaget skladovaných v mrazničce a lednici; u ostatních teplot tento trend pozorován nebyl. Během skladování při všech teplotách bylo pozorováno zvýšení množství amoniaku a sekundárních produktů oxidace lipidů (vyjádřených jako tiobarbiturové číslo), přičemž nejvýraznější nárůst byl zaznamenán v případě nejvyšší skladovací teploty. Senzorická jakost nebyla podmínkami skladování téměř ovlivněna, závisela pouze na složení těstovin. Podobně tomu bylo i v případě texturních parametrů, které se měnily jen v závislosti na surovinové skladbě analyzovaných špaget.

Klíčová slova: těstoviny, skladovací pokus, teplota a délka skladování, amoniak, tiobarbiturové číslo, jakost

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis was to perform a storage experiment based on the evaluation of chemical, textural and organoleptic properties of spaghetti. Five different types of spaghetti with different composition were stored at 4 temperatures (-18, 5, 23 and 40 °C) for half a year. From the results of the storage experiment, it was found that the pH of all types of pasta decreased due to both temperature and length of storage. The dry matter content of spaghetti stored in the freezer and refrigerator decreased; at other temperatures this trend was not observed. During storage at all temperatures, an increase in the amount of ammonia and lipid secondary oxidation products (expressed as thiobarbiturate number) was observed, with the most significant increase recorded at the highest storage temperature. Sensory quality was hardly affected by storage conditions, it depended only on the composition of the pasta. The situation was similar in the case of texture parameters, which changed only depending on the raw material composition of the analyzed spaghetti.

Keywords: pasta, storage experiment, storage temperature and length, ammonia, thiobarbiturate number, quality

Ráda bych touto cestou poděkovala mojí vedoucí Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za vstřícnost, trpělivost a cenné rady při vypracování bakalářské práce. Další poděkování věnuji Ing. Ludmile Zálešákové, Wan Ting Huang a Mgr. Richardu Adámkovi za pomoc a ochotu při práci v laboratoři.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TĚSTOVINY	12
1.1 DĚLENÍ TĚSTOVIN	12
1.2 HISTORIE	13
2 SLOŽENÍ TĚSTOVIN A JEJICH VÝZNAM VE VÝŽIVĚ	14
2.1 SLOŽENÍ TĚSTOVIN	14
2.2 VÝZNAM TĚSTOVIN VE VÝŽIVĚ	15
3 SPOTŘEBA A PRODUKCE TĚSTOVIN V ČR I VE SVĚTĚ	20
4 DRUHY TĚSTOVIN DOSTUPNÉ V TRŽNÍ SÍTI	23
5 SUROVINY PRO VÝROBU TĚSTOVIN	24
5.1 MOUKA.....	24
5.2 VODA	26
5.3 DALŠÍ SUROVINY	27
6 TECHNOLOGIE VÝROBY TĚSTOVIN	28
6.1 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY TĚSTOVIN EXTRUZÍ	28
7 PŘEDPOKLÁDANÉ ZMĚNY PŘI DLOUHODOBÉM SKLADOVÁNÍ TĚSTOVIN PŘI RŮZNÝCH TEPLITÁCH	34
7.1 MAILLARDOVY REAKCE	35
7.2 LIPOLÝZA	36
7.3 OXIDACE LIPIDŮ	36
7.4 HYDROLÝZA PROTEINŮ	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
8 CÍL PRÁCE	39
9 METODIKA	40
9.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	40
9.2 POUŽITÉ POMŮCKY	40
9.3 POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	40
9.4 POUŽITÉ VZORKY.....	40
9.5 CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTU.....	42
9.6 PŘÍPRAVA VZORKU	42
9.7 STANOVENÍ PH	42
9.8 STANOVENÍ SUŠINY	43
9.9 STANOVENÍ AMONIAKU CONWAYOVOU METODOU	43

9.10	STANOVENÍ TIOBARBITUROVÉHO ČÍSLA.....	44
9.11	SENZORICKÁ ANALÝZA.....	45
9.12	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	46
10	VÝSLEDKY A DISKUZE	48
10.1	PH.....	48
10.2	SUŠINA	48
10.3	AMONIAK	50
10.4	TIOBARBITUROVÉ ČÍSLO	50
10.5	SENZORICKÁ ANALÝZA.....	52
10.6	TEXTURNÍ ANALÝZA.....	54
	ZÁVĚR.....	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	66

ÚVOD

Těstoviny jsou řazeny mezi potraviny s rozšířenou historií, zasahující až do etruské civilizace. Pro svou nenáročnou přípravu jsou oblíbenou přílohou mnoha pokrmů. Ročně se v ČR zkonsumuje několik desetitisíce tun těstovin. Jejich výroba je složena ze dvou hlavních surovin, vody a mouky, popřípadě lze do receptury přidat i další doplňkové složky.

Sušené těstoviny patří mezi trvanlivé výrobky, které mají skladovací dobu 2 roky. Změnou skladovací teploty nastávají procesy, ovlivňující kvalitu výrobku. Smyslem této práce bylo simulovat 4 různé teploty, ve kterých byly sušené těstoviny skladovány po dobu půl roku. Po určitých časových intervalech, byla prováděna senzorická, chemická a texturní analýza.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou charakterizovány těstoviny, od historie přes výrobu až po skladování. Důležitou částí je kapitola, zabývající se vlivy skladování, na které následuje praktická část. Hlavním úkolem praktické části bylo provést skladovací pokus pro pět vzorků, skladovaných při různých teplotách po určitou dobu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TĚSTOVINY

Těstoviny nejlépe charakterizuje vyhláška 18/2020 Sb., podle níž jsou těstoviny výrobky, vyrobené tvarováním nekynutého a chemicky nekypřeného těsta připraveného z mlýnských obilných výrobků nebo jiných surovin rostlinného původu, popřípadě s přidavkem dalších složek. Sušené těstoviny se po ztvarování usuší na obsah vlhkosti nejvýše 13 hmotnostních procent. Nesušené těstoviny, podléhající snadné mikrobiologické zkáze, jsou po ztvarování mírně osušeny na celkový obsah vlhkosti nejméně 20 hmotnostních procent. Čerstvé těstoviny, podléhající snadné mikrobiologické zkáze, jsou po ztvarování mírně osušeny na celkový obsah vlhkosti nejméně 24 hmotnostních procent a jejich datum použitelnosti je nejvýše 14 dní od data výroby. U vaječných těstovin je kromě mlýnských obilných výrobků použito vejce nebo vaječné výrobky. Semolinové těstoviny jsou vyrobeny pouze ze semoliny, tedy krupice z pšenice *Triticum durum*, bez přidavku vajec a vaječných výrobků. Vaječné semolinové těstoviny jsou vyrobeny ze semoliny, tedy krupice z pšenice *Triticum durum* s přidavkem vajec nebo vaječných výrobků. Celozrnné těstoviny jsou vyrobené z celozrnné mouky z jednoho či více druhů obilovin, pohanky nebo rýže. Instantní těstoviny jsou definované jako výrobky, vyrobené speciální technologickým postupem, které se pro konzumaci připravují rehydratací ve vodě nebo jiné tekutině [1].

1.1 Dělení těstovin

V tabulce č. 1 je uvedeno dělení dle vyhlášky 18/2020 Sb. [1].

Tabulka 1 – Rozdělení těstovin [1]

Druh	Skupina	Podskupiny
Těstoviny	Vaječné	Sušené
	Bezvaječné	Nesušené
	Semolinové	Čerstvé
	Semolinové vaječné	Sušené s náplní
	Celozrnné	Nesušené s náplní
		Čerstvé s náplní

1.2 Historie

Historie je protkaná spoustou teorií o vzniku a původu těstovin. Někteří připisují objevení těstovin Římanům, někdo Egypťanům a další zas Číňanům [2]. Mezi poslední objevy vědců patří důkaz z dob Etrusků, datovaných do 4. století před našim letopočtem. Nejednalo se přímo o těstoviny, které známe dnes, ale byly to povařená, namletá obilná zrna smíchaná s vodou [3].

Traduje se, že Řekové při založení Neapole dostali od domorodců misku zvanou „*macaria*“, vytvořenou usušením ječmenné mouky s vodou na slunci [3]. Další zmínka pochází až ze starého Říma od Cicerona, opěvující „*lagany*“, tenké plátky, vyrobené z pšeničné mouky a vody, které odstartovaly vývin nástrojů a pomůcek k vytvoření výrobků podobných dnešním lasagním [2, 3].

Dlouhé těstoviny, nazvané „*makarony*“ byly použity v dílech římských spisovatelů v 1. století našeho letopočtu. Ve 12. století bylo zmíněno, že makarony se sýrem pocházejí z Janovské a Neapolské kuchyně. Ve 12. století se objevují i sušené těstoviny, pocházející ze Sicílie. První nalezené stroje na výrobu těstovin se dochovaly ze 17. století [3]. Těmito stroji se zjednodušila výroba a snížily se náklady na jejich výrobu, a kvůli tomu došlo k jejich rozšíření po celé Evropě, a i do Ameriky, kam je evropští přistěhovalci dovezli [3, 4]. V Benátkách v roce 1740 vznikl první výrobní závod na těstoviny. Z 18. století pochází kniha „*The cooking pan*“, tedy Pánev na vaření, ve které byla popsána příprava lasagní ve vývarech. V Boloňské univerzitě v kodexu se nachází postup, jak vyrobit lasagne. Během 19. století došlo v Itálii k rozšíření těstovin do všech společenských vrstev [3]. Postupně se rozšířily u nás, kdy v roce 1884 vznikla těstárna bratří Zátků, která se i dnes nachází v Boršově v Jižních Čechách [4].

2 SLOŽENÍ TĚSTOVIN A JEJICH VÝZNAM VE VÝŽIVĚ

2.1 Složení těstovin

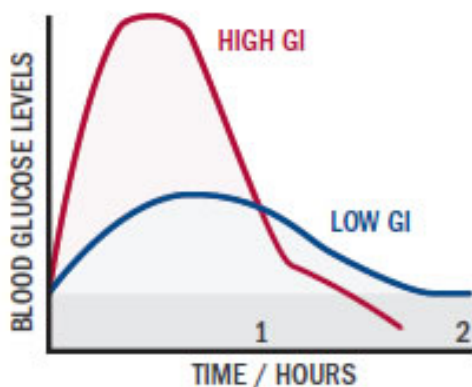
Průměrné složení těstovin se pohybuje okolo 12 % proteinů, 0,5 – 0,7 % lipidů, 72 – 74 % sacharidů, 12 – 13 % vody a zbytek tvoří zastoupení vitaminů a minerálních látek [5]. Toto složení se může lišit v závislosti na použitých základních surovinách [6]. V Tabulce 2 je zaznamenáno chemické složení vztahující se na 100 g těstovin, vyrobených z pšeničné mouky [7].

Tabulka 2 – Chemické složení těstovin ve 100 g [7]

Chemické složení	Množství
Voda	10,80 g
Proteiny	10,90 g
Sacharidy	79,10 g
z toho	
- rozpustné cukry	4,20 g
- škrob	68,10 g
Tuky	1,40 g
z toho	
- nasycené mastné kyseliny	0,22 g
- mononenasycené mastné kyseliny	0,16 g
- polynenasycené mastné kyseliny	0,69 g
Celková vláknina	2,70 g
z toho	
- rozpustná vláknina	1,15 g
- nerozpustná vláknina	1,55 g
Kyselina fytová	0,25 mg

2.2 Význam těstovin ve výživě

Těstoviny mají nízký glykemický index (GI), který udává hodnotu, o kolik potravina zvýší hladinu cukru v krvi. Zahrnují se do kategorie $GI \leq 55$ a využívají se v mnoha redukčních dietách. Na Obrázku 1 je zaznamenán modře pomalejší průběh u potravin s nízkým GI. Červenou barvou je označen strmý průběh zvýšené hladiny inzulínu a cukru v krvi pro potraviny s vysokým GI [8].



Obrázek 1 – Zvýšená hladina cukru v krvi pro nízký a vysoký GI [8]

Nejnovější studie pokládají glykemickému indexu stravy značnou váhu na lidském zdraví. Vědci se domnívají, že konzumace potravin s vysokým glykemickým indexem má za následek zvýšené riziko onemocnění rakoviny prsou, prostaty, kolorektálního karcinomu, a pankreatu, nebo onemocnění diabetu 2. typu či kardiovaskulárních chorob. Také bylo prokázáno, že dieta vztažena na stravu s nízkým glykemickým indexem může vést k hubnutí. Musíme ale vzít v potaz, že ne všechny potraviny s nízkým GI jsou zdravé, pro příklad si uvedeme tyčinku Snickers, která má hodnotu GI 43, nebo známá Coca Cola má GI 63 [8]. V tabulce 3 jsou porovnány výživové údaje vařených a sušených druhů těstovin [4].

Uvádí se, že 100 g těstovin představuje zhruba 353 kilokalorií, což zaujímá 14 % optimální výživové hodnoty pro pokrytí denní potřeby pro průměrného člověka, která tvoří 2400 kilokalorií. Energetická hodnota je shrnuta v Tabulce 4 [7].

Tabulka 3 – Porovnání výživových hodnot sušených a vařených těstovin ve 100 g [4]

Složky	Semolinové těstoviny		Semolinové celozrnné těstoviny		Vaječné těstoviny	
	sušené	vařené	sušené	vařené	sušené	vařené
-						
Energie (kJ)	1477	560	1322	514	1503	585
Voda (g)	12	66	12	66	12,1	66,0
Sacharidy (g)	70,4	27,2	59,1	22,9	75,5	29,2
Vláknina (g)	3,8	1,5	11,4	4,4	2,9	1,2
Bílkoviny (g)	11,8	4,6	13,1	5,1	9,9	3,8
Lipidy (g)	1,3	0,5	2,5	1,0	2,1	0,8
Minerální látky (g)	0,6	0,2	1,8	0,7	0,4	0,2

Tabulka 4 – Energetické hodnoty pro 100 g pšeničných těstovin [7]

Energie	
Kcal	353
KJ	1476
Kalorie z bílkovin	12 %
Kalorie ze sacharidů	84 %
Kalorie z tuků	4 %

V těstovinách představují bílkoviny neplnohodnotné zastoupení všech esenciálních aminokyselin, kdy lyzin je v těstovinách jako limitující aminokyselina a kyselina glutamová představuje největší podíl z aminokyselin, jak je shrnuto v Tabulce 5 [7]. Příznivější složení mají vaječné těstoviny, obohacené o vaječnou bílkovinu [6]. Ale mnohem zásadnější význam má pšeničný bílkovinný komplex nazvaný lepek, složený z 30 – 35 % glutaminu a z 15 – 18 % prolinu. Doposud byly vymezeny tři choroby, u kterých si lidé často mylně myslí, že jsou totožné. Jsou to alergie na lepek, celiakie a citlivost na lepek. U alergie na lepek se jedná o imunologickou reakci zprostředkovanou IgE, přičemž u celiakie se jedná

o dědičné autoimunitní onemocnění, vyvolané genetickou vazbou. Buď mezi HLA antigeny – DQ2, anebo mezi HLA antigeny – DQ8. A poslední chorobou je citlivost na lepek, ta je diagnostikována, pokud nebyly prokázány první dvě choroby a pacient prokazuje příznaky po konzumaci potravin s lepkem [10].

Tabulka 5 – Složení aminokyselin v těstovinách [7]

Aminokyseliny	100 g jedlé části	100 g proteinu
Lyzin	219 mg	2,01 g
Histidin	226 mg	226,00 g
Arginin	395 mg	3,62 g
Kyselina asparagová	509 mg	4,67 g
Treonin	314 mg	2,88 g
Serin	568 mg	5,21 g
Kyselina glutamová	3512 mg	32,22 g
Prolin	1189 mg	10,91 g
Glycin	354 mg	3,25 g
Alanin	359 mg	3,29 g
Cystein	255 mg	2,34 g
Valin	544 mg	4,99 g
Metionin	183 mg	1,68 g
Izoleucin	455 mg	4,17 g
Leucin	834 mg	7,65 g
Tyrozín	310 mg	2,84 g
Fenylalanin	542 mg	4,97 g
Tryptofan	105 mg	0,96 g

Lipidové zastoupení v těstovinách je poměrně malé, do výrobku se dostávají z mouky, ale i z vajec. Nejpočetnější skupinou mastných kyselin představují polyenové mastné kyseliny, kam patří kyselina linolenová a kyselina linolová (viz tabulka 6) [7]. Důležitým a často propíraným tématem je cholesterol zastoupený jen ve vaječných těstovinách, a to pouze v nepatrném množství [6].

Tabulka 6 – Zastoupení mastných kyselin ve 100 g těstovin [7]

Mastné kyseliny (MK)	Množství
Celkové množství nasycených MK	0,22 g
- C16: 0 (palmitová)	0,20 g
- C18: 0 (stearová)	0,01 g
- C20: 0 (arachová)	0,01 g
Celkové množství monoenových MK	0,16 g
- C18: 1 (olejová)	0,16 g
Celkové množství polyenových MK	0,69 g
- C18: 2 ω - 6 (linolová)	0,64 g
- C18: 3 ω - 3 (linolenová)	0,05 g

Poslední nepatrnou součástí složení tvoří minerální látky a vitaminy. Z vitaminů jsou to převážně tiamin, riboflavin a niacin (viz tabulka 7) [7]. A z minerálních látek hořčík, vápník, fosfor, železo a mnoho dalších (viz tabulka 8) [7]. Celozrnné těstoviny bývají často vyhledávány pro lepší nutriční zastoupení. Tyto těstoviny mívají vyšší obsah vlákniny, minerálních látek a vitaminů (viz tabulka 3) [6]. Vaječné těstoviny mohou obsahovat vlivem vajec i vitaminy rozpustné v tucích jako jsou A, D a E [11].

Tabulka 7 – Zastoupení vitaminů ve 100 g těstovin [7]

Vitaminy	Množství
Tiamin (B1)	0,10 mg
Riboflavin (B2)	0,20 mg
Niacin (B3)	2,50 mg

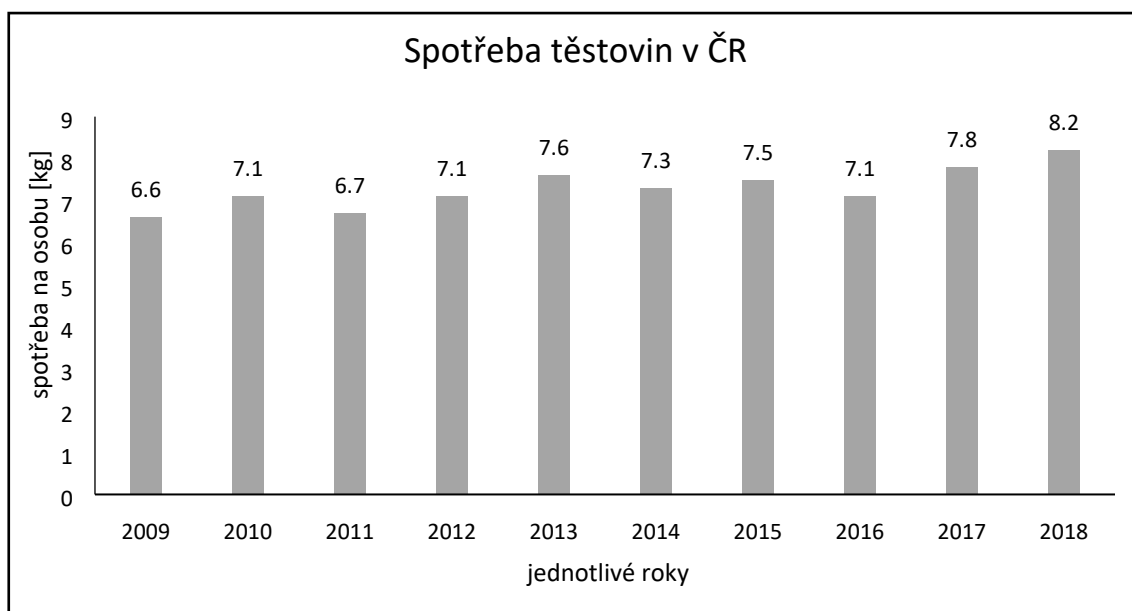
Tabulka 8 – Zastoupení minerálních látek ve 100 g těstovin [7]

Minerály	Množství
Vápník	22,00 mg
Železo	1,40 mg
Fosfor	189,00 mg
Hořčík	51,00 mg
Draslík	192,00 mg
Měď	0,32 mg
Selen	2,70 mg
Zinek	1,15 mg

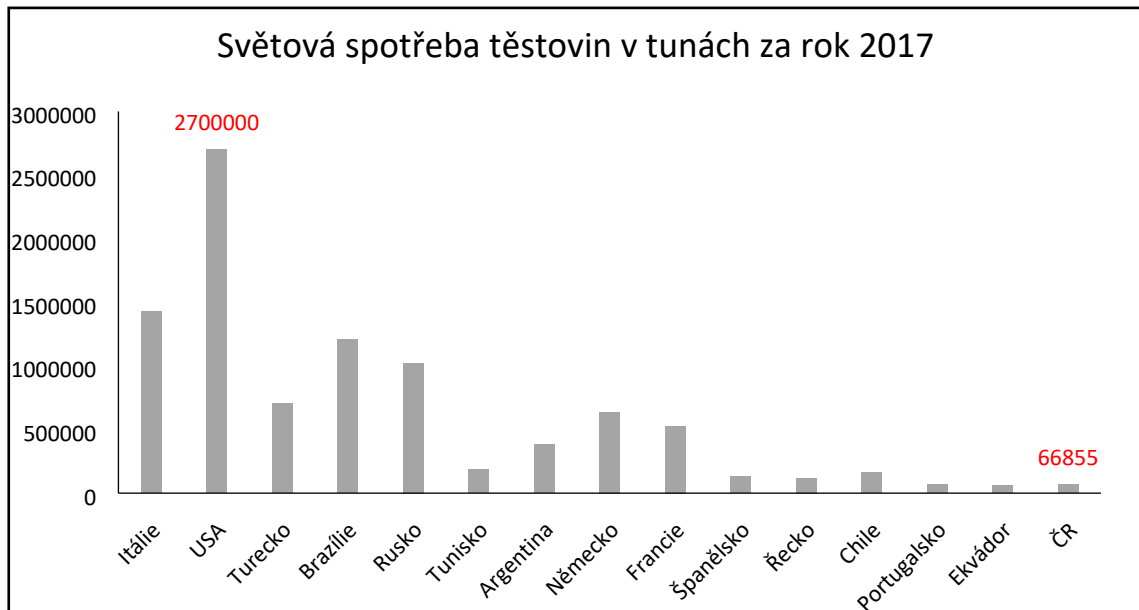
Další zajímavá látka v těstovinách je kyselina fytoová nebo též fytát či IP_6 [12]. Je sice zastoupena v malém množství zhruba 0,25 – 9,1mg / g, ale i tak má v potravinách spoustu kladných a záporných vlastností. Hlavním negativem kyseliny fytoové je její absorpce minerálů (zinek, železo, vápník, hořčík, mangan a měď), a proto je zařazena mezi antinutrienty. Při kontaktu s minerální látkou dochází ke vzniku nerozpustných komplexů minerál – fytát, které se neabsorbují v lidském gastrointestinálním traktu [7, 13]. Její pozitivní účinky sice nejsou prokazatelně potvrzené, ale zatím byly po testech na zvířatech prokázány její antioxidační vlastnosti. Může sloužit jako prevence pro některá onkologická onemocnění, kterými jsou rakovina prsu a střev. Další pozitivum má na snížení hladin cholesterolu a triacylglycerolu. Snižuje i nárůst ledvinových kamenů, tím že udržuje správnou hladinu krevního cukru v krvi. Také pozitivně působí jako jeden z ochranných impulzů infarktu myokardu [12].

3 SPOTŘEBA A PRODUKCE TĚSTOVIN V ČR I VE SVĚTĚ

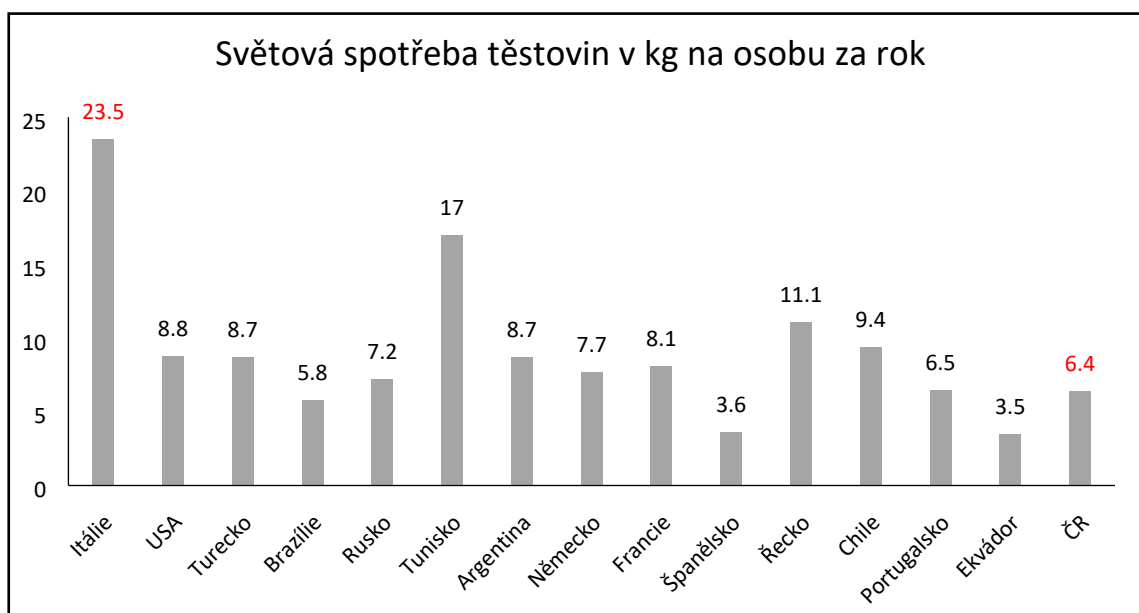
Spotřeba těstovin v České republice má kolísavý vzestup a pomalu se blíží k 9 kg na osobu za rok. Graf je zobrazen na Obrázku 2, sumarizující spotřebu těstovin v kilogramech na osobu v letech 2009 – 2018 v ČR [14]. Ale ani z daleka se nemůže spotřeba v ČR rovnat spotřebě USA či Itálii (viz Obrázek 3). Spotřeba v USA překonala spotřebu v Itálii jen kvůli svému počtu obyvatel, protože pokud zesumarizujeme spotřebu těstovin na osobu v kg za rok, tak čísla jsou jasná (viz Obrázek 4). Pro představu je na Obrázku 5 uvedena i světová produkce těstovin, kterou s přehledem vede Itálie [15].



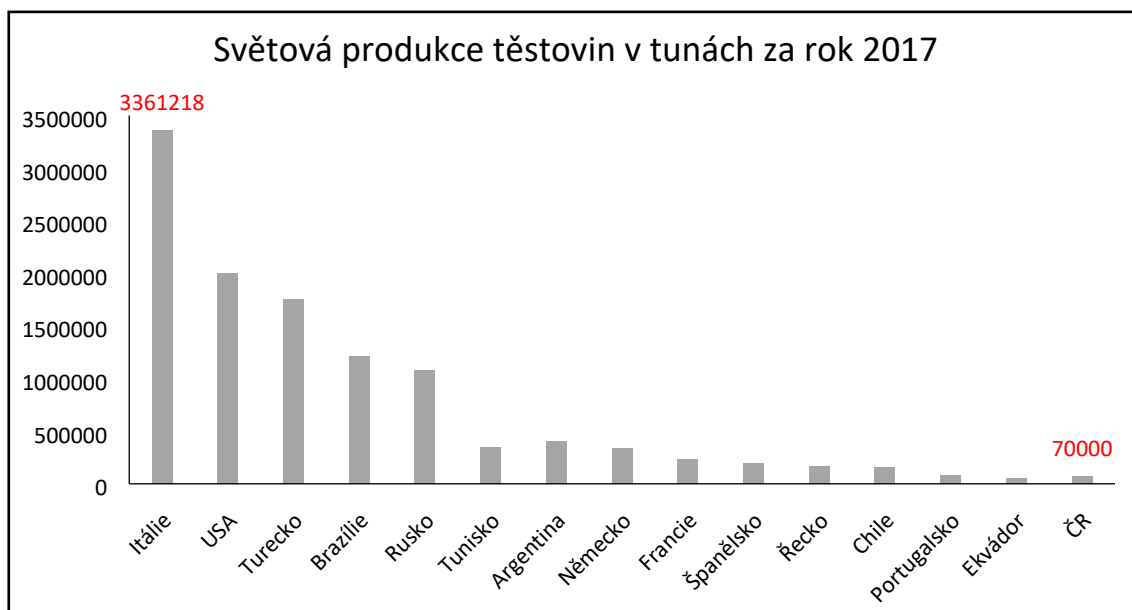
Obrázek 2 – Spotřeba těstovin v ČR na osobu a rok v kg [14]



Obrázek 3 – Světová spotřeba sušených těstovin [15]



Obrázek 4 – Světová spotřeba sušených těstovin v kg na osobu za rok [15]



Obrázek 5 – Světová produkce sušených těstovin [15]

4 DRUHY TĚSTOVIN DOSTUPNÉ V TRŽNÍ SÍTI

Těstoviny představují široký sortiment tuzemské a zahraniční výroby, spadající do různých kategorií. Podle složení se těstoviny dělí na vaječné, bezvaječné, semolinové a celozrnné, jak bylo uvedeno v kapitole 1. Podle použití se těstoviny dělí na přílohové, používané jako příloha, tedy k hlavnímu chodu a zavářkové, drobnějších tvarů, přidávající se do polévek. Podle tvaru jsou děleny na dlouhé, kam spadají špagety, makaróny, aj. a krátké, nejrozšířenější skupina obsahující nejrůznější tvary a velikosti. Mezi nejznámější patří kolínka, vřetena, penne a fleky, apod. Dělení dle tvarování zahrnuje válcované a lisované těstoviny. Válcované těstoviny zahrnují technologii válcování těsta mezi dvěma válci, přičemž tenký rozválený plát je nařezán na požadované tvary a délky. Mezi nejoblíbenější patří lasagne a tagliatelle. Technologie lisování zahrnuje vytlačování těsta přes matrici, která tvaruje těsto na požadovaný druh těstovin. Dělení dle technologie výroby zahrnuje sušené, čerstvé, plněné, zmrazené a instantní těstoviny [4, 6]. Sušené těstoviny jsou sušeny na předepsanou vlhkost (viz Tabulka 9) danou vyhláškou 18/2020 Sb. Čerstvé těstoviny zahrnují také sušení, ale ne tak intenzivní jako u sušených těstovin, proto je obsah jejich vlhkosti daleko vyšší. (viz Tabulka 9) [1]. Plněné těstoviny mají v sobě náplň. Ta může být různá od masové až přes zeleninovou k sladké variantě. Zmrazené těstoviny jsou čerstvé těstoviny, které se po tvarování zmrazují [6]. Instantní těstoviny představují rozdílný druh těstovin, připravují se speciální technologií a pro její konzumaci se výrobek musí rehydratovat ve vodě či jiné tekutině [4].

Tabulka 9 – Fyzikální a chemické požadavky na těstoviny [1]

	Těstoviny	Nejméně	Nejvýše
Vlhkost	Sušené	-	13 %
	Nesušené	20 %	-
	Zmrazené	20 %	38 %
	Balené vakuově nebo v inertní atmosféře	20 %	38 %

5 SUROVINY PRO VÝROBU TĚSTOVIN

Hlavní složkou pro výrobu těstovin je voda a mouka. Tyto suroviny byly zachovány už od jejich počátků a využívají se i dnes. Do receptury mohou být přidány i další látky, jako například vejce [4].

5.1 Mouka

lepku 36 – 50 % jsou žádané parametry pšenice pro výrobu těstovin. V Tabulce 10 jsou jakostní parametry na mouku. Zlatavá barva je způsobena obsahem žlutých a oranžových karotenových barviv a sklovitost dává žádaný průsvitný vzhled sušeným těstovinám. V našich podmínkách se tato pšenice nepěstuje, proto u nás převládá výroba těstovin z polohrubé mouky z potravinářské pšenice *Triticum aestivum*. Existovala by možnost dovozu semoliny, ale jedná se o dražší variantu výroby těstovin. V některých případech se obě mouky mísí dohromady [4, 16]. Rozdíl mezi oběma moukami se dá na první pohled rozpoznat podle barvy. Těstoviny z polohrubé mouky z potravinářské pšenice jsou světlé a ve většině případů je do základní receptury přidáno ještě vejce pro lepší finální barvu těstovin. Mají jednu velkou nevýhodu oproti semolinovým těstovinám a to tu, že se snadněji rozváří [4].

Tabulka 10 – Jakostní požadavky na mouku [16]

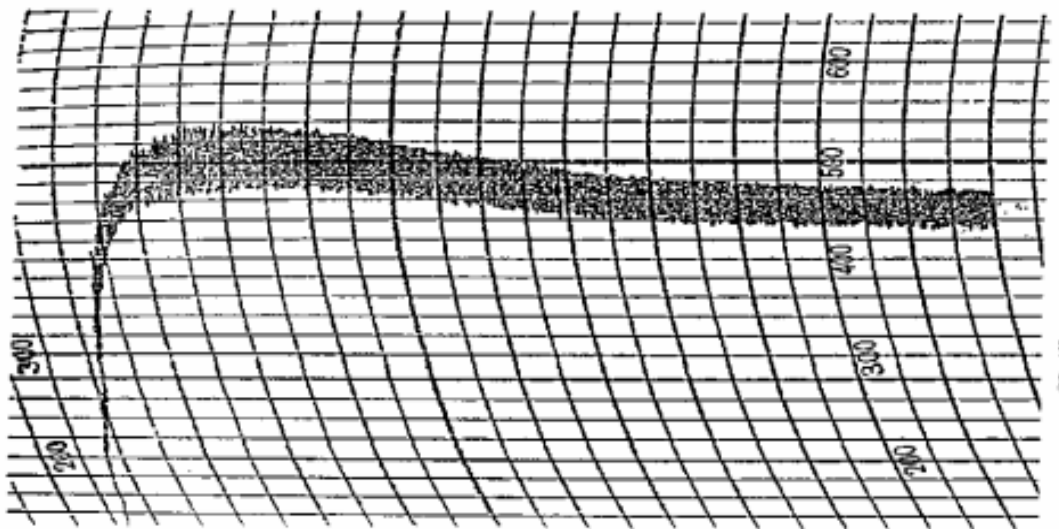
Požadavky	Semolina	Polohrubá mouka (těstářenská)
Vlhkost [%]	16,0	15,0
Popel [%]	0,9	0,6
Mokrý lepek min. [%]	30,0	24,0
Zrnitost (rozměry / % propadu)	Min.	366 / 96
	Max.	119 / 30

Důležitým faktorem u mouky je její granulace, protože ta má vliv na vstřebávání vody, která je důležitá v operacích lisování a sušení. Hrubší částice jsou vhodnější než ty jemné kvůli pomalejšímu bobtnání, takže nevznikají bílé skvrny jako u mouk z jemných částic. Dále tu není takové mechanické narušení a dochází k lepší odolnosti vůči enzymům a k menší rozvářivosti. V Tabulce 11 jsou uvedena doporučení pro granulaci částic semoliny [6].

Tabulka 11 – Doporučená granulace částic pro přípravu těsta [6]

Velikost částic [μm]	Podíl částic [%]
>425	1
355 – 425	10
300 – 355	30
250 – 300	35
150 – 250	15
<150	9

Správné zastoupení mokrého lepku je důležité z mnoha hledisek. Prvním je pevnost a vláčnost těsta. Druhé je pevná, hladká a pružná textura hotových těstovin s nerozvářivými vlastnostmi a velkým objemem. Pokud má mouka lepek pod 30 % dochází tak k menšímu odporu a díky tomu snáz prochází těsto matricí, a tím se zvyšuje výkon lisu. Bohužel to má i negativní vlastnosti, které jsou nežádoucí pro výrobu těstovin. Finální výrobek je lepivý se snadnou rozvářivostí a nevzhlednou šedou barvou. Se zvýšením obsahu lepku nad 40 % se sníží výkon lisu a změní se i zpracování těsta. Toho se využívá u dlouhých těstovin, kdy se zvýší teplota a vlhkost těsta, které je pak mechanicky velmi pevné [16]. Pomocí farinografické zkoušky se dá získat orientační množství vody, potřebné na vytvoření správné konzistence těsta [17]. Farinogram semoliny je uveden na Obrázku 6 [16].



Obrázek 6 – Farinogram semoliny [16]

Dalším nevzhledným problémem mohou být stípy. Stípy představují malé části v mouce, většinou tmavé barvy, které se do mouky dostávají z obalových vrstev či z částí rostlin. Dle podnikových norem je stanoven limit na nejvýš 20 nálezu na cm^2 [16].

5.2 Voda

Voda je druhou hlavní surovinou pro výrobu těstovin. V recepturním složení je voda zastoupena v množství 24 – 30 % na mouku [16]. Jako v každém potravinářském závodě musí voda splňovat požadavky na pitnou vodu řídicí se vyhláškou č. 83/2014 Sb., v platném znění [4].

Tvrdość vody by neměla přesahovat 10 – 11 mmol/l . Kvůli korozi se doporučuje i správná kyselost vody, u které by se neměl projevit kyselý charakter. Důležitým faktorem ovlivňující barvu a nepříjemnou chuť těstovin je zvýšený obsah sodíku, vápníku a hořčíku. Drolivost těsta je zapříčiněna množstvím solí, proto by jejich obsah neměl být vyšší. Teplota vody závisí na kvalitě mouky a na vyráběném druhu těstovin. U lisování je doporučená teplota v rozmezí 28 – 30 $^{\circ}\text{C}$. Teplejší voda se používá u těstovin, vyrobené z mouk s vyšším obsahem lepku. Průsvitnost těstovin může být ovlivněna díky škrobovým vlastnostem s teplou vodou [16]. U dlouhých těstovin je množství vody přidané do těsta z pravidla nižší okolo 25 – 26 % a u krátkých těstovin se vyžaduje až 34 % [4, 16].

5.3 Další suroviny

Další suroviny jsou přidávány do receptury za účelem docílení zlepšení vlastností. Tím se myslí v podstatě cokoliv, co by dokázalo obohatit výrobek. Těmito látkami jsou karotenová barviva, kurkuma, vejce, sušené mléko, lepek, vitaminy aj. Mezi látky, zvyšující výživovou hodnotu patří vejce, lepek, mléko a sója. Ovocné, zeleninové šťávy, pasty a aromatické látky se používají jako ochucující látky. Pro zlepšení barvy těstovin jsou využívány barviva z přírodních látek a extraktů. Nejvyužívanější jsou barviva z ovoce, zeleniny a koření, které vlivem svého obsahu minerálních látek a vitaminů zlepšují i nutriční vlastnosti. Zajímavou barvicí složkou je výtažek z inkoustu ze sépie, tvořící typicky černé zabarvení těstovin. Do výrobku se mohou přidávat antioxidanty a látky zabraňující rozkladu karotenoidů mouky. Jako biologicky aktivní látky se dodávají vitaminové přípravky, vitaminy B₁, B₂ a PP (B₃) [4, 5].

5.3.1 Vejce

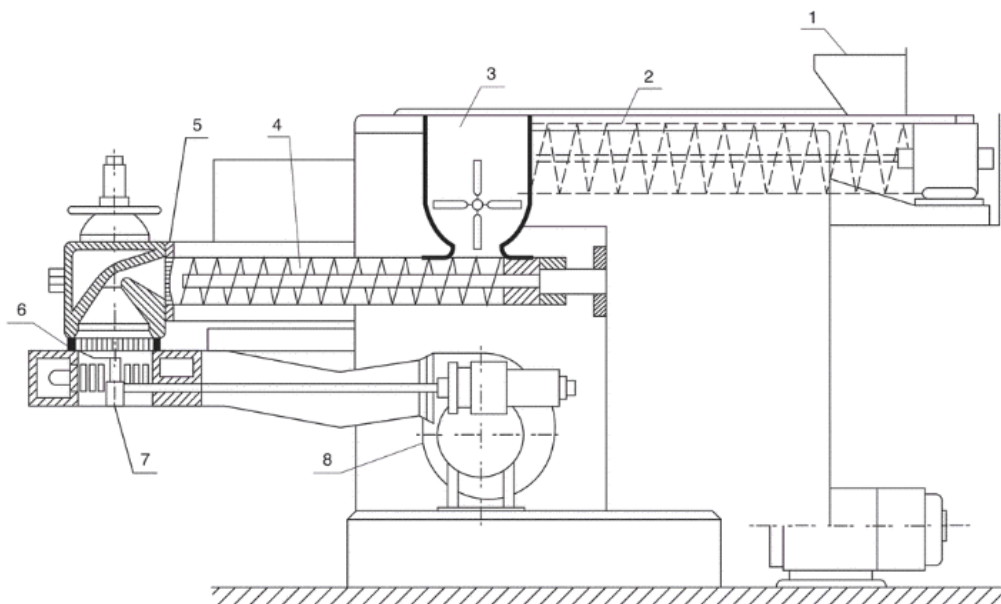
Vejce mají technologický i nutriční význam. Technologický v tom, že slouží jako obarvující složka těstovin, a tím je výrobek lákavý pro zákazníka. To se hlavně využívá u nás, kdy naší hlavní složkou je právě mouka z pšenice obecné. Takové výrobky mají světlou barvu a díky vejcím dostávají sytější nádech. U nás se vejce obvykle nepřidávají do semolinových těstovin jako v zahraničí, i když samozřejmě mohou být výjimky. Krom barvy, výrobek nabývá na objemu a dochází k pevnosti při vaření [4]. O trochu hůře působí na průsvitnost finálních těstovin [16]. Vejce je řazeno mezi rizikové suroviny, a proto se do receptury nepoužívají čerstvá, ale sušená, nebo v podobě melanží [6, 4]. Jedno čerstvé vejce odpovídá množství 10,425 g sušené směsi. Přídavek vajec není nijak omezen vyhláškou 18/2020 Sb. Pouze u domácích těstovin je povoleno používat čerstvá vejce [4]. Odstín žluté u vaječných těstovin odpovídá počtu použitých vajec. U dlouhých těstovin se nepřidává takové množství, protože vejce mají vliv na texturu, zpravidla u nesušených těstovin na křehkost a lámavost [16]. Ruční výrobou je do těsta přidáno minimálně 6 čerstvých vajec na 1 kg pšeničné mouky [4].

6 TECHNOLOGIE VÝROBY TĚSTOVIN

Technologický postup výroby těstovin závisí na daném výrobku. Pro výrobu se používá extruze (vytlačování), laminace, nebo tvarování na pásu. Pro laminaci jsou typické druhy těstovin jako linguini, pappardelle, tagliatelle atd. Těstoviny tvarované na pásu mají charakteristický tvar, získaný ruční, nebo strojní technikou. Touto technologií se vyrábějí trofie a cavatelli. Nejpoužívanější technologií je extruze, vytlačování těsta přes matrici extruderem, kterou se získává nespočet tvarů těstovin. Mezi nejznámější druhy patří špagety, makarony, fusilli, penne atd [18].

6.1 Technologický postup výroby těstovin extruzí

Dnešní výroba těstovin je už na takové úrovni, že je zcela automatizovaná. Skládá se z 5 hlavních fází, míchání, hnětení, tvarování, extruze a sušení [18, 20]. Zařízení, ve kterém probíhá extruze, se nazývá vysokokapacitní šnekový extrudér (viz Obrázek 7) [19].



Obrázek 7 – Extrudér (lis) za studena, (1) násypka, (2) míchač, (3) směšovač, (4) hnětací sekce, (5) hmotnostní tok vyrovnávající síto, (6) lis, (7) řezání, (8) ventilátor [19]

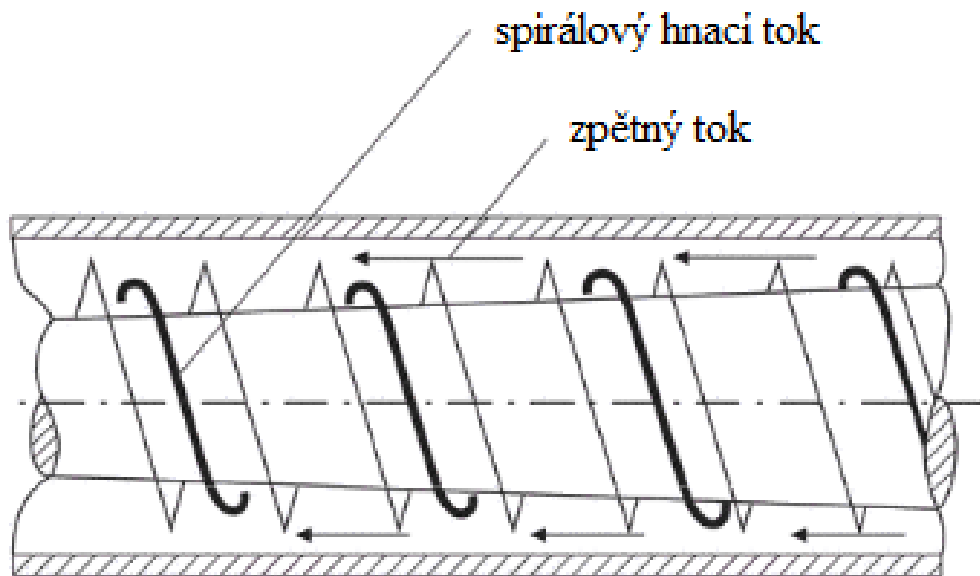
Těstoviny, vyrobené touto technologií jsou méně kvalitní než těstoviny vyrobené laminací. Je to způsobeno změnou proteinů při tvarování v extrudéru. Také tyto těstoviny váží více vody při vaření, a tím dochází ke zvýšenému stupni degradace škrobu, vlivem smykového napětí u uvařených těstovin [18].

6.1.1 Míchání

Do premixeru jsou nadávkovány odměrným nebo gravimetrickým dávkovačem suché suroviny. Teplá voda o teplotě 35 – 40 °C je rozstříkována na mouku v premixeru [20]. V hlavním směšovači probíhá hydratace, která je podporována vakuem. Kyslík je při této operaci nežádoucí, protože se zapracovává do těsta, kde vytváří bublinky a spouští aktivitu enzymů lipoxygenázy, oxidující pigmenty. Negativně také ovlivňuje strukturu a následující technologické operace [18, 20]. Doba potřebná na absorpci vody sypkou částí je kolem 10 – 20 minut [20]. Správný poměr vody je důležitý pro vlastnost těsta. Při vyšší hydrataci je těsto lepivé a měkké a při nižší hydrataci je těsto tuhé, náročné na energii pro vytlačení těsta přes matrici. Důležitým aspektem v těstě je lepek, u kterého se jeho struktura utváří až po správném zastoupení množství vody s bílkovinami gliadinem a gluteninem. Při nedostatečném množství vody se struktura lepku nestačí vytvářet a vznikají v těstě bílá místa bez lepku. Pro semolinu je ideální hydratace na 30 – 32 % obsahu vlhkosti. Pokud by byly zařazeny do výroby i jiné složky (jiná mouka, otruby atd.) musí se vzít v úvahu, že tyto složky budou přijímat jiné množství vody. S tím souvisí celkový obsah vlhkosti a vaznost vody u jednotlivých přidávaných složek. Rychlost hydratace je ovlivněna teplotou vody, surovin a granulací mouky. Nesprávná teplota vody a surovin zapříčiňuje zpomalení rychlosti hydratace. Pro správnou granulaci semoliny platí obdobný případ, kdy pro jemnější granulaci je rychlost slučování s vodou vyšší než pro hrubší [20].

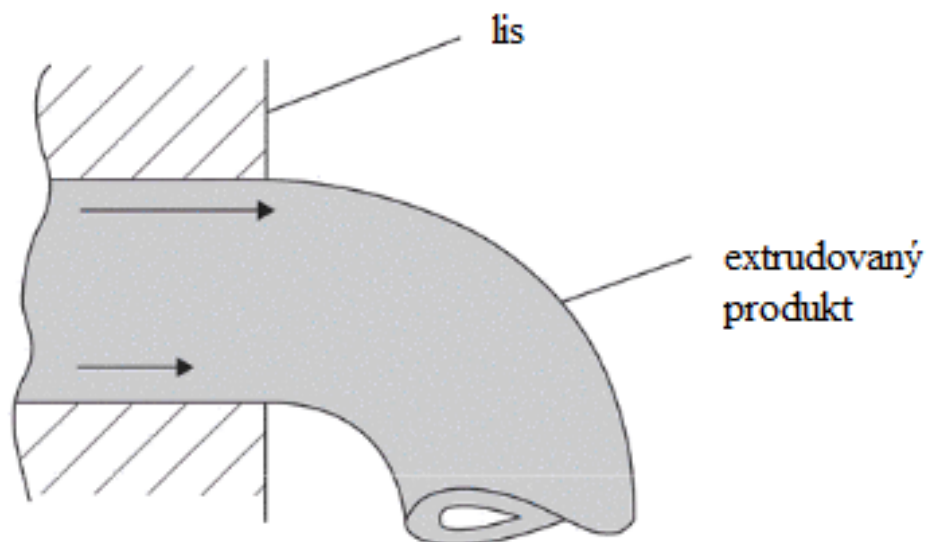
6.1.2 Vytvoření těsta a extruze (vytlačování)

Hydratovaný materiál je přiváděn extrudérem, tvořeným válcovým bubnem s rotační spirálou (šnekem). Ten je veden pomocí hnací spirály na druhou část bubnu. V částech extrudéru se mění konzistence, začíná se granulární materiál zahušťovat vlivem narůstajícího tlaku a tření do konzistence těsta [20]. Rotačním pohybem spirály (hnětení) a tlakem se dovytvářejí pružné a elastické vlastnosti těsta (viz Obrázek 8). Vlivem tření těsta o stěny zařízení se teplota může zvýšit až o 15 – 20 °C, a proto je extrudér vybaven chladicím zařízením, kterým se koriguje teplota [21]. Teplota během extruze se pohybuje okolo 45 – 50 °C. Při 50 °C nastává denaturace lepkových bílkovin, gliadinu a gluteninu [20]. Vlivem nízké teploty při extruzi nedochází k nafukování těsta a těstoviny zůstávají soudržné [18].



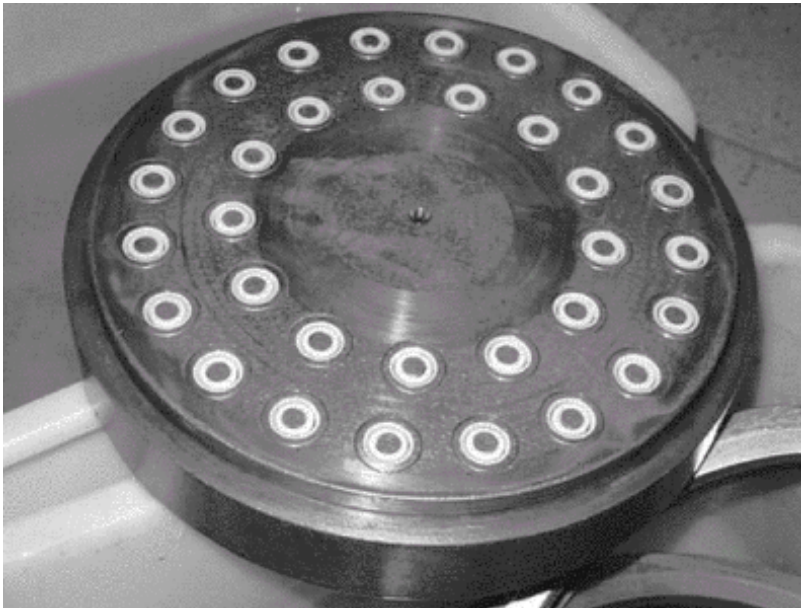
Obrázek 8 – Pohyb těsta v extruzním válci [19]

V této fázi je těsto protlačováno přes teflonovou nebo bronzovou matici s různými otvory, tvarující těsto do podoby finálních těstovin [20]. Tvar těstovin je dán rychlostí proudění těsta a velikostí otvorů v matici. Možný ohyb u těstovin, jako je u kolínek, je způsoben nestejnou rychlostí proudění těsta (viz Obrázek 9) [19].



Obrázek 9 – Důsledek ohybu při extruzi [19]

Po vytlačení těsta přes matrici jsou krátké tvary těstovin odřezávány pomocí rotační frézy s jednou či více čepelí na požadovanou délku. Dlouhé těstoviny jako špagety jsou odřezávány a věšeny na tyče. Neodřezávají se akorát rigatoni a penne. Těsto je vytlačováno přes matrici (viz Obrázek 10) do dlouhých pásů, které se nařezají na požadovanou délku. Rovným řezem se vytvoří rigatoni a zešikmeným řezem se vytvoří penne rigati [22].



Obrázek 10 – Matrice pro výrobu „rigatoni“ [23]

6.1.3 Sušení

Těstoviny se po nařezání suší, aby se prodloužila jejich trvanlivost. Obvyklá doba trvanlivosti sušených těstovin je 2 roky [20]. Sušením se docílí snížení obsahu vody v těstovinách na hodnotu asi 12,5 % [18]. Provádí se v sušárnách s nastavitelnou teplotou a relativní vlhkostí vzduchu. V Itálii je dokonce povoleno sušit těstoviny venku [24]. Při sušení klesá vodní aktivita pod 0,6, která snižuje enzymovou aktivitu, a tím se zmenšuje riziko rozmnožení nežádoucích bakterií [18].

Nejčastější metodou u těstovin je konvekční sušení. Při této metodě je největší riziko popraskání a lom těstovin, který může nastat vlivem povrchové vrstvičky, která brání dokonalému odpařování vody z vnější části těstovin. Jedná se o sušení za sníženého tlaku, který zvyšuje gradient mezi vnitřní a vnější částí těstovin, a to má za následek lepší přenos tepla z jádra na povrch [25]. Účinkem vakua dochází ke snížení bodu varu vody, a tím nedochází k použití vysokých teplot, které by měly vliv na zhoršení kvality těstovin. [18, 25]. Při použití 40 mbar se sníží bod varu vody na 29 °C [26]. Studiemi bylo dokázáno,

že těstoviny vyrobené konvekčním sušením mají lepší kvalitu než těstoviny, vyrobené sušením při velmi vysoké teplotě [25].

Teplota sušení má vliv na deaktivaci enzymů (amylázy, lipoxidázy, lipoxigenázy), kterou má každý enzym odlišnou. Polyfenol oxidáza je enzym oxidující flavonoidy a karotenoidy, obsažené jako barvivo v semolině. α a β amylázy jsou enzymy, štěpící škrobové řetězce. Mezi štěpnými produkty jsou dextriny, ovlivňující lepivost těstovin a maltóza, podporující Maillardovy reakce, zodpovědné za zčervenání těstovin při sušení [25, 28]. Lipoxidázy a lipoxigenázy jsou enzymy, oxidující a rozkládající ve své aktivní formě vitamíny až na tokoferoly a karoteny, způsobující žlutavé zbarvení u těstovin [25, 27].

6.1.4 Chlazení, balení

Po sušení jsou těstoviny chlazeny na pokojovou teplotu a poté jsou baleny do obalů na balicích strojích, které mají výrobek chránit před kontaminací, mechanickým poškozením a vizuálně lákat spotřebitele [30]. Výrobky by měly být baleny dle vyhlášky 18/2020 Sb. do obalů, které nijak nezkrslují tvar a barvu výrobku [1]. Krátké těstoviny jsou baleny na vertikálních balicích strojích pomocí dvojitého dávkování, kdy obalový materiál je sunut a napínán přes soustavu válečků až k tvarovací trubce, která dodává trubkový tvar obalu. Jedna část je svařována a tvoří tzv. dno, do kterého se nadávkuje požadovaný objem těstovin. Tím, jak se vytvoří další dno nového obalu, dojde k oddělení naplněného sáčku. Dlouhé těstoviny jsou baleny v horizontálních hadicových přístrojích, kdy například špagety jsou těsně před balením nařezány na požadovanou délku 30 cm a až poté jsou zabaleny. Takto zabalené těstoviny se dále balí do kartonu či lepenkových beden a jsou dány na palety a jsou zabaleny plastovou fólií [16]. Některé firmy preferují balení těstovin do kartonu kvůli lepší ochraně křehkých těstovin a snadnějšímu potisku reklam [30].

6.1.5 Označování a skladování

Pro označování a skladování se vztahuje vyhláška č. 18/2020 Sb. Těstoviny by měly obsahovat kromě údajů platných v nařízení o poskytování informací o potravinách spotřebitelům i druh, skupinu a podskupinu, uváděnou v názvu. Dále nesmí chybět údaj o průměrném množství těstovin, ten se vztahuje na hmotnost těstovin se započítanými přípustnými zápornými hmotnostními odchylkami. Na obalu nesmí chybět ani údaj o délce doby udržitelnosti výrobku po otevření. Tento údaj musí být na těstovinách balených vakuově nebo v inertní atmosféře [1].

Sušené těstoviny mají vymezené skladovací podmínky ve vyhlášce 18/2020 Sb., které se skladují ve větratelných prostorech na podlážkách ve vzdálenosti nejméně 5 cm od stěny s relativní vlhkostí vzduchu nejvýše 75 %. Těstoviny by neměly přijít do kontaktu s látkami aromatickými. Teplota pro uvádění na trh u čerstvých a nesusušených těstovin musí být nejvýše 8 °C. U nesusušených těstovin balených vakuově v inertní atmosféře je uváděna tržní teplota vyšší, zde může být nejvýše 10 °C, ale závisí na podmínkách uvedených výrobcem [1]. Ve většině případů bývají podmínky skladování uvedeny na obale výrobcem (př. skladujte v suchu a chladu atd.) [4]. Ke spotřebiteli by se měly těstoviny dostat v požadované senzorické kvalitě (viz Tabulka 12) [1].

Tabulka 12 – Smyslové požadavky na těstoviny [1]

Vzhled a tvar	Odpovídají tržnímu druhu, spotřebitelské balení neobsahuje příměs jiných tvarů těstovin nad 1 %. Povrch hladký, kompaktní, bez trhlin. U válcovaných těstovin a u těstovin, kde většina povrchu je tvořena řezem (např. u tzv. hvězdiček), může být povrch mírně drsný a moučný. Podíl zlomků může být maximálně 10 %. Těstoviny se při dodržení podmínek uvedených v návodu nerozvaňují, nejsou lepkavé a zachovávají si svůj tvar i po uvaření.
Barva	Světlá, rovnoměrná v různých odstínech žluté, u vaječných těstovin odpovídající počtu použitých vajec, u semolinových těstovin jantarová nebo v různých tmavších odstínech žluté, u ostatních druhů odpovídá použitým surovinám nebo přídatným látkám nebo látkám určeným k aromatizaci.
Vůně a chuť po uvaření	Příjemná, odpovídá použitým složkám.

7 PŘEDPOKLÁDANÉ ZMĚNY PŘI DLOUHODOBÉM SKLADOVÁNÍ TĚSTOVIN PŘI RŮZNÝCH TEPLOTÁCH

Během skladování potravin se mění fyzikální, chemické, mikrobiologické a organoleptické vlastnosti, vlivem kterých dochází ke zhoršení kvality potravin [31]. Ovlivnění reakcí během skladování závisí na chemickém složení potraviny a na skladovacích podmínkách [32]. Rychlost reakce je závislá na vnitřních a vnějších faktorech, které do jisté míry lze korigovat [31]. Do vnitřních faktorů jsou řazeny vlastnosti charakteristické pro danou potravinu (pH, vodní aktivita, oxido-redukční potenciál, obsah živin, antimikrobní složky a biologická struktura). Vnější faktory zahrnují vlivy, které působí na potravinu z prostředí (skladovací teplota, relativní vlhkost prostředí a přítomnost a koncentrace plynů v prostředí) [31, 33]. Mezi časté chemické reakce patří neenzymatické zhnědnutí, hydrolýza lipidů, oxidace lipidů, denaturace proteinů, hydrolýza oligosacharidů a polysacharidů, hydrolýza proteinů, syntéza polysacharidů, degradace specifických přírodních pigmentů a glykolytické změny [31].

Mikrobiologické změny jsou vyvolané mikroorganismy, které se množí jen za daných podmínek. Mezi ty nejdůležitější patří pH, redoxní potenciál, aktivita vody, přítomnost antimikrobiálních látek, vodní aktivita, teplota, relativní vlhkost, množství kyslíku [34].

Sušené těstoviny mají vodní aktivitu 0,5. Pro mikroorganismy nejsou tyto podmínky vyhovující, navíc ze sušení těstoviny jsou téměř sterilní [35, 36].

U sušených těstovin dochází ke škrobovým a proteinovým změnám, které způsobují texturní změny a lámavost. V závislosti na teplotě se fyzikálně mění i sklovitá struktura sušených těstovin na gumovitou, proto je snaha udržet výrobek ve sklovitém stavu, aby nevznikaly nežádoucí změny v podobě krystalizace a zvýšené lepivosti [37].

Při chemických změnách dochází ke vzniku různých nežádoucích produktů, které negativně působí na kvalitu potravin. Tabulka 13 uvádí chemické reakce a nežádoucí změny, které můžou nastat v potravinách [32].

Tabulka 13 – Chemické reakce, které mohou vést ke zhoršení kvality, nebo zhoršení bezpečnosti [32]

Atribut	Nežádoucí změna
Textura	<ul style="list-style-type: none"> - ztráta rozpustnosti - ztráta schopnosti zadržovat vodu - ztuhnutí - měknutí
Příchuť	<u>Vývoj</u> <ul style="list-style-type: none"> - žluknutí (hydrolytická nebo oxidační) - vařivá, nebo karamelová příchuť - jiné příchutě
Barva	<ul style="list-style-type: none"> - tmavnutí - bělení - vývoj dalších nežádoucích barev - nestejněměrné částice
Výživová hodnota	<u>Ztráta nebo degradace</u> <ul style="list-style-type: none"> - vitaminů - minerálních látek - proteinů - lipidů

7.1 Maillardovy reakce

Maillardova reakce je složitá dráha několika dějů, objevující se při zpracování potravin za vysoké teploty, nebo při dlouhodobém skladování. Při Maillardově reakci dochází k fyzikálně-chemickým změnám v proteinech. Tento děj probíhá při každé teplotě, při kterých nastává změna barvy, textury a snížení stravitelnosti, nebo ztráty lyzinu a siriých aminokyselin [38, 39, 40]. Skládá se ze tří fází, přičemž reakce je založena na vzniku

Schiffových bází, které se přeměňují Amadoriho přesmykem přes Streckerovu degradaci a polymeraci, přes různé reakce až vzniknou tmavé pigmenty [41]. Maillardovy reakce ovlivňují aminokyseliny, tedy jejich struktura, redukující cukry, teplota, aktivita vody, vlhkost a pH [34].

První fáze zahrnuje tvorbu Amadoriho produktů. Redukující sacharidy s aminokyselinami jsou na začátku reakce iniciovány neenzymatickou kondenzací za vytvoření Schiffovy báze [38, 39, 40]. Ta je nestabilní a přesmykem se přemění na Amadoriho, nebo Heynsovův produkt. To, na jaký produkt se přemění, závisí na poloze karbonylové funkční skupiny (aldóza, ketóza).

Ve druhé fázi se Amadoriho produkt nevratně oxiduje na N-karboxymethylalkylamin, nebo se rozloží na aminosloučeninu a příslušný x – deoxyglukoson (x = 1,3,4). Deoxyglukosony následně reagují s aminoskupinou za vzniku nevratných změn proteinů.

Třetí fáze zahrnuje reakce deoxyglukosonů a aminosloučenin na bezbarvé Maillardovy produkty. Tyto produkty dále můžou reagovat za vzniku již barevných hnědých produktů [39].

Průběh Maillardovy reakce závisí na teplotě, času, pH prostředí, aktivitě vody, druhu a dostupnosti reaktantů. Důsledkem Maillardovy reakce je vznik dusíkatých melanoidinů, které se podílejí na ztrátě lyzinu [38].

7.2 Lipolýza

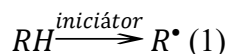
Mastné kyseliny jsou vázány na glycerol esterovou vazbou. K hydrolyze dochází vlivem různých faktorů, přičemž je jednou i teplota. Dochází k hydrolyze na esterových vazbách za uvolnění volných mastných kyselin, které jsou citlivé k oxidaci. Důsledkem lipolýzy je vznik nežádoucí příchutě, způsobené hydrolytickým žluknutím a změnou funkčních vlastností [42].

7.3 Oxidace lipidů

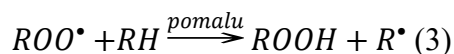
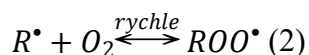
Mezi nejméně stabilní makroživiny patří lipidy, podílející se vlivem kyslíku na zhoršení trvanlivosti a kvality výrobku. Potraviny s velkým podílem nenasycených mastných kyselin snadněji podléhají oxidačnímu žluknutí, a proto jsou oxidační procesy častým nežádoucím procesem během skladování [43, 44]. Při oxidaci se vyvíjí nežádoucí příchut', snižuje se množství vitaminů, dochází ke změně barvy, degradaci proteinů a k produkci toxických

látek [43]. Oxidaci podléhají všechny potraviny, obsahující lipidy, a proto pomocí antioxidantů lze tento proces snížit.

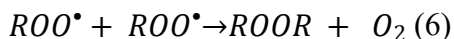
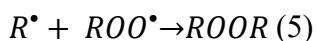
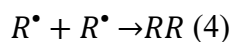
Všechny lipidy podléhají oxidaci, ta je rozdělena do tří fází, iniciace, propagace a terminace. Během iniciace se vytvářejí alkylové radikály (viz rovnice (1)).



V propagaci se tvoří peroxylové radikály, které reagují s nenasycenými mastnými kyselinami a se vzniklými hydroperoxydy (viz rovnice (2, 3)).



Při terminaci se reakcemi mezi sebou tvoří konečné produkty (viz rovnice (4,5,6)).



kde

R^{\bullet} je radikál mastné kyseliny, ROOH je mastná kyselina hydroperoxidu a ROO^{\bullet} je peroxylový radikál [44]

7.4 Hydrolýza proteinů

Během skladování dochází k hydrolýze proteinů, spojené s proteolytickými enzymy. Tato reakce spustí částečnou, nebo úplnou hydrolýzu bílkovin. Při částečné hydrolýze vzniká směs peptidů a aminokyselin a při totální hydrolýze vznikají aminokyseliny [45].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo sledovat změny jakosti sušených těstovin během 6měsíčního skladování při různých teplotách. Pro dosažení tohoto hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle:

- založit skladovací pokus s 5 druhy sušených špaget s různým složením (semolinové / z těstářenské pšenice / vaječné / bezvaječné / bezlepkové)
- skladovat těstoviny při 4 teplotách (v mrazničce při -18 °C, v lednici při 5 °C, v klimatizovaném skladu při 23 °C a v termostatu při 40 °C)
- v pravidelných intervalech provést chemickou (pH, obsah sušiny, obsah amoniaku, tiobarbiturové číslo), texturní a senzorickou analýzu
- vyhodnotit vliv složení těstovin a skladovacích podmínek na vybrané jakostní parametry

9 METODIKA

9.1 Použité chemikálie

Nasycený roztok 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)

9.2 Použité pomůcky

Lžička, Conwaovy nádobky, skleněná destička, pipeta, třecí miska, kádinky, zkumavky, hliníkové misky, plastové zkumavky, kapátko, hrnec, varné kuličky, stříkačková filtry, stříkačka, kyveta, příbor, cedník, talíře

9.3 Použité 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 – pH tester s pevnou vpichovou elektrodou (EUTECH INSTRUMENTS, Nizozemí)

9.4 Použité vzorky

Pro skladovací pokus bylo vybráno 5 druhů špaget, a to zástupci těstovin vyrobených jak ze semoliny, tak z těstářenské mouky, jak s obsahem vajec, tak i bezvaječné. Pro srovnání s pšeničnými těstovinami byl zvolen jeden bezlepkový druh špaget vyrobený z kukuřičné mouky. V Tabulce 14 jsou uvedeny výživové údaje na 100 g pro všechny vzorky. Z tabulky je patrné, že vaječné druhy obsahují více tuků a bílkovin, než bezvaječné druhy a že špagety vyrobené z kukuřičné mouky obsahují méně bílkovin než pšeničné druhy.

- 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: JAPAVO, 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 14 – Výživové údaje pro 100 g vzorku

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	1,5 g	3,3 g	1,1 g	2,3 g	2,3 g
- z toho nasycené mastné kyseliny	0,3 g	1,1 g	0,4 g	0,6 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

9.5 Charakteristika experimentu

Vzorky špaget byly zakoupeny v běžné tržní síti. Všechna balení pocházela ze stejné šarže. Vzorky A – E byly skladovány při čtyřech různých teplotách. V mrazničce byla udržována teplota -18 ± 2 °C, v lednici 5 ± 2 °C, ve skladu 23 ± 2 °C a v termostatu 40 ± 2 °C. Jednotlivé rozbory byly prováděny na vstupu, tj. ihned při založení skladovacího pokusu a dále po 1, 3 a 6 měsících skladování. U všech vzorků bylo stanoveno pH, tiobarbiturové číslo, obsah sušiny a amoniaku a dále byla provedena texturní profilová analýza a senzorická analýza. Při každém odběru byly provedeny analýzy všech vzorků A – E, nicméně ne vždy byly analyzovány vzorky skladované při všech skladovacích teplotách. Po 1 měsíci skladování byl prováděn rozbor pouze u vzorků skladovaných při 40 °C, protože bylo očekáváno, že při této zátěžové teplotě se mohou jakostní změny projevit již po tak krátké skladovací době. Po třech měsících se prováděly rozbory u vzorků skladovaných při 5 °C, 23 °C a 40 °C. Nakonec po šesti měsících skladování byl prováděn rozbor všech vzorků, tedy i těch skladovaných v mrazničce, u kterých nebyly předpokládány výrazné jakostní změny v časovém horizontu kratším než půl roku.

9.6 Příprava vzorku

V mixéru bylo připraveno nadrcením přibližně 100 g každého vzorku. Muselo se dbát, aby se během mixování vzorky nezahřívaly.

9.7 Stanovení pH

Principem bylo měření napětí galvanického článku, složeného ze dvou elektrod, indikační (měrné) a srovnávací (referenční). Stanovil se rozdíl, který vzniknul na měrné elektrodě při měření potenciálu vzorku a na referenční elektrodě, jejíž potenciál je neměnný [46].

5 g zhomogenizovaného vzorku bylo naváženo do třecí misky s 15 ml destilované vody a směs se po dobu 2 minut homogenizovala. Poté byl vzorek 15 minut odstředován na odstředivce při 6000 otáček / minutu. V supernatantu bylo změřeno pH (jednalo se o supernatant, který byl připraven pro stanovení amoniaku, viz kapitola 9.9).

9.8 Stanovení sušiny

Sušina je pevný zbytek, který se získá odstraněním vody z potraviny. Využívá se nepřímého stanovení, kdy vzorek je sušen v sušárně při teplotách 102 – 105 °C a po určitou dobu. Po sušení je vzorek uzavřen a zchlazen v exikátoru. Po ochlazení je zvážen a znovu sušen. Váží se až do konstantního úbytku hmotnosti [45].

Do předsušených hliníkových misek bylo naváženo 5 g zhomogenizovaného vzorku. Navážené množství bylo dáno do sušárny a nechalo se sušit do konstantního úbytku hmotnosti při 102 °C po dobu cca 5 hodin. Analýza obsahu sušiny byla provedena u každého vzorku 3x.

$$p_{sušiny} = \frac{m_3 - m_1}{m_n} \cdot 100 [\%]$$

kde:

m_1 – hmotnost prázdné misky [g]

m_3 – hmotnost misky s vysušeným vzorkem [g]

m_n – navážka vzorku [g]

9.9 Stanovení amoniaku Conwayovou metodou

Amoniak byl ze vzorku vytěsněn nasyceným roztokem uhličitanu draselného z krajní části Conwayovy nádoby a absorbován do kyseliny borité ve střední části nádoby. Vzniklý boritan amonný byl titrován odměrným roztokem kyseliny sírové na Conwayův indikátor (etanolový roztok bromkresolové zeleně a metylčerveně) [45].

5 g zhomogenizovaného vzorku bylo naváženo do třecí misky s 15 ml destilované vody a směs se po dobu 2 minut homogenizovala. Poté byl vzorek 15 minut odstředován na odstředivce při 6000 otáček / minutu. Mezitím se připravily Conwayovy nádoby, které byly potřeny vazelínou. Do středu Conwayovy nádoby (viz Obrázek 11 – 1.) se napipetoval 1 ml 1% H_3BO_3 a přidaly se 2 kapky Conwayova indikátoru. Do jednoho kraje (viz Obrázek 12. – 2. nebo 3. – libovolný výběr) byl napipetován 1 ml nasyceného roztoku K_2CO_3 a na opačnou stranu se napipetoval supernatant, přičemž se obě kapaliny nesměly smísit. Nádoba se uzavřela plátem skla a promíchala se, ale nesmělo dojít k promíchání s kyselinou boritou. Takto uzavřený vzorek se nechal 2 hodiny stát a poté se provedla titrace 0,005M

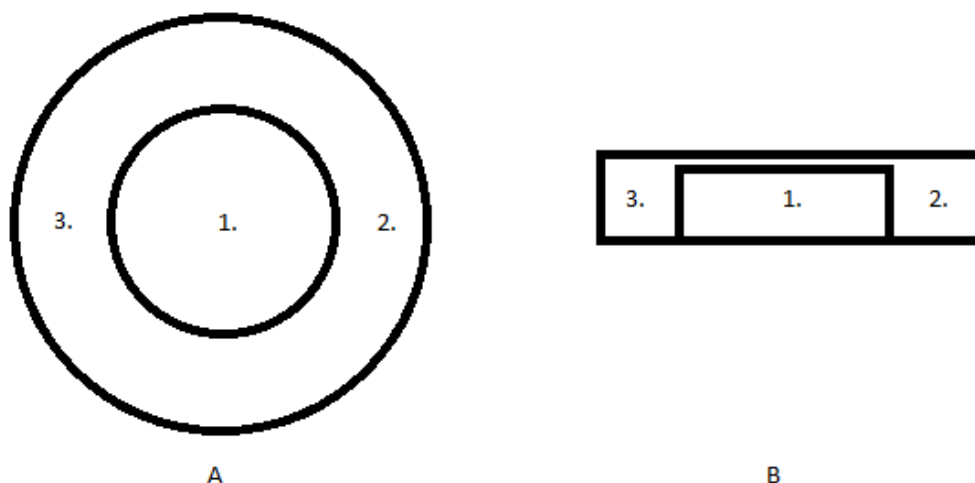
H₂SO₄ (ze zeleného zbarvení do růžova) a ze spotřeby byl vypočítán obsah amoniaku ve vzorku. Každý vzorek byl analyzován 3x.

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

kde:

V_{H₂SO₄} – spotřeba H₂SO₄ při titraci [ml]

F – faktor H₂SO₄: $F = \frac{C_{skutečná}}{C_{vypočtená}}$



Obrázek 11 – Conwayova nádobka [45]

A – pohled svrchu na Conwayovu nádobku; B – pohled ze strany na Conwayovu nádobku

9.10 Stanovení tiobarbiturového čísla

Tiobarbiturové číslo (TČ) vyjadřuje obsah aldehydů, hlavně malondialdehydu. Používá se u potravin, které obsahují polyenové mastné kyseliny. Sekundární produkty oxidace lipidů (např. malondialdehyd) mají schopnost za varu reagovat s kyselinou tiobarbiturovou za vzniku žlutého produktu, jehož intenzita se proměří spektrofotometricky při 450 nm. Tiobarbiturové číslo se udává v jednotkách absorbance při dané vlnové délce na 1 mg vzorku (A₄₅₀/mg). Slepé pokusy jsou potřebné pro vyloučení vlivu zbarvení kyseliny tiobarbiturové a samotných vzorků [47, 48].

Do plastové zkumavky se navážilo 5 g zhomogenizovaného vzorku, do kterého se přidalo 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,8 % (u bezpečných těstovin se přidalo dvojnásobné množství, tedy 30 ml), poté se přidalo 0,5 ml BHT (etanolový roztok butylhydroxytoluenu) o koncentraci 4,2 %. Směs se nechala 15 minut třepat na třepače a poté se směs ještě odstředila na 5 minut při 6000 ot / min. Do každé skleněné zkumavky bylo napipetováno 4 ml příslušného supernatantu a 4 ml kyseliny tiobarbiturové o koncentraci 0,02 mol / l. Stejným způsobem byly připraveny i slepé pokusy každého vzorku, ale místo 4 ml kyseliny tiobarbiturové se přidala destilovaná voda, tedy ve zkumavce bylo 4 ml vzorku a 4 ml destilované vody. Druhý slepý pokus obsahoval 4 ml destilované vody a 4 ml kyseliny tiobarbiturové. Směs se nechala povařit ve vodní lázni 45 minut. Po uvaření se zkumavky rychle zchladily a přefiltrovaly přes stříkačkový filtr. Před měřením se všechny vzorky zředily v poměru 1 : 3, což bylo zohledněno ve výpočtu. Absorbance byla změřena při vlnové délce 450 nm proti destilované vodě jako blanku. Každý vzorek byl s kyselinou tiobarbiturovou vařen 2x a absorbance byla následně proměřena 3x (n = 6).

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

kde:

A_{vz} – absorbance vzorku

A_{sp1} – absorbance slepého pokusu 1

A_{sp2} – absorbance slepého pokusu 2

m – navážka vzorku [g]

9.11 Senzorická analýza

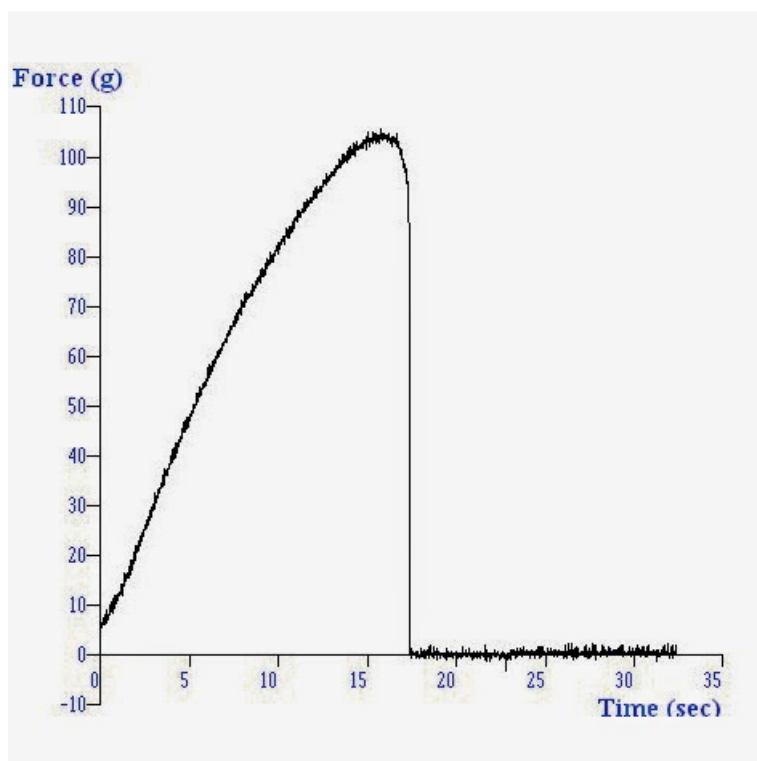
Senzorická analýza využívá lidských smyslů k posouzení vlastností potravin. Nejčastěji se využívají smysly chuťové, zrakové a čichové. Stanovení musí být objektivní, spolehlivé a přesné, přičemž se musí dodržovat mezinárodní normy. Ty zahrnují způsob přípravy, předkládání vzorků a postup při jednotlivých metodách atd. Ochutnávání nazýváme degustací. Mezi komplexní vjemy řadíme chuť a vůni, vyvolané současně vonnými i chuťovými látkami, které nazýváme flavour [45].

Před vlastním sensorickým hodnocením bylo 100 g špaget uvařeno v 1 litru vody s 5 g soli dle návodu uvedeném na obalu. Po uvaření byly špagety zcezeny a okamžitě předloženy k hodnocení.

Senzorické hodnocení provedli 3 vybraní posuzovatelé vyškolení podle požadavků normy ČSN EN ISO 8586. Byl hodnocen vzhled a barva, textura a chuť a vůně. Tyto 3 organoleptické vlastnosti byly posuzovány s použitím 7 bodových hédonických ordinálních stupnic (stupeň 1 – vynikající, 2 – výborný, 3 – velmi dobrý, 4 – dobrý, 5 – méně dobrý, 6 – nevyhovující, 7 – nepřijatelný). Výsledky jsou uvedeny jako mediány.

9.12 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza se prováděla tahem, pomocí háku, natahujícího vzorek až do jeho přetržení. Během tahu byla zaznamenávána tahová křivka (viz Obrázek 12), vyjadřující závislost síly na čase. Hodnotí se maximální síla a práce nezbytné k deformaci (přetržení) vzorku [49, 50].



Obrázek 12 – Tahová křivka [49]

Pro texturní analýzu byly využity vzorky špaget uvařené pro účely senzorického hodnocení (viz kapitola 9.11).

Tahová zkouška byla provedena na nástavci SMS/Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig k texturnímu analyzátoru TA.XT plus. Toto zařízení je primárně určeno pro analýzu extenzografických parametrů těsta a lepku, nicméně jej lze využít i pro těstoviny [51, 52, 53]. 5 cm dlouhý vzorek špagety byl uchycen do zařízení a byl natahován měřicím hákem až do přetržení. Měřicí hák se pohyboval rychlostí 1 mm/s, resp. 10 mm/s po přetržení vzorku. Odečítány byly hodnoty síly působící na těsto v průběhu natahování. Maximální síla potřebná k přetržení vzorku představuje extenzografický odpor, tj. odpor k tažení. Dalším zjišťovaným parametrem byla extenzografická energie, která odpovídá ploše pod tahovou křivkou. Tato energie vyjadřuje práci nezbytnou k deformaci a přetržení vzorku. Čím je odpor a energie vyšší, tím je vzorek pevnější a odolnější [50, 51, 52, 53]. Každý vzorek byl na textuometru proměřen 3x.

10 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci skladovacího experimentu bylo analyzováno 5 vzorků špaget s různou surovinovou skladbou, které byly skladovány po dobu 6 měsíců při 4 různých teplotách. Analýza chemického složení (pH, obsah sušiny, amoniaku a sekundárních produktů oxidace lipidů vyjádřených jako tiobarbiturové číslo), senzorická analýza a texturní profilová analýza byla provedena při založení skladovacího pokusu a dále po 1, 3 a 6 měsících skladování.

10.1 pH

Hodnota pH se skladovací dobou snižovala, vlivem změn, probíhajících ve vzorku (viz Tabulka 18). U všech vzorků se pH pohybovalo okolo 5 – 6. Největší nárůst byl zaznamenán při termostátové teplotě (40 °C), kdy po půlročním skladování byla hodnota pH o 7 – 10 % větší než původní. Nejmenší změna byla pozorována u vzorků A, B, C a E při ledničkových teplotách (5 °C). U vzorku D byla nejmenší změna při laboratorní teplotě (23 °C). Podobné shledání výsledků bylo prezentováno v článku Bubelová a kol. [47] a v bakalářských a diplomových pracích [54, 55, 56, 57].

10.2 Sušina

Obsah sušiny se během skladování měnil (viz Tabulka 18). Je to způsobeno propustností polypropylenového obalu, který nepředstavuje dokonalou bariéru a dochází ke ztrátám či příjmu vody. Sušina všech druhů těstovin se pohybovala v rozmezí cca 90 – 98 % po celou dobu skladování. Za celou skladovací dobu nepřesáhla vlhkost 13 %, a tedy všechny druhy těstovin splňují požadavky uvedené ve vyhlášce 18/2020 Sb. [1]. První větší změny byly patrné při analýze po 3 měsících, kdy vzorky skladované při chladírenských teplotách (5 °C) vykazovaly větší příjem vzdušné vlhkosti o 4 – 6 %. Po 6 měsících skladování měly vzorky skladované při teplotách 5 a -18 °C vyšší vlhkost o zhruba 4 – 7 %. Při obou vyšších skladovacích teplotách 23 a 40 °C neukazovaly změny obsahu sušiny jasný trend, docházelo jak k jejich mírnému vysoušení, tak naopak přijímání vlhkosti ze vzduchu. Výkyvy ovšem nebyly nijak výrazné. Podobné výsledky s instantními nudlemi byly prezentovány v diplomové práci Veroniky Tiokové [54].

Tabulka 15 – Výsledky stanovení pH a sušiny

Vzorek	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	pH (-)	Sušina (%)
A	0	-	6,02 ± 0,01	96,69 ± 0,10
	1	40	5,91 ± 0,04	97,66 ± 0,13
	3	5	5,86 ± 0,02	91,73 ± 0,09
		23	5,96 ± 0,05	98,07 ± 0,05
		40	5,78 ± 0,03	95,59 ± 0,14
	6	-18	5,60 ± 0,02	91,64 ± 0,02
		5	5,66 ± 0,00	91,22 ± 0,16
		23	5,57 ± 0,02	92,29 ± 0,05
		40	5,54 ± 0,02	95,79 ± 0,09
	B	0	-	6,24 ± 0,00
1		40	6,08 ± 0,02	98,46 ± 0,03
3		5	6,05 ± 0,00	91,61 ± 0,10
		23	6,14 ± 0,01	98,38 ± 0,11
		40	5,86 ± 0,02	97,37 ± 0,26
6		-18	5,92 ± 0,03	91,51 ± 0,03
		5	5,95 ± 0,01	90,37 ± 0,07
		23	5,85 ± 0,02	92,94 ± 0,01
		40	5,61 ± 0,01	96,90 ± 0,02
C		0	-	5,75 ± 0,00
	1	40	5,59 ± 0,02	97,45 ± 0,01
	3	5	5,49 ± 0,07	91,25 ± 0,09
		23	5,68 ± 0,00	98,66 ± 0,06
		40	5,32 ± 0,04	93,32 ± 0,70
	6	-18	5,31 ± 0,01	90,70 ± 0,29
		5	5,50 ± 0,01	90,69 ± 0,16
		23	5,31 ± 0,02	90,78 ± 0,08
		40	5,19 ± 0,03	93,90 ± 0,04
	D	0	-	5,77 ± 0,02
1		40	5,61 ± 0,04	98,30 ± 0,04
3		5	5,52 ± 0,02	91,85 ± 0,10
		23	5,73 ± 0,01	98,80 ± 0,03
		40	5,47 ± 0,00	94,86 ± 0,22
6		-18	5,44 ± 0,02	91,62 ± 0,32
		5	5,50 ± 0,03	90,95 ± 0,06
		23	5,53 ± 0,01	92,49 ± 0,11
		40	5,35 ± 0,02	97,19 ± 0,07
E		0	-	6,13 ± 0,01
	1	40	5,80 ± 0,01	96,11 ± 0,27
	3	5	5,86 ± 0,04	91,16 ± 0,04
		23	5,99 ± 0,01	97,88 ± 0,02
		40	5,65 ± 0,03	91,99 ± 0,07
	6	-18	5,67 ± 0,02	90,63 ± 0,04
		5	5,79 ± 0,00	90,50 ± 0,10
		23	5,72 ± 0,00	90,92 ± 0,02
		40	5,44 ± 0,01	92,51 ± 0,16

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné, C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné, E – bezlepkové kukuřičné

10.3 Amoniak

Amoniak představuje degradační produkt bílkovin, který vzniká např. při Streckerově degradaci aminokyselin. Jeho nárůst během skladování je tedy spojen s rozsáhlejšími změnami ve složení bílkovin [47]. S ohledem na nepříliš vysoký obsah bílkovin v těstovinách (11 – 15 %, u kukuřičných jen 7 %) nebyly počáteční hodnoty obsahu amoniaku vysoké (cca 4 – 9 mg/kg) (viz Tabulka 19). Nejnížší počáteční obsah amoniaku obsahovaly bezlepkové těstoviny, nejvyšší pak semolinové vaječné těstoviny, což odpovídá nejnížšímu, resp. nejvyššímu obsahu bílkovin deklarovanému na obalu. Nárůst koncentrace amoniaku jak vlivem teploty, tak i délky skladování byl nejvýraznější u špaget skladovaných v termostatu (40 °C). Již po jednom měsíci skladování se při zátěžové teplotě zdvojnásobilo množství amoniaku; po půl roce téměř ztrojnásobilo. U ostatních skladovacích teplot 5 a 23 °C pšeničných a semolinových těstovin nebylo zvýšení jeho obsahu tak výrazné, jednalo se zhruba o 33 – 57 %. Zajímavou kategorií byly bezlepkové těstoviny, u kterých při 5 a 23 °C narostlo množství amoniaku o 108 – 128 %. Nejnížší množství amoniaku bylo analyzováno při mrazírenských teplotách, kde nastal nárůst jen o 4 – 39 %. Obdobné zvýšení obsahu amoniaku během skladování zejména při vyšších teplotách bylo pozorováno i v pracích [54, 56].

10.4 Tiobarbiturové číslo

Přestože těstoviny nejsou výrazným zdrojem tuku, obsahují ho cca 1 – 3 %, v průběhu skladování lze očekávat jejich změny, zejména oxidaci. Množství sekundárních produktů oxidace tuků (zejména aldehydů) bylo vyjádřeno jako tiobarbiturové číslo (viz Tabulka 19). TČ se doporučuje využívat u potravin, které obsahují zejména polyenové mastné kyseliny, což je právě případ těstovin, u nichž představují polynenasycené mastné kyseliny nadpoloviční množství celkového obsahu mastných kyselin (viz Tabulka 6 v kapitole 2.2).

Nejnižší TČ bylo na počátku skladování zjištěno u bezlepkových těstovin, které obsahují nejméně tuků. Naopak oba vaječné druhy špaget, které díky přítomnosti vajec obsahují i více tuků, vykazovaly vyšší TČ než bezvaječné druhy. Nejmarkantnější nárůst sekundárních produktů oxidace byl pozorován při 40 °C, po 6 měsících skladování došlo u všech těstovin přibližně ke ztrojnásobení TČ. V případě teplot -18, 5 a 23 °C bylo zaznamenáno zhruba zdvojnásobení TČ. Nárůst sekundárních produktů oxidace lipidů byl popsán např. ve výzkumu [47].

Tabulka 16 – Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturové číslo

Vzorek	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Amoniak (mg/kg)	Tiobarbiturové číslo (A_{450} /mg)
A	0	-	7,12 ± 0,02	74,94 ± 1,46
	1	40	14,33 ± 0,01	109,75 ± 2,03
	3	5	8,64 ± 0,01	103,28 ± 1,99
		23	9,16 ± 0,03	121,06 ± 2,14
		40	16,47 ± 0,04	154,36 ± 2,74
	6	-18	9,86 ± 0,01	137,59 ± 2,08
		5	10,23 ± 0,03	140,00 ± 2,36
		23	10,39 ± 0,01	182,40 ± 2,19
		40	20,08 ± 0,02	240,27 ± 3,48
	B	0	-	8,54 ± 0,00
1		40	15,91 ± 0,03	145,06 ± 2,25
3		5	10,36 ± 0,02	115,08 ± 1,90
		23	9,07 ± 0,01	127,81 ± 2,94
		40	19,29 ± 0,03	203,64 ± 2,19
6		-18	9,87 ± 0,01	110,49 ± 1,80
		5	11,60 ± 0,01	130,92 ± 2,61
		23	11,94 ± 0,02	157,07 ± 2,46
		40	23,64 ± 0,05	267,49 ± 3,79
C		0	-	6,81 ± 0,01
	1	40	15,03 ± 0,01	99,14 ± 1,06
	3	5	9,25 ± 0,02	103,94 ± 2,00
		23	8,11 ± 0,03	110,49 ± 1,76
		40	17,76 ± 0,04	138,37 ± 2,32
	6	-18	7,09 ± 0,01	111,65 ± 2,04
		5	9,87 ± 0,02	128,27 ± 2,71
		23	9,04 ± 0,03	132,02 ± 2,49
		40	19,21 ± 0,03	206,13 ± 3,14
	D	0	-	5,54 ± 0,00
1		40	11,24 ± 0,02	124,03 ± 2,65
3		5	7,08 ± 0,01	100,26 ± 1,74
		23	8,71 ± 0,04	121,98 ± 2,43
		40	13,06 ± 0,01	163,74 ± 2,46
6		-18	7,05 ± 0,01	114,79 ± 2,07
		5	7,59 ± 0,02	157,11 ± 2,34
		23	8,80 ± 0,03	164,18 ± 2,87
		40	16,46 ± 0,01	224,04 ± 3,19
E		0	-	3,81 ± 0,01
	1	40	8,04 ± 0,02	64,49 ± 1,14
	3	5	6,47 ± 0,01	61,78 ± 1,92
		23	7,26 ± 0,02	74,65 ± 2,00
		40	10,32 ± 0,03	97,06 ± 1,39
	6	-18	5,16 ± 0,00	73,04 ± 1,27
		5	7,94 ± 0,02	81,36 ± 1,74
		23	8,67 ± 0,01	90,42 ± 2,16
		40	13,08 ± 0,04	125,54 ± 2,06

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné, C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné, E – bezlepkové kukuřičné

10.5 Senzorická analýza

Výsledky sensorického hodnocení jsou výrazně odlišné pro těstoviny vyrobené ze semoliny, kukuřičné mouky a pšeničné (těstářenské) mouky (viz Tabulka 20). Oba druhy semolinových špaget vykazovaly vynikající nebo výborné hodnocení všech sledovaných organoleptických vlastností (vzhledu a barvy, textury i chuti a vůně) po celou dobu skladování, při všech sledovaných teplotách. Nebyl shledán žádný rozdíl ve vzhledu a barvě vaječných a bezvaječných špaget, což bylo pravděpodobně způsobeno obecně tmavší barvou díky použité semolině. Těstoviny měly typickou jantarovou barvu, ideální texturu (tzv. na skus, nelepivé, nerozvařené) a vyváženou, výraznou chuť i vůni.

Těstoviny vyrobené z těstářenské pšeničné mouky byly hodnoceny o poznání hůře. Zatímco špagety s obsahem vajec získaly většinou velmi dobré hodnocení všech parametrů, bezvaječné těstoviny byly hodnoceny převážně jako dobré až méně dobré. K hlavním nedostatkům bezvaječných pšeničných těstovin patřila výrazně světlá barva, lepkavost, rozvařenost a nevýrazná chuť. Vaječné pšeničné těstoviny byly ve srovnání se semolinovými vaječnými špagetami mírně světlejší a lepkavější a jejich chuť byla méně výrazná.

Vzhled a barva a textura bezlepkových těstovin byly hodnoceny jako vynikající nebo výborné po celou dobu skladování. Jejich barva byla výrazně žlutá, a to následkem použité kukuřičné mouky. Chuť a vůně těchto těstovin byla hodnocena jako méně dobrá, tedy nejhůře ze všech analyzovaných vzorků. Horší hodnocení bylo způsobeno výraznou kukuřičnou pachutí, která není pro „klasické“ těstoviny typická.

Na rozdíl od chemických parametrů nebylo sensorické hodnocení ovlivněno ani teplotou, ani délkou skladování (s výjimkou mírně zhoršené textury některých vzorků skladovaných v termostatu). U podobně zaměřené práce na instantní nudle nebyly po dobu půl roku pozorovány žádné sensorické změny; ty nastaly až po delší skladovací době [54, 56].

Tabulka 17 – Výsledky senzoričského hodnocení

Vzorek	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Vzhled a barva	Textura	Chuť a vůně	
A	0	-	1	1	1	
	1	40	1	1	1	
	3	5	1	1	1	
		23	1	1	1	
		40	1	2	1	
	6	-18	1	1	1	
		5	1	1	1	
		23	1	1	1	
		40	1	2	1	
	B	0	-	1	1	1
		1	40	1	1	1
		3	5	1	1	1
23			1	1	1	
40			1	1	1	
6		-18	1	1	1	
		5	1	1	1	
		23	1	1	1	
		40	1	1	1	
C		0	-	5	3	4
		1	40	5	4	4
		3	5	5	3	4
	23		5	3	4	
	40		5	4	4	
	6	-18	5	3	4	
		5	5	3	4	
		23	5	3	4	
		40	5	4	4	
	D	0	-	3	2	2
		1	40	3	2	3
		3	5	3	3	3
23			3	3	3	
40			3	3	3	
6		-18	3	3	3	
		5	3	3	3	
		23	3	3	3	
		40	3	3	3	
E		0	-	1	1	5
		1	40	1	1	5
		3	5	1	1	5
	23		1	1	5	
	40		1	2	5	
	6	-18	1	1	5	
		5	1	1	5	
		23	1	1	5	
		40	1	2	5	

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné, C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné, E – bezlepkové kukuřičné

10.6 Texturní analýza

Odpor k tažení ani práce nezbytná k deformaci vzorku (viz Tabulka 21) nebyly významně ovlivněny ani teplotou ani délkou skladování. Významnější vliv mělo složení těstovin, a to jak použitá mouka, tak přítomnost vajec. Vejce dodává těstovinám kromě ostatních vlastností také pevnost a roztažnost. Polymerace proteinů během vaření je důležitá pro finální strukturu těstovin. Při nedokonalé polymeraci proteinů se nevytvoří proteinová síť a těstoviny vykazují lepivost a jsou měkké a jemné. Vejce způsobuje rychlejší začleňování a tvorbu proteinové sítě. Vyšší obsah lepkových bílkovin má vliv na pomalou polymeraci proteinu. Flexibilitu struktury ovlivňují vodíkové vazby, vytvářející kovalentní síť. Vodíkové vazby vznikají mezi moukou a složkou vajec a vodou [52]. Semolinové těstoviny obsahují více bílkovin s vyšší odolností na rozváření. Pšeničné těstoviny vykazují nižší odolnost na rozváření a vyšší lepivost. Bezlepkové těstoviny mají jemnou strukturu s vysokou ztrátou během vaření a s nízkou odolností na rozváření a lepivost, zejména z důvodu absence lepkotvorných bílkovin [4, 58].

Nejvyšší odpor k tažení vykazovaly vaječné špagety ze semoliny (vzorek B; 0,85 – 1,05 N) a bezvaječné špagety ze semoliny (vzorek A; 0,65 – 0,78 N) Naopak nejnižší odpor k tažení byl zaznamenán u bezvaječných těstovin z těstářenské pšenice (vzorek C; 0,32 – 0,44 N) a vaječných špaget z polohrubé mouky (vzorek D; 0,54 – 0,63 N) Mezi těmito krajními hodnotami odporu k tažení se pak vyskytovaly kukuřičné špagety (vzorek E; 0,60 – 0,75 N). Podobných výsledků bylo dosaženo v případě hodnocení práce nezbytné k deformaci (přetržení) vzorku. Největší energie musela být vynaložena na deformaci vaječných semolinových těstovin (vzorek B; 0,42 – 0,57 N·mm) a semolinových špaget bez obsahu vajec (vzorek A; 0,31 – 0,41 N·mm). Naopak nejnižší energie potřebná k deformaci byla zaznamenána u bezvaječných těstovin z těstářenské pšenice (vzorek C; 0,14 – 0,27 N·mm), kukuřičných těstovin (vzorek E; 0,23 – 0,36 N·mm) a těstovin z těstářenské pšenice s obsahem vajec (vzorek D; 0,28 – 0,39 N·mm).

Na základě zjištěných výsledků lze tedy konstatovat, že těstoviny vyrobené z tvrdé pšenice byly pevnější než těstoviny vyrobené z těstářenské pšenice a zároveň vaječné druhy byly odolnější než jejich bezvaječné protějšky. S rostoucím odporem k tažení a prací nezbytnou k deformaci vzorku roste pevnost a odolnost těstovin [52]. Tato zjištění jsou v souladu s výzkumy, které uvádějí, že semolinové těstoviny mají lepší texturní parametry než těstoviny vyrobené z polohrubé mouky z těstářenské pšenice [51] a že přídavek vajec má pozitivní vliv na texturu těstovin [52].

Tabulka 18 – Výsledky stanovení odporu k tažení a práce nezbytná k deformaci vzorku

Vzorek	Délka skladování (měsíce)	Teplota skladování (°C)	Odpor k tažení (N)	Práce nezbytná k deformaci vzorku (N·mm)
A	0	-	0,68 ± 0,02	0,34 ± 0,01
	1	40	0,67 ± 0,04	0,32 ± 0,04
	3	5	0,65 ± 0,02	0,31 ± 0,02
		23	0,73 ± 0,03	0,39 ± 0,03
		40	0,66 ± 0,07	0,31 ± 0,02
	6	-18	0,70 ± 0,05	0,35 ± 0,04
		5	0,69 ± 0,01	0,34 ± 0,01
		23	0,78 ± 0,06	0,41 ± 0,02
		40	0,74 ± 0,03	0,37 ± 0,02
	B	0	-	0,87 ± 0,03
1		40	0,90 ± 0,05	0,45 ± 0,02
3		5	0,85 ± 0,06	0,47 ± 0,04
		23	0,99 ± 0,04	0,55 ± 0,01
		40	0,93 ± 0,09	0,48 ± 0,05
6		-18	0,95 ± 0,02	0,46 ± 0,02
		5	0,91 ± 0,05	0,49 ± 0,04
		23	1,05 ± 0,03	0,57 ± 0,03
		40	0,97 ± 0,04	0,50 ± 0,06
C		0	-	0,32 ± 0,02
	1	40	0,34 ± 0,04	0,16 ± 0,01
	3	5	0,40 ± 0,01	0,22 ± 0,02
		23	0,38 ± 0,07	0,22 ± 0,03
		40	0,36 ± 0,03	0,17 ± 0,01
	6	-18	0,39 ± 0,05	0,21 ± 0,02
		5	0,41 ± 0,02	0,25 ± 0,04
		23	0,44 ± 0,04	0,27 ± 0,01
		40	0,38 ± 0,01	0,24 ± 0,02
	D	0	-	0,56 ± 0,04
1		40	0,55 ± 0,02	0,32 ± 0,01
3		5	0,57 ± 0,07	0,30 ± 0,01
		23	0,61 ± 0,03	0,35 ± 0,03
		40	0,58 ± 0,04	0,30 ± 0,04
6		-18	0,54 ± 0,01	0,29 ± 0,02
		5	0,60 ± 0,05	0,39 ± 0,03
		23	0,63 ± 0,06	0,35 ± 0,01
		40	0,61 ± 0,02	0,37 ± 0,05
E		0	-	0,60 ± 0,02
	1	40	0,63 ± 0,03	0,25 ± 0,02
	3	5	0,71 ± 0,08	0,28 ± 0,03
		23	0,69 ± 0,05	0,33 ± 0,04
		40	0,64 ± 0,03	0,28 ± 0,01
	6	-18	0,66 ± 0,04	0,30 ± 0,02
		5	0,73 ± 0,07	0,32 ± 0,05
		23	0,75 ± 0,04	0,36 ± 0,03
		40	0,68 ± 0,04	0,34 ± 0,02

Pozn.: Vzorek A – semolinové bezvaječné, B – semolinové vaječné, C – pšeničné bezvaječné, D – pšeničné vaječné, E – bezlepkové kukuřičné

Bezlepkové těstoviny z kukuřičné mouky překvapivě vykazovaly poměrně vysokou pevnost, srovnatelnou s vaječnými těstovinami z těstářenské pšenice, resp. s bezvaječnými semolinovými těstovinami. Výzkumy zabývající se texturními vlastnostmi bezlepkových těstovin většinou uvádí, že bezlepkové těstoviny nedosahují kvality pšeničných druhů, protože texturní parametry jsou převážně ovlivněny komplexem lepkotvorných bílkovin [51].

ZÁVĚR

Během půlročního skladovacího pokusu při 4 různých teplotách (-18, 5, 23 a 40 °C) byly provedeny analýzy chemických, texturních a organoleptických vlastností špaget. Pro stanovení byly využity vzorky těstovin z pšeničné mouky (vaječné a bezvaječné), ze semoliny (vaječné a bezvaječné) a těstoviny kukuřičné (bezlepkové).

Z chemických změn došlo k poklesu pH u všech druhů těstovin jak vlivem teploty, tak i délky skladování. Největší pokles pH nastal při teplotě 40 °C, který činil 7 až 10 %. Obsah sušiny se výrazně neměnil kromě těstovin skladovaných při teplotě -18 a 5 °C, při kterých se zvýšila vlhkost těstovin o 4 – 7 %. Množství amoniaku se v průběhu skladování zvyšovalo. Po půlročním skladování při teplotě 40 °C bylo u pšeničných a semolinových těstovin detekováno množství amoniaku vyšší o skoro 200 % a u bezlepkových těstovin dokonce o 250 %. Během skladování vznikaly sekundární produkty oxidace lipidů, jejichž množství vyjadřuje tiobarbiturové číslo. Vyšší tiobarbiturové číslo vykazovaly těstoviny vaječné, které měly díky obsahu vajec vyšší množství tuku. Při půlročním skladování při teplotách 40 °C bylo tiobarbiturové číslo skoro dvojnásobné.

Senzorická jakost těstovin nebyla ovlivněna dobou a ani teplotou skladování. Nejhůře sensoricky hodnocené těstoviny byly bezvaječné pšeničné špagety, které se výrazně lišily světlou barvou, a ne moc dobrou chutí a vůní. Bezlepkové těstoviny byly hodnoceny jako méně dobré kvůli své specifické kukuřičné pachuti. V texturních parametrech byly pevnější semolinové těstoviny než pšeničné. Vaječné těstoviny byly odolnější než bezvaječné. Bezlepkové těstoviny měly dobrou pevnost, srovnatelnou s pšeničnými vaječnými nebo bezvaječnými semolinovými těstovinami.

Závěrem lze konstatovat, že z jakostních parametrů skladování ovlivnilo zejména obsah amoniaku a sekundárních produktů oxidace lipidů. Texturní a organoleptické parametry byly ovlivněny hlavně složením těstovin. Protože množství amoniaku ani tiobarbiturové číslo nebylo u žádných těstovin ani po půlročním skladování významně vysoké, lze shrnout, že nejvyšší jakost vykazovaly semolinové vaječné špagety. Skladovací pokus nadále pokračuje a vzorky budou v pravidelných intervalech analyzovány ještě v následujícím roce a půl.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zákony pro lidi - Sběrka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18#f6707573>
- [2] SLUKOVÁ, Marcela, Pavel SKŘIVAN a Marie HRUŠKOVÁ. Cereální chemie a technologie: zpracování obilovin - mlýnská a těstářenská výroba. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2017, 217 s. ISBN 9788075920003. Dostupné také z: https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7592-000-3
- [3] History of pasta - Pasta For All. [online]. Copyright © 2018 Pasta For All [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <http://www.pastaforall.info/wordpress/history-of-pasta/>
- [4] 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. Jak poznáme kvalitu? ISBN isbn978-80-87719-25-1.
- [5] Technologie cereálií. Druhé. Brno: MENDELU, 2016. ISBN 978-80-7509-442-1.
- [6] Cereální chemie a technologie: Zpracování obilovin - Mlýnská a těstářenská výroba. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze Technická 5, 16628 Praha 6, 2017. ISBN 978-80-7592-000-3.
- [7] Nutritional values. The real Italian Pasta [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <http://www.pasta.go.it/values.htm>
- [8] Choosing good carbs with the glycemic index. Harward Health Publishing Harward medical school: Trusted advice for a healthier life [online]. USA, 2010 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/choosing-good-carbs-with-the-glycemic-index>
- [9] A good guide to good carbs: The glycemic index. Harward Health Publishing Harward medical school: Trusted advice for a healthier life [online]. USA, 2010 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.health.harvard.edu/healthbeat/a-good-guide-to-good-carbs-the-glycemic-index>
- [10] FRÍČ, P., ZAVORAL, M. & DVOŘÁKOVÁ, T. 2013. Choroby způsobené lepem. Vnitr Lek, 59, 376-82.

- [11] HÝBLOVÁ, Zlataše. Nutriční význam a technologie výroby těstovin. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008, 57s, 5 s. příloh. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/6998>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav potravinářského inženýrství. Vedoucí práce Hrabě, Jan.
- [12] K čemu je dobrá kyselina fytoová? [online]. In: . 169 - 170 [cit. 2020-04-17]. ISBN 1212-4117. Dostupné z: <https://kont.zsf.jcu.cz/pdfs/knt/2006/01/30.pdf>
- [13] GREINER, Ralf a Ursula KONIETZNY. Phytase for Food Application. Food technology and biotechnology. 2006, 125 - 140.
- [14] Spotřeba potravin - 2018. Český statistický úřad [online]. ČR: Copyright © 2005-6 Agrární komora České republiky, 2018 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: http://www.akcr.cz/data_ak/19/k/Stat/SpotrebaPotravin2018.pdf
- [15] World Pasta Industry in Figures. Pasta for all [online]. 2018 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: http://www.pastaforall.info/wordpress/wp-content/uploads/2018/06/Pasta_Figures.pdf
- [16] PŘÍHODA, Josef, Marie HRUŠKOVÁ a Pavel SKŘIVAN. Cereální chemie a technologie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-530-7.
- [17] Farinograph as a Rheological Tool to Predict the Quality Characteristics for Blend of Wheat with Pulse Flour [online]. 2018, 18(8) [cit. 2020-04-17].
- [18] Chen, Jianshe Rosenthal, Andrew. (2015). Modifying Food Texture, Volume 1 - Novel Ingredients and Processing Techniques - 10.4.1 Cold Extrusion of Pasta. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00ULYDV1/modifying-food-texture/cold-extrusion-pasta>
- [19] Dikeman, Michael Devine, Carrick. (2014). Encyclopedia of Meat Sciences (2nd Edition) - Cold Extrusion. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00U6G4X1/encyclopedia-meat-sciences/cold-extrusion>
- [20] Extruding and Drying of Pasta [online]. 2005, 5(158) [cit. 2020-04-19].
- [21] Kent, N.L. Evers, A.D.. (1994). Technology of Cereals (4th Edition) - 10. Pasta and Wholegrain Foods. Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt001AIL42/technology-cereals-4th/pasta-wholegrain-foods>

- [22] Fellows, P.J.. (2017). Food Processing Technology - Principles and Practice (4th Edition) - 5.3.1.1 Chocolate and Compound Coatings. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt01147V4D/food-processing-technology/chocolate-compound-coatings>
- [23] Berk, Zeki. (2009). Food Process Engineering and Technology - 15.5.3 Ready-to-Eat Cereals. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00BIJQF2/food-process-engineering/ready-to-eat-cereals>
- [24] Kent, N.L. Evers, A.D.. (1994). Technology of Cereals (4th Edition) - 10. Pasta and Wholegrain Foods. Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt001AIL42/technology-cereals-4th/pasta-wholegrain-foods>
- [25] Effect of drying methods on the physical properties of durum wheat pasta. CyTA - Journal of Food. 2016, 14(4), 523-528.
- [26] Dry pasta processing. Pavan Group [online]. Itálie [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: file:///C:/Users/42073/Desktop/Pavan_dry_pasta_ENG.pdf
- [27] Cereals. USA: Springer Science & Business Media, 2009. ISBN 9780387722979.
- [28] Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products. CRC Press, 2016. ISBN 9781439887035.
- [29] Efektivní v každém kroku procesu. Bühler [online]. [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.buhlergroup.com/pasta>
- [30] Pasta Production | Pasta Technology | Bühler Group. 302 Found [online]. Dostupné z: <https://www.buhlergroup.com/pasta>
- [31] Rao, Chandra Gopala. (2015). Engineering for Storage of Fruits and Vegetables - Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage - 39.2 Sensory Quality. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00UQW8A2/engineering-storage-fruits/sensory-quality>
- [32] Food storage stability. USA: CRC-Press, 1998. ISBN 0-8493-2646-X.

- [32] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN isbn978-80-86659-15-2.
- [33] Subramaniam, Persis. (2016). Stabilita a trvanlivost potravin (2. vydání) - 2.2.1.1 Oxidace lipidů. Elsevier. Citováno z <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CRSAC9/stability-shelf-life/lipid-oxidation>
- [34] Wareing, Peter Stuart, Felicity Fernandes, Rhea. (2010). Micro-Facts - The Working Companion for Food Microbiologists (7th Edition) - 1.2.1 Temperature. Royal Society of Chemistry. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00ACJ9MM/micro-facts-working-companion/temperature>
- [35] Kilcast, David Subramaniam, Persis. (2011). Food and Beverage Stability and Shelf Life - 2.3.2.1 Moisture and Water Activity. Woodhead Publishing. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009DQTF1/food-beverage-stability/moisture-water-activity>
- [36] Technology of cereals. UK: Elsevier Science, 1994. ISBN 0080408338.
- [37] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM. Food and beverage stability and shelf life. Philadelphia: Woodhead Pub., 2011. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition, no. 210. ISBN 1845697014.
- [38] VONNÉ A CHUŤOVÉ SLOŽKY SLADŮ. Chemické listy [online]. 2014, 108, 426–435 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_05_426-435.pdf
- [39] Maillardova reakce [online]. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1411/jaro2016/BVCP0222p/um/2-04_Maillardova_reakce.pdf.
- [40] Subramaniam, Persis. (2016). Stabilita a trvanlivost potravin (2. vydání) - 2.2.1.1 Oxidace lipidů. Elsevier. Citováno z <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CRSAC9/stability-shelf-life/lipid-oxidation>
- [41] The marvellous Maillard reaction | Feature | Chemistry World. Chemistry news, research and opinions | Chemistry World [online]. Copyright © Royal Society of Chemistry [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <https://www.chemistryworld.com/features/the-marvellous-maillard-reaction/3009723.article>

- [42] Food Storage stability. USA: CRC Press, 1998. ISBN 0-8493-2646-X.
- [43] Subramaniam, Persis. (2016). Stabilita a trvanlivost potravin (2. vydání) - 2.2.1.1 Oxidace lipidů. Elsevier. Citováno z <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CRSAC9/stability-shelf-life/lipid-oxidation>
- [44] Oxidation of lipids in food. Polish journal of food and nutrition sciences. 2004, 13(54), 87 - 100.
- [45] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-.
- [45] HÁLKOVÁ, Jana, Marie RUMÍŠKOVÁ a Jana RIEGLOVÁ. Analýza potravin. 2. vyd. Újezd u Brna: I. Straka, 2001. ISBN 80-86494-02-0.
- [46] Měření pH. O projektu [online]. Dostupné z: <https://anl.zshk.cz/vyuka/mereni-pH.aspx>
- [47] BUBELOVÁ, Zuzana, Michaela ČERNÍKOVÁ, Leona BUŇKOVÁ, Jaroslav TALÁR, Václav ZAJÍČEK, Pavel FOLTIN a František BUŇKA. Quality changes of long-life foods during three-month storage at different temperatures. Potravinarstvo [online]. 2017, vol. 11, iss. 1, s. 43-51. [cit. 2020-05-06]. ISSN 1338-0230. Dostupné z: <http://www.potravinarstvo.com/journal1/index.php/potravinarstvo/article/view/688>.
- [48] KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. Analýza potravin. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [49] Texture Analysis in action: the Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig. World leaders in Texture Analysis [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://translate.google.com/translate?hl=cs&sl=en&tl=cs&u=https%3A%2F%2Ftextureanalysisprofessionals.blogspot.com%2F2014%2F12%2Ftexture-analysis-in-action-kieffer.html&anno=2>
- [50] Metody hodnocení reologických vlastností bezlepkového těsta. Olomouc, 2015. Rigorózní práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- [51] Effect of Arthrospira platensis (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta. Algal Research. 2019, 45(2020), 1-12.
- [52] The Role of Wheat and Egg Constituents in the Formation of a Covalent and Non-covalent Protein Network in Fresh and Cooked Egg Noodles. Food Science. 2017, (82), 24-35.

[53] The impact of protein characteristics on the protein network in and properties of fresh and cooked wheat-based noodles. *Journal of Cereal Science*. 2017, (75), 234-242.

[54] TIOKOVÁ, Veronika. Charakteristika jakostních změn dlouhodobě skladovaných potravin. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 107 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/42104>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Lazárková, Zuzana.

[55] VAŠKOVÝCH, Lucie. Vybrané potraviny s delší dobou minimální trvanlivosti a hodnocení jejich jakosti. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 64 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/42066>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Šopík, Tomáš.

[56] STRAŠÁK, Jan. Změny jakosti trvanlivých potravin v průběhu ročního skladování. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 67 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/40613>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Bubelová, Zuzana.

[57] ČERVENKOVÁ, Markéta. Změny jakostních parametrů trvanlivých potravin během skladování. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2019, 71 s. (89 795 znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/45504>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Šopík, Tomáš.

[58] What can play the role of gluten in gluten free pasta? *Trends in Food Science & Technology*. 2013, 31(1), 63–71.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- GI Glykemický index
ČR Česká republika
TČ Tiobarbiturové číslo

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Zvýšená hladina cukru v krvi pro nízký a vysoký GI [8].....	15
Obrázek 2 – Spotřeba těstovin v ČR na osobu a rok v kg [14].....	20
Obrázek 3 – Světová spotřeba sušených těstovin [15].....	21
Obrázek 4 – Světová spotřeba sušených těstovin v kg na osobu za rok [15].....	21
Obrázek 5 – Světová produkce sušených těstovin [15]	22
Obrázek 6 – Farinogram semoliny [16]	26
Obrázek 7 – Extrudér (lis) za studena, (1) násypka, (2) míchač, (3) směšovač, (4) hnětací sekce, (5) hmotnostní tok vyrovnávající síto, (6) lis, (7) řezání, (8) ventilátor [19].....	28
Obrázek 8 – Pohyb těsta v extruzním válci [19].....	30
Obrázek 9 – Důsledek ohybu při extruzi [19].....	30
Obrázek 10 – Matrice pro výrobu „rigatoni“ [23]	31
Obrázek 11 – Conwayova nádobka [45].....	44
Obrázek 12 – Tahová křivka [49]	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Rozdělení těstovin [1]	12
Tabulka 2 – Chemické složení těstovin ve 100 g [7]	14
Tabulka 3 – Porovnání výživových hodnot sušených a vařených těstovin ve 100 g [4]	16
Tabulka 4 – Energetické hodnoty pro 100 g pšeničných těstovin [7]	16
Tabulka 5 – Složení aminokyselin v těstovinách [7]	17
Tabulka 6 – Zastoupení mastných kyselin ve 100 g těstovin [7]	18
Tabulka 7 – Zastoupení vitaminů ve 100 g těstovin [7]	19
Tabulka 8 – Zastoupení minerálních látek ve 100 g těstovin [7]	19
Tabulka 9 – Fyzikální a chemické požadavky na těstoviny [1]	23
Tabulka 10 – Jakostní požadavky na mouku [16]	24
Tabulka 11 – Doporučená granulace částic pro přípravu těsta [6]	25
Tabulka 12 – Smyslové požadavky na těstoviny [1]	33
Tabulka 13 – Chemické reakce, které mohou vést ke zhoršení kvality, nebo zhoršení bezpečnosti [32]	35
Tabulka 14 – Výživové údaje pro 100 g vzorku	41
Tabulka 15 – Výsledky stanovení pH a sušiny	49
Tabulka 16 – Výsledky stanovení amoniaku a tiobarbiturové číslo	51
Tabulka 17 – Výsledky sensorického hodnocení	53
Tabulka 18 – Výsledky stanovení odporu k tažení a práce nezbytná k deformaci vzorku ..	55

