

Texturní charakteristiky sójových bílkovin

Bc. Jakub Masič

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. Jakub Masič
Osobní číslo:	T20144
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Texturní charakteristiky sójových bílkovin

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Sójové boby jako surovina pro výrobu potravin.
2. Složky sójových bobů a jejich vlastnosti.
3. Faktory ovlivňující technologickou kvalitu sójových bobů.

II. Praktická část

1. Charakteristika použitého materiálu.
2. Postup zpracování sójových bobů a postupy stanovení jejich kvality.
3. Vyhodnocení vlivu sledovaných faktorů na kvalitu sójových bobů a výrobků z nich.
4. Diskuse výsledků s literaturou a formulace závěrů práce.

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- [1]Huang, L., Ding, X., Li, Y., & Ma, H. (2019). The aggregation, structures and emulsifying properties of soybean protein isolate induced by ultrasound and acid. *Food chemistry*, 279, 114-119
- [2]Joye, I. (2019). Protein digestibility of cereal products. *Foods*, 8(6), 199
- [3]Nishinari, K., Fang, Y., Nagano, T., Guo, S., & Wang, R. (2018). Soy as a food ingredient. In *Proteins in food processing* (pp. 149-186). Woodhead Publishing
- [4]Preece, K. E., Hooshyar, N., & Zuidam, N. J. (2017). Whole soybean protein extraction processes: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43, 163-172

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Iva Burešová, 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 užit 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

Tato diplomová práce se zabývá texturními charakteristikami sójových bílkovin. V teoretické části práce informuje o zařazení sójových bobů k luštěninám, o jejich historii a tradičních potravinách vyrobených ze sóji. Dále poskytuje zjednodušené poznatky o významných složkách sójových bobů, mezi které patří i sójové bílkoviny a o faktorech schopných ovlivnit technologickou kvalitu sójových bobů. Praktická část byla zaměřena na výzkum vlivu různých pěstitelských podmínek a odrůd na texturní vlastnosti sójových bílkovin, které byly extrahovány ze sójového nápoje pomocí srážedla a lisovány do bloků tofu. Kromě toho byla provedena měření vlhkosti vzorků a výtěžnosti. Vlhkost jednotlivých vzorků kolísala v rozmezí 75 – 85 %. Výsledky experimentu ukázaly mírné rozdíly v texturních vlastnostech mezi jednotlivými odrůdami, a rozdíly mezi konvenčně a BIO pěstovanou sójou.

Klíčová slova: sója, sójové bílkoviny, tofu, texturní analýza

ABSTRACT

Aim of this diploma thesis are textural characteristics of soy proteins. The theoretical part informs about soybeans as legumes, history of soybeans and traditional foods made from them. It also provides simplified knowledge about soy proteins and other important components of soybeans, and knowledge of different factors that can interfere with soybean's technological quality. The practical part was focused on researching the impact of various growing conditions and varieties on textural properties of soy proteins, which were extracted from soymilk using precipitation and pressed into tofu blocks. Measurement of moisture content and yield was also done. The moisture content was between 75 – 85 %. Results of the experiment shows small differences between varieties and differences between conventional and BIO growing conditions.

Keywords: soy, soy proteins, tofu, textural analysis

Touto cestou chcem srdečne poďakovať vedúcej mojej diplomovej práce doc. RNDr. Ive Burešovej, Ph.D. za povzbudenia, dôveru a vedenie pri uskutočňovaní tejto práce. Rovnako ďakujem aj Ing. Romane Šebestíkovej, ktorá bola vždy ochotná pomôcť pri problémoch sprevádzajúcich praktickú časť.

Ďalej je nutné spomenúť Ing. Tomáša Haruštiaka z firmy ALFA BIO s.r.o., ktorý poskytol vybavenie, potrebné know-how a väčšinu vzoriek k tejto diplomovej práci.

V neposlednom rade patrí nesmierna vďaka aj mojej rodine a blízkym, ktorí ma podporovali počas môjho štúdia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČASŤ	10
1 SÓJOVÉ BÔBY AKO SUROVINA PRE VÝROBU POTRAVÍN	11
1.1 STRUKOVINY	11
1.1.1 Fixácia dusíka strukovinami	12
1.2 SÓJOVÉ BÔBY	13
1.2.1 História sóje	13
1.2.2 Botanická charakteristika sóje fazuľovej	14
1.2.3 Využitie sóje v potravinárstve.....	14
1.3 SÓJOVÝ NÁPOJ.....	15
1.4 TOFU	16
1.4.1 Druhy tofu	17
1.4.2 Fyzikálna štruktúra tofu	17
1.4.3 Typy zrážadiel a ich mechanizmy	17
1.4.4 Nutričné hodnoty tofu	19
2 ZLOŽKY SÓJOVÝCH BÔBOV A ICH VLASTNOSTI	20
2.1 BIELKOVINY	20
2.1.1 Glyciníny a beta-konglyciníny	21
2.1.2 Alergenicita sójových bielkovín	23
2.1.3 Lektíny	24
2.1.4 Lipoxygenázy	25
2.1.5 Inhibítory trypsínu.....	26
2.2 LIPIDY	27
2.3 IZOFLAVÓNY	27
2.4 SAPONÍNY	28
3 FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE TECHNOLOGICKÚ KVALITU SÓJOVÝCH BÔBOV	30
3.1 VPLYV NA VÝROBU TOFU	31
3.2 GMO SÓJA	31
II PRAKTICKÁ ČASŤ	33
4 CIEĽ PRÁCE	34
5 METODIKA PRÁCE	35
5.1 POPIS EXPERIMENTU.....	35
5.2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÉHO MATERIÁLU.....	35
5.2.1 Vzorky	35
5.2.2 Prístroje, pomôcky a chemikálie	36
5.3 POSTUP SPRACOVANIA SÓJOVÝCH BÔBOV	36

5.4	METÓDY STANOVENÍ.....	40
5.4.1	Stanovenie vlhkosti	40
5.4.2	Stanovenie výťažnosti	41
5.4.3	Stanovenie textúrnych charakteristík	41
5.5	ŠTATISTICKÉ VYHODNOTENIE DÁT	43
6	VÝSLEDKY A DISKUSIA.....	44
6.1	VYHODNOTENIE STANOVENIA VLHKOSTI	44
6.2	VYHODNOTENIE STANOVENIA VÝŤAŽNOSTI	46
6.3	VYHODNOTENIE STANOVENIA TEXTÚRNYCH CHARAKTERISTÍK	48
6.3.1	Vyhodnotenie stanovenia textúrnych charakteristík podľa spôsobu pestovania.....	48
6.3.2	Vyhodnotenie stanovenia textúrnych charakteristík podľa odrôd	50
6.3.3	Vyhodnotenie stanovenia textúrnych charakteristík podľa odrôd, spôsobu pestovania a konkrétnej vzorky	52
6.4	KOMPLIKÁCIE A NÁSLEDNÉ ZMENY TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU.....	55
6.4.1	Proces namáčania	55
6.4.2	Zámena zrážadla.....	55
6.4.3	Proces zrážania.....	56
6.4.4	Doba mixovania	56
	ZÁVER	57
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	59
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	71
	ZOZNAM OBRÁZKOV	73
	ZOZNAM TABULIEK	74

ÚVOD

Sója je nenahraditeľnou súčasťou mnohých kultúr, ktoré ju začlenili do svojho jedálneho stola. Jedná sa najmä o Ázijské krajiny kde sa pôvodne vyskytovala. Ich obyvatelia si všimli jej schopnosť zasýtiť, ktorá je spôsobená jej vysokým obsahom proteínov a lipidov. Práve vďaka tomu sa vymyká od ostatných potravín rastlinného pôvodu. Počas stoviek rokov kedy ľudia sóju konzumovali vzniklo mnoho spôsobov ako z tejto plodiny získať čo najviac živín a zdraviu prospešných látok. Výrobky zo sójových bôbov sa najskôr vyrábali v Ázii, najmä v Číne, a potom sa rozšírili do celého sveta. To bolo zapríčinené rozmachom celosvetového pestovania sóje. Tieto výrobky sa stali neoddeliteľnou zložkou vegetariánskej a vegánskej stravy. Globálna spotreba sójových produktov vzrástla vďaka ich vynikajúcej nutričnej hodnote a súvisiacim zdravotným benefitom. Medzi najrozšírenejšie patrí tofu.

Tofu pochádza z Číny kde je súčasťou tradičnej stravy. Veľmi často sa radí medzi najlepšie rastlinné zdroje bielkovín. Jeho príprava sa v podstate počas histórie veľmi nezmenila hoci sa vybavenie zmodernizovalo aby bol tento proces čo najefektívnejší. Ako východiskový materiál sa používajú celé sójové bôby, ktoré sa namáčajú, melú a varia. Klasicky sa tofu vyrába zrážaním sójových bielkovín zo sójového nápoja pomocou solí alebo kyselín. Zrazenina je veľmi podobná tvarohu čo je spôsobené podobnosťou sójových bielkovín ku kazeínom. Takto vyzrážané sójové bielkoviny sa následne lisujú aby odtiekla srvátka, ktorá vznikla synerézou. Tofu má typickú jemnú chuť, bielu farbu a jeho textúra je závislá od miery lisovania. Okrem vysokého obsahu bielkovín, má aj vysoký obsah minerálov avšak ich vstrebávanie môže byť znížené pri zvýšenom obsahu antinutričných látok. Vzhľadom k jeho nevýraznej chuti sa pripravuje na rôzne spôsoby ochutené koreninami a preto je hlavne v Ázii využívané ako veľmi univerzálny pokrm.

Vzhľadom k aktuálnemu rozmachu produkcie potravín z rastlinných zdrojov je logické zamerať sa na výskum vplyvu rôznych pestovateľských podmienok a odrôd. Za týmto účelom vznikla aj táto diplomová práca aby upriamila pozornosť na danú problematiku. Myslíme si, že výberom vhodnej odrody a spôsobu pestovania by sa dala zvýšiť finálna kvalita produktu.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 SÓJOVÉ BÔBY AKO SUROVINA PRE VÝROBU POTRAVÍN

1.1 Strukoviny

Sója fazuľová ako aj hrach siaty, šošovica jedlá, cícer baraní a mnohé iné známe plodiny patria medzi strukoviny do čeľade bôbovité (Pico, 2020). Už niekoľko tisícok rokov tvoria základnú časť jedálneho programu mnohých národov po celom svete. Za najznámejšie považujeme staroveké kultúry v Grécku a Egypte avšak história konzumácie strukovín siaha ďalej než 20 000 rokov pred náš letopočet. Mnohé z nich, ktoré dnes v Európe konzumujeme a pestujeme, nie sú typicky európske. Napríklad fazuľa k nám bola dovezená z Ameriky, sója z Ázie, šošovica z krajín blízkeho východu a cícer z Indie (González-Pérez a Arellano, 2009).

Strukoviny majú svoj názov odvodený od plodu rastlín, ktorým je struk. Pri niektorých rastlinách sa zvyknú konzumovať aj mladé struky, avšak v ich vnútri sa počas dozrievania vytvárajú semená a práve pre ne sú tieto rastliny najčastejšie pestované. Jedná sa o jednoročné popínavé rastliny alebo rastúce vo forme malých krov. Jednotlivé druhy a odrody sa líšia vo veľkosti, tvare, vo vzhľade kvetov, listov a stoniek (Encyclopedia of Foods, 2002).

Medzi strukoviny sa podľa vyhlášky č. 329/1997 Sb. zaraďujú len čistené, triedené, suché semená rastlín zbavené strukov (Česko, 1997). Teda zelený hrášok, zelené fazuľky (mladé struky) alebo klíčky semien sa považujú za zeleninu. V odbornej literatúre sa môžeme stretnúť aj s podrobnejším zadelením sóje a podzemnice olejnej a to medzi strukoviny používané na získavanie oleja (Calles, 2016). Česká legislatíva zaraďuje oleje z týchto rastlín vo vyhláške č. 397/2016 Sb. k jednodruhovým rastlinným tukom a olejom (Česko, 2016).

V rozvojových krajinách sú strukoviny súčasťou jedálneho programu najmä ako lacný zdroj dostatočného množstva bielkovín. Nárast ich konzumácie za posledné roky je zaznamenaný aj celosvetovo. Možným dôvodom je nielen snaha o väčšiu udržateľnosť a konzumáciu rastlinných produktov, ale aj zistenia o pozitívnych účinkoch na ľudské zdravie. Za zmienku stoja protizápalové a antioxidantné účinky, pozitívny vplyv na srdcovo-cievny systém či prevencia rakoviny (Pico, 2020).

Pred konzumáciou je nutné strukoviny vhodne upraviť. Bežne sa zvyknú pred tepelnou úpravou namáčať vo vode po dobu niekoľkých hodín. Máčanie skracuje dĺžku

varenia a takisto znižuje riziko flatulencie vyskytujúcej sa po konzumácii strukovín (Encyclopedia of Foods, 2002). K ďalším spôsobom úpravy strukovín pred konzumáciou patrí klíčenie alebo fermentácia. Všetky tieto kroky zlepšujú chuť, stráviteľnosť a aj biologickú hodnotu pretože znižujú množstvo oligosacharidov, tanínov a antinutričných látok (Pico, 2020).

Spolu s obilninami patria strukoviny k jedným z ekonomicky najvýznamnejších pestovaných rastlín. To potvrdzuje aj fakt, že zaberajú až 15 % celosvetovej ornej pôdy (Pico, 2020). Za posledných tridsať rokov sa globálna produkcia strukovín s výnimkou sóje zvýšila o viac ako 50 %. Sója samostatne zaznamenala nárast v pestovaní o viac ako 215 % (González-Pérez a Arellano, 2009).

1.1.1 Fixácia dusíka strukovinami

Typickou vlastnosťou väčšiny strukovín je ich schopnosť fixovať atmosférický dusík čo dokážu vďaka symbióze s pôdnymi gram-negatívnymi baktériami rodu *Rhizobium*. Tieto baktérie musia najprv prejsť z pôdy do koreňového systému bôbovitých rastlín, kde vytvárajú na koreňových vláskoch typické hrčkovité útvary – noduly. V takto infikovaných koreňoch sú hrčkotvorné baktérie uzavreté rastlinnou membránou a vzniká symbiozóm, čo je útvar podobný rastlinnej organele. Následne baktérie rodu *Rhizobium* začnú premieňať vzdušný dusík, ktorý je pre rastliny nevyužiteľný, na využiteľnú formu – amoniak. Dusík vo forme amoniaku si rastliny zabudujú do aminokyselín a tie využijú na syntézu bielkovín. Baktérie od rastlín naopak získavajú vysoko energetické organické látky, ktoré si rastlina vytvára pri fotosyntéze, pretože fixácia dusíka je energeticky náročný proces (Wang, Liu a Zhu, 2018).

Zaujímavým faktom, ktorý stojí za zmienku je aj rôznorodosť a špecifickosť jednotlivých baktérii. Symbióza nevzniká medzi náhodnými baktériami a strukovinami, práve naopak. Výber vhodných baktérii teda musí byť zohľadnený aj pri výseve konkrétnych strukovín aby sa čo najviac zvýšil výnos. To znamená, že sa inokulujú vhodnou baktériou už semená pred vysievaním (Flynn a Idowu, 2015). Napríklad sója obľubuje v minerálno-zásaditej pôde baktérie *Sinorhizobium fredii*, v zásaditej pôde *Bradyrhizobium japonicum* a v kyslej pôde *Bradyrhizobium elkanii* (Yan et al., 2014; Wang, Liu a Zhu, 2018).

1.2 Sójové bôby

1.2.1 História sóje

Sója patrí momentálne medzi jedny z najpestovanejších plodín na svete. Využíva sa na potravinárske účely ale aj na výrobu krmív. Ako už bolo spomenuté vyššie táto rastlina pochádza z východnej Ázie a jej pestovanie sa datuje niekde do rokov 1700 – 1100 pred našim letopočtom. Sója *Glycine max*, ktorú poznáme dnes bola vyšľachtená z divokej sóji *Glycine soja* (Kinney a Clemente, 2011). Počas tisícok rokov sa obyvatelia východnej Ázie naučili konzumovať sójové bôby v rôznych formách. Medzi najznámejšie patria:

- Tofu
- Sójový nápoj
- Sójová omáčka
- Nimame (uvarené sójové bôby)
- Edemame (blanšírované mladé struky)
- Miso (fermentovaná pasta)
- Natto (fermentované sójové bôby)
- Tempeh (fermentované sójové bôby)

(Fukushima, 2011).

Z Ázie do Európy sa sója rozšírila v začiatkoch osemnásteho storočia a k jeho koncu sa objavila už aj v Amerike. Pestovanie vo veľkom v Amerike a Európe ale nastalo neskôr. Svoj rozmach na týchto svetadieloch sója zažila až začiatkom 20. storočia (González-Pérez a Arellano, 2009). V tomto období sa sója dostala do širšieho povedomia ako ekonomický a vysokokvalitný zdroj rastlinných bielkovín. Preto okrem tých tradičných vznikli aj ďalšie produkty ako sójová múka, sójový proteínový izolát a textúrovaný sójový proteín (Fukushima, 2011).

Počas týchto rokov sója pritiahla pozornosť nie len potravinárov a poľnohospodárov, ale aj podnikateľov a vizionárov ako bol Henry Ford. Zaujímavosťou je jeho snaha nahradiť oceľové diely áut plastovými. Presné zloženie plastu, ktorý bol aj zo sóje nie je známe pretože sa prototyp auta nikdy nezačal vyrábať kvôli vypuknutiu druhej svetovej vojny (The Henry Ford, 2022).

Počas druhej svetovej vojny sa Spojené štáty americké stali hlavným producentom sóje vo svete. Vzhľadom na nepokojnú situáciu v Európe a vo svete sa zvýšil dopyt po potravinách a teda aj po jedlých olejoch na výrobu margarínov a kvalitnom zdroji bielkovín. To Spojené štáty americké využili a v rokoch 1941 – 1942 zdvojnásobili svoju produkciu a predbehli tak v produkcii sóje aj Čínu, ktorej dovtedy patrilo prvenstvo. Vďaka priemyselnému rozmachu v tej dobe sa viaceré procesy v poľnohospodárstve a potravinárstve zautomatizovali čo len podporilo nárast jej pestovania a produkcie. V 70. rokoch minulého storočia sa sformoval trh na podobu akú poznáme aj dnes. Dôvodom bol rozmach pestovania sóje v Brazílii, Argentíne a neskôr aj v Paraguaji. Latinská Amerika sa tak zaradila za USA v celosvetovej produkcii (Shurtleff a Aoyagi, 2004).

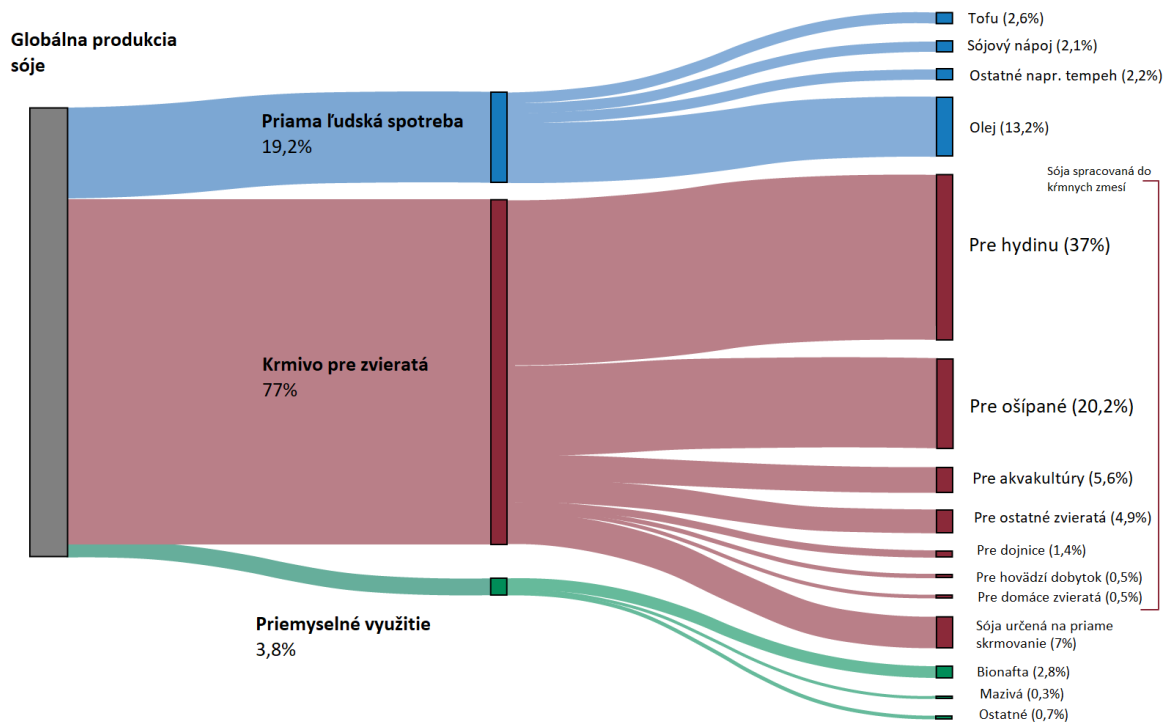
1.2.2 Botanická charakteristika sóje fazuľovej

Z botanického hľadiska sa jedná o jednoročné rastliny. Dokážu rásť v miernom podnebnom pásme avšak sú citlivé na nízke teploty počas noci. Existujú odrody schopné rásť vo výške až 3000 m n. m. Najpriaznivejšie podmienky na rast sú dni dlhé 12 – 16 h a teploty okolo 30 – 32 °C. Čím vyššia teplota, tým vyšší pomer tuk:bielkoviny v prospech tukov. Rastliny dosahujú výšku 30 – 180 cm, ich plodom sú struky 2 – 10 cm dlhé a 2 – 4 cm široké (Bockisch, 1998). Struk obsahuje oválne až guľaté semená najčastejšie žltej farby prípadne s čiernymi, hnedými alebo fialovými ňakmi, ktoré sú spôsobené antokyanovými farbivami. Vyskytujú sa aj semená zelené alebo červené. Žltá farba je však typická len pre *Glycine max* pretože jej predok *Glycine soja* má len tmavo pigmentované semená. Ľudia teda pravdepodobne zbierali žlté semená z divokej sóje, v ktorej nastali spontánne mutácie a tak vyšľachtili dnešnú sóju fazuľovú (Encyclopedia of Foods, 2002; ScienceDaily, 2017). V struku sa zvyčajne nachádzajú 1 – 4 semená a po dozretí typicky chrastia. Hmotnosť tisícich zrn sa pohybuje od 50 až do 350 gramov. V priemere obsahujú 17 – 25 % oleja a 30 – 40 % bielkovín (Bockisch, 1998). Zvyšok tvorí približne 35 % sacharidov, z čoho je asi 17 % vláknina, a 5 % popolovín. (Sherif, 2013)

1.2.3 Využitie sóje v potravinárstve

Hoci na prvý pohľad sa môže zdať, že sója je plodina pestujúca sa najmä pre výrobu potravín, nie je to vôbec tak. Viac ako 77 % svetovej produkcie sóje je využitej na

křmne účely pre zvieratá, len 19 % na výrobu potravín avšak z toho 13 % tvoria oleje, a zvyšné 4 % z celosvetovej produkcie sú použité na výrobu biopalív a mazív (Ritchie, Roser, 2021).



Obrázok 1: percentuálne rozdelenie využitia sóje
upravené podľa (Ritchie, Roser, 2021)

1.3 Sójový nápoj

Základom výroby tofu je príprava sójového nápoja. Ide o koloidný systém vzhľadom pripomínajúci mlieko, ktorý približne z 3 % tvoria bielkoviny, 2 % tuky a z 2 % sacharidy a minerálne látky. Okrem nich sa tu nachádzajú aj bioaktívne látky ako izoflavóny a saponíny, ktorých účinky na zdravie sú spomenuté v kapitole 2.3 (Peng, Ren a Guo, 2016). Sójový nápoj je často využívanou alternatívou k mlieku pre ľudí s laktózovou intoleranciou a má výrazne nižší obsah nasýtených mastných kyselín (Chen, 2013).

Na začiatku celého procesu je nutné sójové bôby, ako všetky ostatné strukoviny, pred varením namočiť na niekoľko hodín do vody. Táto doba je u každého výrobcu iná a tak sa pohybuje od 6 až do 12 hodín. Sójové bôby sa následne rozdrvia a vzniknutá kaša sa zahrieva až do bodu varu. Výdrž počas teploty varu opäť závisí od jednotlivých výrobcov (Chen, 2013). Teplota a výdrž ovplyvňujú farbu a chuť nápoja, výťažnosť

nutrientov zo sójových bôbov, ich kvalitu a znižujú počet nežiadúcich mikroorganizmov. Nevhodne zvolený teplotný režim ovplyvní aj kvalitu produktov vyrábaných z nápoja. Zbytočne dlhé zahrievanie vedie k degradácii aminokyselín a vitamínov, hneďnutiu nápoja a vzniku spálenej chuti. Môže sa zhoršiť schopnosť podliehať mliečnemu kvaseniu, prípadne dôjde k negatívnym zmenám texturálnych vlastností tofu. Naopak správne teploty znižujú prítomnosť pachutí a antinutričných látok (Kwok a Niranjana, 1995).

Po vare nasleduje filtrácia nerozpustných zložiek – okary. V tomto bode sa už jedná o sójový nápoj. Existujú aj metódy kedy sa okara oddelí v mlecích strojoch pred samotným zahrevom. Takýto postup zjednodušuje a urýchľuje výrobu nápoja ale pokiaľ nasleduje výroba tofu ovplyvňuje to jeho finálne vlastnosti. Zmeny nastanú v znížení schopnosti zadržiavať vodu a vzniká tofu s horšou gélovitou štruktúrou, čo má za následok jeho nižšiu pevnosť (Zhang et al., 2018).

1.4 Tofu

Tofu je tradičný, nutrične bohatý produkt zo sójového nápoja a jeho výroba je veľmi podobná výrobe syrov. Má nevýraznú chuť a pórovitú štruktúru čo mu umožňuje pomerne dobre na seba viazať senzorycky aktívne látky z korenín či marinád používaných pri príprave jedál. Vďaka tomu sa dá tofu pripraviť na mnoho spôsobov. Používa sa do šalátov, polievok, ako príloha k hlavným jedlám prípadne aj ako náhrada mäsa alebo syrov (Nout, 2015).

Princíp výroby tofu ostal viac-menej nezmenený od jeho objavenia pred viac než 2000 rokmi. Získava sa zrážaním bielkovín prítomných v sójovom nápoji. Po odfiltrovaní okary je nutné sójový nápoj opätovne zahriať. Koagulačná teplota sa odvíja od druhu vyrábaného tofu a zrážadla avšak bežne sa pohybuje okolo 75 – 90 °C. Zrážadlo je po pridání nutné dobre rozmiešať aby koagulácia prebehla rovnomerne v celom objeme. Celý proces zrážania prebieha cca. 10 – 30 min, počas ktorého nastáva syneréza srvátky. Vyzrážané bielkoviny formujú gélovitú štruktúru. Zrazenina sa rozbije na menšie časti buď jemným premiešaním, nožom alebo syrárskou harfou a vyklopí sa do foriem, v ktorých prebieha lisovanie. Vylisované tofu sa následne krája na menšie kusy, ktoré sa vkladajú do studenej vody (Hymowitz, 2008).

1.4.1 Druhy tofu

Tofu sa bežne delí na lisované a nelisované. V Českej republike a na Slovensku je práve najznámejšie a najpredávanejšie klasické pevné tofu, inak nazývané aj momen tofu.

Obsahuje približne 80 % vody, má kompaktnú štruktúru je pevné a súdržné. Zráža sa najčastejšie pomocou nigari (hlavnou zložkou je $MgCl_2$), po vyzrážaní sa zrazenina rozbije na menšie časti aby srvátka ľahšie vytekala a lisuje sa. Ďalším je jemné tofu, ktoré má obsah vody až 90 %. S tým je spojená aj vyššia elasticita a jemnejšia textúra. Zadržáva v sebe viac vody pretože sa lisuje bez predchádzajúceho rozbitia zrazeniny na menšie časti. Posledným je silken tofu. Zráža sa pomocou glukóno- δ -laktónu alebo roztokom síranu vápenatého, má veľmi jemnú až pudingovú textúru, ktorá ale po nakrojení drží tvar. Obsah vody je približne 90 % pretože k oddeleniu srvátky nedochádza vzhľadom k tomu, že zrážanie prebieha priamo v spotrebiteľskom obale (Zhang et al., 2018).

1.4.2 Fyzikálna štruktúra tofu

Z fyzikálneho hľadiska môžeme tofu považovať za hydrogél. To je hmota s vysokým obsahom vody zachytenej v trojrozmernej sieťovitej štruktúre tvorenej polymérmí, v tomto prípade sójovými proteínmi, ktoré sú medzi sebou spojené kovalentnými, nekovalentnými a medzimolekulovými príťažlivými silami. Mnoho faktorov ovplyvňuje vznik tejto trojrozmernej siete. Výrobcovia tofu musia vybrať odrody sóje s vhodným zastúpením bielkovín a pri príprave sójového nápoja ich dostatočne zdenaturovať. Ďalej zvoliť vhodnú teplotu aby koagulácia prebehla úplne a pripraviť zrážadlo v dostatočnom množstve a koncentrácii (Guo a Yang, 2015).

Kvôli veľkému počtu premenných, ktoré sa vzájomne podieľajú na finálnej kvalite to chce pri výrobe kvalitného tofu nie len poznať receptúru, ale aj mať empirické skúsenosti. Niet sa teda čomu čudovať, že si svoje receptúry a know-how každý výrobca prísne stráži a odovzdáva ich len svojim následníkom.

1.4.3 Typy zrážadiel a ich mechanizmy

Na to aby vzniklo kvalitné tofu s požadovanými vlastnosťami je nutné venovať veľkú pozornosť voľbe vhodného zrážadla. Počas zrážania dochádza k agregácii sójových

proteínov a tvorbe sieťovitej štruktúry. Tá tvarom môže pripomínať včelie plásty alebo naopak, nemá vôbec pravidelný tvar a je náhodne usporiadaná (Cao et al., 2017).

Na výrobu tofu sa už po mnoho rokov používa najmä nigari. Jedná sa o zmes minerálov získaných z morskej vody, medzi ktoré patria chloridy aj sírany horečnaté, vápenaté a draselné. Najväčší obsah však tvorí chlorid horečnatý a chlorid vápenatý. Nigari sa zvyčajne predáva v tekutej forme alebo ako granuly či jemné kryštálky. Po jeho použití veľmi rýchlo vznikajú malé hrudky zrazeniny, ktoré vo finále vytvoria pevné tofu s jemne horkastou chuťou. Ďalším často používaným zrážadlom je síran vápenatý (v zahraničí nazývaný gypsum). V prírode sa vyskytuje ako minerál sadrovec, je pomerne lacný a vytvára jemnú a pružnejšiu štruktúru tofu s mierne nasladlou chuťou (Meredith, 2022).

Úspešnosť samotného zrážania a aj celkovo všetkých faktorov ovplyvňujúcich finálnu kvalitu tofu sa určuje meraním tvrdosti, súdržnosti, pružnosti a ďalšími inými faktormi (Zheng et al., 2020). Pre prehľadnosť sa najčastejšie používané zrážadlá môžu zaradiť do nasledovných kategórii:

- Kyseliny a ich estery
 - Glukono- δ -laktón
 - Kyselina citrónová
 - Kyselina octová
- Soli
 - Sírany (CaSO_4 , MgSO_4)
 - Chloridy (KCl , MgCl_2 , CaCl_2)

(Zhang et al., 2018).

1.4.3.1 Kyseliny

Využívanie kyselín na zrážanie je založené na ich schopnosti znižovať hodnotu pH, čo sa deje vďaka zvýšenej koncentrácii vodíkových iónov. Keď dôjde k poklesu pH na hodnotu, ktorá odpovedá izoelektrickému bodu sójových bielkovín nastane ich denaturácia a vzájomná koagulácia. V tomto momente sa dosiahne strata nábojov jednotlivých

molekul, ktoré im bránili v zhlukovaní a začnú sa navzájom priťahovať (Zheng et al., 2020).

1.4.3.2 *Soli*

Podrobné vysvetlenie zrážacieho mechanizmu prebiehajúceho po pridaní solí je momentálne veľmi náročné pre nedostatok poznatkov. Existujú viaceré teórie alebo ich kombinácie, ktoré sa snažia objasniť túto problematiku avšak každá z nich má isté medzery. Prvou je teória kationového mostíka. Je známe, že sójové proteíny sú citlivé na prítomnosť iónov dvojmocných kovov, najmä iónov vápnika. Ich prítomnosť v sójovom nápoji, oslabí elektrický náboj proteínov, ktorý bráni vzájomnému priblíženiu sa. Ióny následne vytvárajú tzv. mostíky medzi karboxylovými skupinami susediacich proteínov a to spôsobí ich agregáciu a tvorbu trojrozmernej siete (Guo a Yang, 2015).

Na túto teóriu nadväzuje ďalšia, ktorá popisuje ako dvojmocné ióny interagujú s kyselinou fytoovou a vytvárajú tak neutrálne nabité produkty. Tie dokážu oslabiť elektrostatické vlastnosti proteínov a to vedie k vzniku nového priestorového usporiadania do trojrozmernej siete (Zhang et al., 2018).

Tretou je teória vysolenia tepelne denaturovaného proteínu v dôsledku dehydratácie po pridaní soli (Wang et al., 2018). Z dôvodu nejasností v tejto oblasti je nutný ďalší vedecký výskum.

1.4.4 **Nutričné hodnoty tofu**

Tofu zvyčajne obsahuje okolo 85 % vody okrem toho ale obsahuje lipofilné vitamíny (A, D, E, K), vitamíny skupiny B (ako je riboflavín, tiamín, niacín, kyselina pantoténová, biotín, vitamín B₆ a vitamín B₁₂), a minerálne látky (Ca, P, K, Mg, Fe, Zn, Mn, Se a Cu). Okrem toho je tofu bohaté aj na omega-3 mastné kyseliny (Pal, Devrani a Ayele, 2019).

Uvádza sa, že tofu s hmotnosťou 100 gramov obsahuje 144 kalórií, 3 g sacharidov, 9 g tuku, 17 g bielkovín. V percentách dennej doporučenej dávky (% DDD) obsahuje tofu 53 % Ca, 51 % Mn, 42 % Cu, 32 % Se, 15 % P, 15 % Fe, 14 % Mg, 14 % Zn (Petre, 2022).

2 ZLOŽKY SÓJOVÝCH BÔBOV A ICH VLASTNOSTI

Rastliny vo všeobecnosti obsahujú mnoho rôznych chemických zlúčenín a práve kvôli tejto rozmanitosti medzi nimi existuje tak široká pestrosť. Líšia sa nie len zjavnými a viditeľnými rozdielmi medzi jednotlivými čľaďami či rodmi, ale aj odrodovo. Rozsah zmien v zložení závisí od podmienok pestovania rastliny, pozberových úprav a skladovania. Takéto odlišnosti sú skúmané laboratórne, použitím rozdielnych metód. V nasledujúcich podkapitolách sú spomenuté a popísané najvýznamnejšie látky nachádzajúce sa v sóji aj s ich vlastnosťami.

2.1 Bielkoviny

Bielkoviny sú veľmi významnou zložkou sójových bôbov. Jedná sa o vysokomolekulárne látky, ktoré sú tvorené reťazcami aminokyselín viazaných peptidovou väzbou. Tvoria približne 30 – 50 % z celkovej hmoty sójových bôbov, avšak táto hodnota sa môže líšiť v závislosti na podmienkach pri pestovaní alebo od odrody (Murphy, 2008).

Sója je dôležitým zdrojom bielkovín nie len pre výživu ľudí, ale aj hospodárskych zvierat. Takisto ju môžeme zaradiť medzi najlacnejšie zdroje kvalitných bielkovín. Na rozdiel od proteínov ostatných strukovín sa sójový proteín vyznačuje dobrým zastúpením aminokyselín. Sója sa odbornou verejnosťou označuje za potravinu rastlinného pôvodu s najvyššou biologickou hodnotou pretože obsahuje všetkých deväť esenciálnych aminokyselín potrebných pre človeka. Esenciálne aminokyseliny sú tie, ktoré živé organizmy nie sú schopné samostatne biosyntetizovať a musia ich získavať zo svojej potravy. Jedná sa o histidín, izoleucín, leucín, lyzín, metionín, fenylalanín, treonín, tryptofán a valín (Levesque, Elango a Ball, 2012; Joye, 2019). Biologická hodnota sa stanovuje ako miera využiteľnosti natráveného proteínu pri syntéze bielkovín v organizme. Štandardne sa na zistenie relatívnej biologickej hodnoty potravy porovnávajú so slepačím vajcom, ktorého aminokyselinové zastúpenie je považované za optimálne. Pre porovnanie slepačie vajce dosahuje hodnotu 97, sójový proteínový izolát 74, sójový nápoj 91 a celé sójové bôby 96 (Sherif, 2013; Joye 2019).

Sója sa teda právom považuje za vhodnú alternatívu, k niektorým živočíšnym produktom. Oproti nim má aj výhodu nízkeho obsahu cholesterolu a tuku. Všetky tieto

fakty z nej robia nutrične zaujímavú potravinu pre mnohých ľudí avšak netreba sa nechať zmiasť. Tvrdenie o obsahu všetkých esenciálnych aminokyselín ešte nezaručuje ich dostatočné množstvo. Sója je chudobná najmä na sírne aminokyseliny ako metionín a cysteín (Levesque, Elango a Ball, 2012). Ľudia, ktorí sa z nejakého dôvodu vyhýbajú živočíšnej strave tieto dve aminokyseliny získavajú napríklad z obilnín alebo orechov (WebMD, 2020).

Sójové bielkoviny majú ale ešte ďalšiu zaujímavú schopnosť, dokážu viazať vodu a tuk. To znamená, že vytvárajú vláknité štruktúry, ktoré sú podobné svojimi vlastnosťami s bielkovinami z mäsa. Vďaka tomu vzniklo, niekoľko rokov dozadu, úplne nové odvetvie zaoberajúce sa výrobou analógov mäsa. Samozrejme je nutné zvoliť správny technologický postup aby sa docielili požadované vlastnosti (Dostálová, 2017).

2.1.1 Glyciníny a beta-konglyciníny

Najväčší podiel sójových bielkovín tvoria glyciníny a beta-konglyciníny. Glyciníny sa radia do skupiny legumínov. Tie sa všeobecne označujú aj ako rastlinný kazeín pretože sú jeho analógmi. Podľa rýchlosti sedimentácie pri centrifugácii (sedimentačného koeficientu) sa jedná o 11S globulíny. Ich molekulová váha je 300 – 380 kDa. Väčšina semien rastlín obsahuje 11S globulíny ako hlavné zásobné bielkoviny pre ich výživu. Nemajú teda zvláštnu biologickú funkciu, ich úlohou je najmä poskytovať dusík v amino forme, síru a uhlík kľúčiacim semenám (Fukushima, 2011; Abd El-Salam a El-Shibiny, 2016).

Glycinín sa skladá z piatich typov podjednotiek, ktoré sa dajú rozdeliť do troch skupín. Konkrétne pozostávajú z:

- skupina I: A1aB1b, A1bB2, A2B1a
- skupina IIa: A5A4B3
- skupina IIb: A3B4

Glyciníny sú tvorené striedajúcimi sa kyslými (~35 kDa) a zásaditými (~20 kDa) peptidmi, spojenými disulfidickými mostíkmi do kruhu, ktoré ich formujú do hexamérov. Disulfidické mostíky sú schopné vytvárať z dôvodu, že obsahujú isté množstvo metionínu a cysteínu. Práve vďaka týmto väzbám je denaturačná teplota glycinínov vyššia ako pre beta-konglyciníny. Pohybuje sa niekde okolo 80 – 90 °C, zatiaľ čo beta-konglyciníny

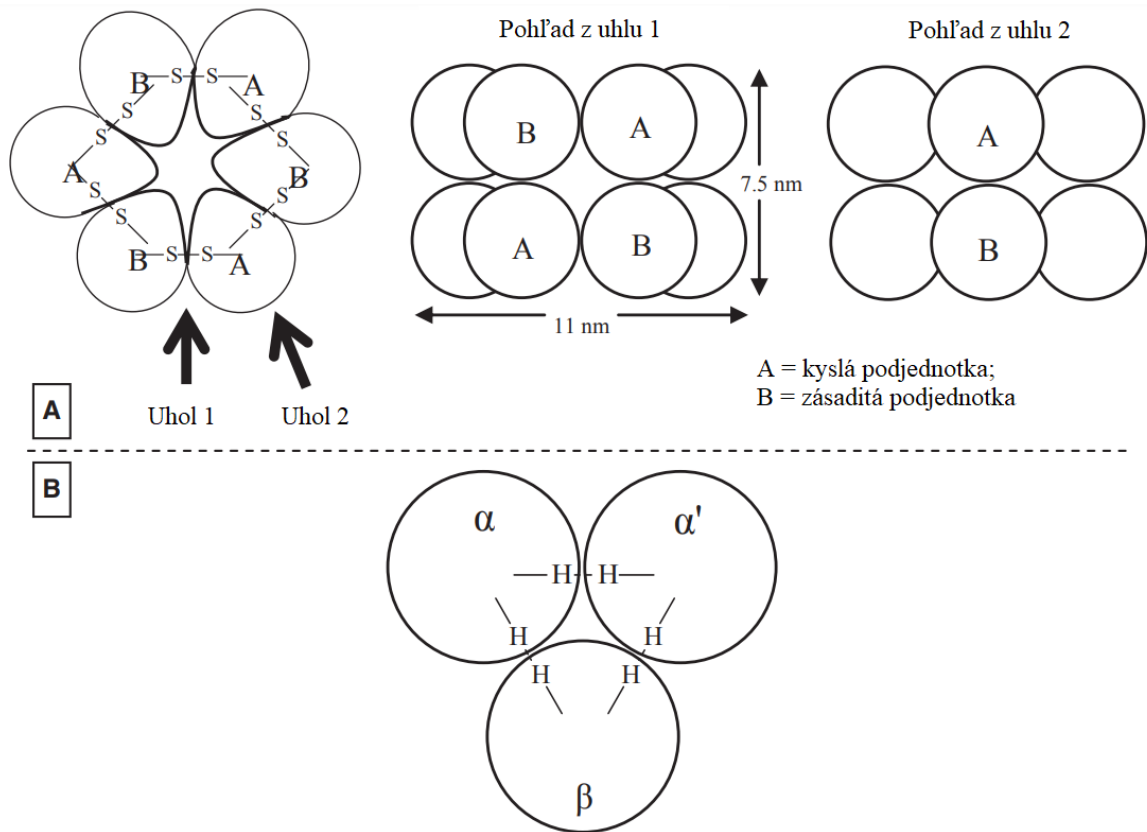
denaturujú už pri 60 – 75 °C (Adachi et al., 2003; Abd El-Salam a El-Shibiny, 2016; Nishinari et al. 2018).

Beta-konglyciníny sú takisto zásobné proteíny sóje. Radia sa medzi vicilíny a sú zmesou heterotrimérnych a homotrimérnych glykoproteínov, ktoré pozostávajú z troch N-glykozidových podjednotiek (α , α' , β). Ich molekulová hmotnosť je 150 – 200 kDa pričom podjednotka α má 72 kDa, α' 68 kDa a podjednotka β 52 kDa. Sú spojené pomocou vodíkových väzieb. Beta-konglyciníny majú v porovnaní s glycinínom menší obsah sírnych aminokyselín a kvôli tomuto nedokážu v svojich molekulách vytvárať silnejšie disulfidické mostíky (Murphy, 2008; Fukushima, 2011; Nishinari et al., 2018)

Bainy et al. (2010) uvádza, že izolovaný beta-konglycinín po zahriatí a vyžrážaní vytváral jemnú elastickú dispergovanú sieť vytvorenú z náhodného súboru zhlukov. Veľkosť pórov sa pohybovala okolo 0,5 – 0,6 μm . Naproti tomu samostatne izolovaný glycinín vytvoril hrubú gélovitú sieť stabilizovanú disulfidovými a nekovalentnými väzbami. Táto sieť mala veľkosť jednotlivých pórov 2 – 3 μm .

Glycinín teda vytvára tvrdý a neelastický gél. Tvrdosť sa zvyšuje úmerne s obsahom polypeptidu A3 z podjednotky A3B4. Za elasticosť je zodpovedná kyslá podjednotka A4, ktorá zároveň robí gél mäkším a krehkejším (Fukushima, 2010).

Špeciálne štruktúry vytvárané glycinínom a beta-konglycinínom sa menia za rôznych podmienok, ako je teplota, pH, typ prítomných iónov, ich sila a iné ďalšie. Napríklad počas ich zahrievania reagujú základné podjednotky glycinínu s β podjednotkou beta-konglycinínu prostredníctvom parciálnych nábojov. Podjednotky α , α' majú tendenciu interagovať s okolitými podjednotkami glycinínu prostredníctvom disulfidových väzieb. Z toho vyplýva, že práve vďaka viacerým zložitým interakciám medzi jednotlivými podjednotkami týchto dvoch zásobných proteínov sa vytvára špecifická trojrozmerná gélovitá sieť tofu. To potom ovplyvňuje jeho finálnu štruktúru a textúru. Tvar molekúl glycinínov a beta-konglycinínov je možné vidieť na obrázku č. 2 (Zhang a Qin, 2019).



Obrázok 2: tvar molekuly glycinínu (A) a beta-konglycinínu (B)
upravené podľa (Zhang a Qin, 2019)

Ďalšími látkami, ktoré majú bielkovinovú povahu a vyskytujú sa v sóji, sú lipoxygenázy, inhibítory trypsínu a lektíny.

2.1.2 Alergenicita sójových bielkovín

Sója patrí medzi osem potravín, o ktorých sa predpokladá, že sú zodpovedné za 90 % všetkých alergických reakcií (L'Hocine a Boye, 2007). Alergia na sóju, presnejšie na sójové bielkoviny sa stala za posledných desať rokov vážnym problémom. Vďaka zvýšenému využívaniu sóje v potravinách kde sa predtým nevyskytovala sa zvýšil počet vážnych alergií, čo viedlo k väčšej snahe preštudovať túto tému. Najlepším spôsobom, ako zabrániť precitliveným pacientom v požití alergénnych zlúčenín, je vylúčiť potraviny obsahujúce tieto alergény zo stravy. Preto je nevyhnutné dohliadať na úplné a pravdivé označovanie potravín. Okrem toho je nutné používať presné a spoľahlivé postupy na detekciu alergénov nachádzajúcich sa v rôznych produktoch (Mulalapele a Xi, 2021).

Alergia na sóju, alebo produkty zo sójových bôbov, je bežnou potravinovou alergiou. Často sa môže spúšťať v detstve kedy matky začnú nevhodne prikrmovať dieťa. Hoci väčšina detí z precitlivenosti na sójové bielkoviny vyrastie, niektoré si alergiu prenású až do dospelosti. Väčšinou sa jedná o mierne alergické reakcie, ktoré sú síce nepríjemné avšak nie život ohrozujúce. Mierne prejavy a príznaky zahŕňajú žihľavku alebo svrbenie v ústach a okolo nich, opuch, sťažené dýchanie alebo tráviace problémy. V zriedkavých prípadoch môže alergia na sóju spôsobiť anafylaktický šok, čo je život ohrozujúci stav a v tomto prípade je nevyhnutná lekárska pomoc. Viacero potravín, medzi ktoré patria mäsové výrobky, pekárenské výrobky, čokoláda a raňajkové cereálie môžu obsahovať sóju na obohatenie nutričného profilu. Z tohto dôvodu je náročné sa vyhýbať potravinám s jej obsahom (Mayo Clinic, 2020).

Hoci sa v identifikácii a charakterizácii sójových alergénov dosiahli významné pokroky, vedci si nie sú úplne istí, ktoré proteíny v sóji spôsobujú alergické reakcie. Identifikovaných bolo najmenej 16 alergénov. Väčšina z nich, podobne ako u iných rastlinných potravinových alergénov, sú bielkoviny s metabolickou, zásobnou alebo ochrannou funkciou (L'Hocine a Boye, 2007).

Uvádza sa, že spracovanie potravín môže viesť k modifikácii konformačnej štruktúry proteínu alebo k narušeniu proteínu, čo inhibuje väzbu imunoglobulínu E (IgE) na alergénne proteíny. Zjednodušene vysvetlené, vďaka spracovaniu potravín je možné znížiť alebo úplne vylúčiť alergenicitu (Mulalapele a Xi, 2021).

2.1.3 Lektíny

Veľmi diskutovanou témou medzi ľuďmi zaujímavými sa o zdravú výživu sú lektíny. Pre mnohých sa stali dôvodom na obavy a vyhýbajú sa potravinám, ktoré ich obsahujú. Nejedná sa však o žiadnu novinku a vo vedeckých kruhoch sa o nich vie už od druhej polovice 20. storočia kedy boli objavené. Nájdeme ich napríklad v paradajkách, paprikách, zemiakoch, baklažáne a takisto aj v strukovinách (Messina, 2018).

Lektíny sú antinutričné látky bielkovinovej povahy, konkrétne glykoproteíny, ktoré tvoria 5 – 7 % sójových bôbov (Pan et al., 2018). V rastlinách majú obrannú funkciu, sú rezistentné voči tráviacim enzýmom a majú schopnosť viazať na seba cukry. Sójový lektín sa špecificky viaže na galaktózu a N-acetyl-D-galaktózamín, jeho molekulová hmotnosť je okolo 120 kDa (Ma a Wang, 2010). Sójový lektín, v zahraničí nazývaný aj sójový

aglutinín, má typickú štvorpolymérnu štruktúru ako lektíny z iných strukovín. Na rozdiel od nich je stabilnejší vďaka veľkému počtu vodíkových mostíkov a hydrofóbných interakcii medzi dvoma monomérmi jeho molekuly. Dá sa čiastočne inaktivovať správnym zahrievaním (Pan et al., 2018). Inaktivácia suchým teplom je menej efektívna preto sa skôr využíva var alebo autoklávovanie (Ma a Wang, 2010). Pri príprave potravín sa však autoklávovanie nevyužíva preto je najjednoduchšie a aj najbežnejšie semená najprv dostatočne dlho namočiť a následne povariť (Messina, 2018). Hoci biologická aktivita môže byť znížená správnym zahrievaním, stále sa tu nachádza reziduálne množstvo, ktoré môže ovplyvniť zdravie čriev. Negatívne vplyva na sliznicu čreva, rovnováhu črevnej mikroflóry, bariérovú funkciu čreva, či na imunitný systém. Antinutričný účinok sójového lektínu na monogastričné živočíchy je väčší ako na prežúvavce, čo pravdepodobne súvisí s fermentáciou v bachore prežúvavca, ktorá znižuje aktivitu antinutričných faktorov (Pan et al., 2018). Závažnosť týchto nepriaznivých účinkov môže závisieť od oblasti čreva, na ktorú sa lektín viaže. Bolo hlásených niekoľko prípadov otravy lektínom v dôsledku konzumácie surových alebo nesprávne spracovaných strukovín (Messina, 2018).

2.1.4 Lipoxygenázy

Lipoxygenázy patria medzi enzýmy katalyzujúce rozklad poly-nenasýtených mastných kyselín. Vďaka ich aktivite vznikajú sensoricky aktívne látky zodpovedné za nežiaduce príchuť, opisované ako fazuľová alebo trávnatá (Yang et al., 2016; Preece, Hooshyar a Zuidam, 2017).

V Ázii to spotrebiteľovi neprekáža a pripisuje to k typickej chuti avšak tento efekt je na západnom trhu nechcený a teda vo všeobecnosti znižuje kvalitu a atraktivnosť výrobkov. Práve kvôli tomu je vynakladaná veľká snaha čo najviac zredukovať aktivitu lipoxygenáz. To sa dosahuje šľachtením odrôd bez lipoxygenáz alebo zbavením sa prchavých, sensoricky aktívnych látok, akými sú mastné kyseliny s krátkym reťazcom, steroly alebo aldehydy (Zheng et al., 2020).

Vykonáva sa množstvo pokusov odstrániť alebo zamaskovať tieto pachute počas výroby. Ukázalo sa však, že týmito metódami nie je možné v uspokojivej miere odstrániť alebo zamaskovať nežiaduce chute a pachy. Okrem toho hydroperoxydy produkované lipoxygenázami oxidujú voľné tiolové (-SH) skupiny sójových proteínov, čo vedie k zníženiu ich schopnosti vytvárať gél (Fukushima, 2011).

Zrelé sójové bôby obsahujú tri hlavné lipoxygenázy označované ako lipoxygenáza-1, lipoxygenáza-2 a lipoxygenáza-3. Tvorba nežiadúcich príchuťí je zapríčinená oxidáciou cis,cis-1,4-pentadiénovej štruktúry, ktorá je obsiahnutá v kyseline linolovej a linolénovej. Práve na tieto dve poly-nenasýtené mastné kyseliny je sója bohatá. Okrem zlepšenej chuti a arómy by teda sójové bôby bez obsahu lipoxygenáz mohli byť odolnejšie voči nepriaznivým podmienkam skladovania (Yang et al., 2016).

2.1.5 Inhibítory trypsínu

Inhibítory trypsínu sa považujú za najvýznamnejšie antinutričné látky obsiahnuté v sójových bôboch. Hodnoty aktivity týchto inhibítorov sú dôležitým kvalitatívnym parametrom pre potraviny a krmivá zo sóje, prípadne s jej obsahom. Sója obsahuje konkrétne dva inhibítory trypsínu a to Bowman-Birk inhibítor a Kunitz inhibítor, ktoré sa vo svete označujú skratkami BBI a KTI. Inaktivácia je možná ich denaturáciou za pôsobenia tepla. To má za následok zlepšenie využiteľnosti živín a teda priamo aj zvýšenie nutričnej hodnoty potravín (Liu, 2019). Vplyvom rôznych odrôd a podmienok pestovania sa mení aj ich množstvo a miera aktivity (Wang, 2008).

Inhibítory trypsínu avšak môžu spôsobovať aj hypertrofiu alebo hyperpláziu pankreasu. Pankreas a jeho sekrécia je riadená spätnou väzbou podľa hladiny trypsínu v čreve. Čím vyššia hladina trypsínu, tým nižšia sekrécia a naopak. Preto v tele dochádza k nadmernej produkcii tráviacich enzýmov po príjme inhibítorov. Zvýšenie sekrécie, namáha pankreatické bunky čo vedie k jeho zväčšeniu a neskôr spôsobuje nádory (Vagadia, Vanga a Raghavan, 2017).

Kunitz inhibítor bol prvý objavený rastlinný inhibítor trypsínu. Obsahuje 181 aminokyselín s molekulovou hmotnosťou približne 21 kDa a je spojený dvoma disulfidickými mostíkmi. Primárne inhibuje trypsín za vzniku stabilného komplexu ale môže takisto slabo inhibovať chymotrypsín. Bowman-Birk inhibítor sa skladá zo 71 aminokyselín. Obsahuje sedem disulfidických mostíkov a jeho molekulová hmotnosť je asi 8 kDa. Inhibuje trypsín aj chymotrypsín na dvoch rôznych väzbových miestach. Bowman-Birk inhibítory sú odolné voči žalúdočným šťavám a proteolytickým enzýmom, zatiaľ čo Kunitz inhibítor je možné aspoň čiastočne inaktivovať žalúdočnými šťavami (Hill, 2003; Nishinari et al., 2018).

2.2 Lipidy

Ďalšou veľmi dôležitou hlavnou zložkou sójových bôbov sú lipidy. Až 29 % svetovej produkcie jedlých olejov tvorí práve výroba sójového oleja. Lipidy sú uložené najmä v kotyledónovej vrstve semena kde slúžia ako zásoba energie (Gerde a White, 2008). Tvoria približne 20 – 30 % jeho hmotnosti. Zloženie mastných kyselín je z výživového hľadiska veľmi zaujímavé (Dostálová, 2017). Obsahuje 15,65 % nasýtených mastných kyselín, medzi ktorými je dominantná kyselina palmitová (16:0) a stearová (18:0). Mono-nenasýtené mastné kyseliny tvoria 22,78 %, z nich hlavne kyselina olejová (18:1). Najväčší obsah, až 57,74 %, tvoria poly-nenasýtené mastné kyseliny a to najmä kyselina linolová (18:2) a kyselina linolénová (18:3) (Sherif, 2013). Kyselina linolénová je vhodná na prevenciu voči srdcovo-cievnyim ochoreniam pretože udržiava normálnu hladinu cholesterolu v krvi, bohužiaľ je jej príjem v našich krajinách nedostatočný. Sója je významným zdrojom lecitínu a aj ďalších fosfolipidov. Tie sú základnými stavebnými jednotkami bunkových membrán. Fosfolipidy zlepšujú trávenie lipidov, činnosť pečene a funkciu nervového či imunitného systému. Pozitívne vplyvajú na pomer HDL a LDL cholesterolu čomu napomáhajú aj fytosteroly v sóji, ktoré zabraňujú jeho vstrebávaniu (Dostálová, 2017). Fytosteroly sú lipofilné zlúčeniny, prirodzene sa vyskytujúce v rastlinách, ktoré sa podobajú cholesterolu. Vyskytujú sa buď vo voľnej forme alebo ako estery mastných kyselín. Ľudský organizmus si ich nedokáže syntetizovať a teda je nutné ich získavať zo stravy (Bezpečnosť potravín, 2022).

2.3 Izoflavóny

V sójových bôboch sa prirodzene vyskytujú heterocyklické fenolové zlúčeniny – izoflavóny. Priemerná výťažnosť izoflavónov zo sójových bôbov do sójového nápoja a tofu vo vzťahu k ich počiatočnej koncentrácii v surovom stave je 36 – 54 %. Odhadované percento celkových izoflavónov stratených vo vode použitej na namáčanie surových sójových bôbov, okary a srvátky je od 4 až do 31%. Tieto informácie sú dôležité práve kvôli úlohe izoflavónov voči ľudskému zdraviu (Jackson et al., 2002).

Zaradzujú sa medzi rastlinné hormóny fytoestrogény, ktorých štruktúra je veľmi podobná estrogénom. Strukoviny sú na izoflavóny prirodzene bohaté a práve sója a výrobky z nej patria medzi tie najlepšie zdroje. Najviac zastúpeným je daidzeín, genisteín a glyciteín avšak dohromady sója obsahuje až 12 izoflavónov (Zhang et al., 2018).

V rastlinách plnia obrannú funkciu pred parazitmi (baktérie, vírusy, mikroskopické vláknité huby) ale takisto aj funkciu antioxidantov, ktoré chránia pred voľnými radikálmi vznikajúcimi najmä po vplyve slnečného žiarenia (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Viacere výskumy uvádzajú prospešný vplyv týchto látok pri prevencii voči chronickým chorobám a symptómom spojených s menopauzou. Jedná sa najmä o rakovinové ochorenia priamo ovplyvnené hladinou hormónov v krvi (rakovina pŕs, rakovina prostaty), ochorenia srdcovo-cievneho systému a osteoporózy. Vysvetlenie prevencie voči rakovine pŕs a prostaty vychádza z veľkej podobnosti fytoestrogénov k endogénnym estrogénom, ktoré sa tvoria v ľudskom tele. Vzhľadom k ich podobnej štruktúre sú schopné sa viazať na receptory estrogénov v ľudskom tele (Jackson et al., 2002). Najviac sa podobajú na 17- β -estradiol a sú schopné vyvolať estrogénne alebo antiestrogénne účinky. Hoci môžu mať pozitívny vplyv na ženy po menopauze, ich účinok môže byť negatívny u žien v reprodukčnom veku. Izoflavóny sú zodpovedné aj za poruchy v menštruačnom cykle alebo za sekundárnu neplodnosť pri senzitivných jedincoch avšak po ich vylúčení zo stravy poruchy odznejú. Na srdcovo-cievne ochorenia pozitívne vplyvajú znížením krvného tlaku pri ľuďoch trpiacich hypertenziou, a znížením hladiny LDL a zvýšením HDL cholesterolu v krvi. U ľudí trpiacich osteoporózou izoflavóny podporujú osteoblasty, zodpovedné za tvorbu nového kostného tkaniva, a spomaľujú aktivitu osteoklastov, ktoré naopak kostné tkanivo rozkladajú (Kašparovský, 2016).

Ich obsah v sójových bôbov sa mení v dôsledku spracovania. Počas spracovania sa detekovateľné hladiny aglykónov, glukozidov a acetylglykozidových skupín zvýšili, zatiaľ čo zodpovedajúce malonylglukozidy sa znížili. Mali by sa vyvinúť vhodné techniky na regeneráciu a využitie týchto funkčných zložiek z vedľajších produktov sóje. Okrem toho je potrebné optimalizovať techniky spracovania tak, aby konečné produkty obsahovali čo najviac živín vo východiskovom materiáli (Jackson et al., 2002).

2.4 Saponíny

V rastlinách a najmä v strukovinách sú obsiahnuté aj látky, ktoré patria medzi heteroglykozidy – saponíny. Ide o látky zložené z aglykónu (lipofilná časť) a sacharidu (hydrofilná časť). Aglykónová časť je tvorená zo sterolu alebo triterpénu. Bohaté na saponíny sú najmä fazuľa, cícer a sójové bôby. Už podľa názvu môžu saponíny evokovať pocit, že pôjde o povrchovo aktívne látky. Tieto vlastnosti majú práve vďaka svojej

molekule zloženej z lipofilnej a hydrofilnej časti. Vo vode po premiešaní tvoria penu, ktorej stabilita je ovplyvnená úrovňou pH roztoku (Savage, 2003). Niektoré z nich môžu mať negatívny vplyv na mieru využiteľnosti prijatej potravy, pretože znižujú vstrebávanie živín v tenkom čreve. Tomuto efektu sa dá predísť obohatením stravy o cholesterol, s ktorým vytvárajú nerozpustné komplexy. Prípadne sa strava neobohatí čo sa dá využiť na zníženie hladiny cholesterolu v krvi (Liener, 2003). Saponíny sú bohužiaľ v sóji a sójových výrobkoch zodpovedné za nežiadúcu horkú alebo adstringentnú chuť (Savage, 2003). Ďalšie saponíny obsiahnuté v sóji majú preventívne účinky voči HIV a antioxidačné schopnosti (Fukushima, 2011). Z biologického hľadiska sú teda niektoré z týchto vlastností prospešné, zatiaľ čo iné sa považujú za nepriaznivé.

3 FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE TECHNOLOGICKÚ KVALITU SÓJOVÝCH BÔBOV

Kvalita semien rastlín je veľmi dôležitý parameter pre poľnohospodárov. Ovplyvňuje hodnotu komodity, teda má priamy vplyv na predajnú cenu, ďalej rozhoduje o vhodnosti na spracovanie alebo na opätovný výsev (De Alencar et al., 2006).

Hoci existuje mnoho moderných technológií producenti častokrát podceňujú pozberovú úpravu a podmienky skladovania a tak vznikajú zbytočne nie len kvalitatívne, ale aj kvantitatívne straty. Vplyvom mnohých faktorov, ktorým sú bôby po celú dobu skladovania vystavené, tak strácajú svoju hodnotu. Medzi ne patrí teplota, vlhkosť, množstvo kyslíka, prítomnosť mikroorganizmov, hmyzu alebo hlodavcov, dĺžka skladovania a percento poškodených semien. Preto je nevyhnutné monitorovať tieto faktory (Coradi et al., 2020). Samozrejme nie je možné sa úplne vyhnúť stratám avšak cieľom je spomaliť rýchlosť nežiadúcich zmien na takú úroveň aby si semená čo najdlhšie zachovali najvyššiu možnú kvalitu. Katabolické javy sa vyskytujú v menšej miere pri nízkej teplote a nízkej relatívnej vlhkosti než pri vysokej teplote a vysokej relatívnej vlhkosti. To je dôvodom rýchlejšieho zhoršenia kvality (Shelar, Shaikh a Nikam, 2008).

Sójové bôby v tomto nie sú žiadnou výnimkou a preto sa s väčšími problémami potýkajú najmä producenti z tropického podnebného pásma kde je vysoká relatívna vlhkosť a teplota. Riešením v takýchto prípadoch je riadenie teploty vzduchu v skladovacích priestoroch pomocou chladiaceho systému (De Alencar et al., 2006).

Vplyv na kvalitu sójových bôbov počas skladovania má aj voľba a použitie vhodného obalu. Najčastejšie sa semená sóje skladujú a prepravujú od pestovateľov k spracovateľom v polopriepustných vreciach. Hoci sa semená skladujú v priaznivom, často kontrolovanom prostredí, počas prepravy sú vystavené prirodzenému prostrediu. To umožňuje aby pri preprave kolísala vlhkosť bôbov podľa vlhkosti okolitého vzduchu. Tento jav spôsobuje pokles kvality sójových bôbov v závislosti od dĺžky pôsobenia nekontrolovaných podmienok. Skladovanie semien v rafiových obaloch potiahnutých polyetylénom v prostredí s prirodzenou teplotou vedie k minimálnym zmenám vo fyzikálnych a fyziologických vlastnostiach. Takto skladované semená sa približujú kvalitou k tým, ktoré sú skladované pri nízkych teplotách (Coradi et al., 2020).

3.1 Vplyv na výrobu tofu

Úroda sa po zbere skladuje najčastejšie jeden rok, hoci to môže byť aj dlhšie v závislosti od nastavených podmienok okolitého prostredia. Počas tohto obdobia ale dochádza k výrazným fyzikálnym a biochemickým zmenám vlastností sójových bôbov (Hou a Chang, 2004).

Vplyvom okolitého prostredia môže dôjsť v sójových bôboch napríklad k zníženiu rýchlosti absorpcie vody pri namáčaní, zvýšeniu strát počas namáčania, zvýšeniu kyslosti alebo tmavnutiu či iným kvalitatívnym zmenám. Sójový nápoj z takýchto sójových bôbov má nižšie pH a nižší obsah sušiny vzhľadom k už spomínaným väčším stratám počas namáčania (Lambrecht et al., 1996). Hou a Chang (2003) použili pri výrobe sójového nápoja bôby skladované pri relatívnej vlhkosti vzduchu 84 % a teplote 30 °C. Počas prvých 6 mesiacov mal nápoj obsah sušiny do 7 %, avšak potom nastal výrazný pokles sušiny a jej obsah sa znížil na menej ako 2,5 % do ôsmeho mesiaca. Obsah bielkovín klesol z 5 % na 4 % počas prvých 6 mesiacoch. V ôsmom mesiaci bol obsah bielkovín v sójovom nápoji do 1 %.

Množstvo a kvalita bielkovín v sójovom nápoji zohráva dôležitú úlohu pri textúrnych vlastnostiach tofu. Koagulácia zahŕňa komplexné interakcie medzi sójovými bielkovinami, koagulantom a neproteínovými zložkami, ako sú fytáty, lipidy a sacharidy. Zmeny sóje počas skladovania a následne ich priamy vplyv na kvalitu tofu, stále nie je úplne pochopený. Zníženie kvality tofu v dôsledku skladovania sójových bôbov zahŕňa stmavnutie farby, nízku výťažnosť a zmeny textúrnych vlastností kvôli menej jednotnej mikroštruktúre tofu (Hou a Chang, 2004). To znamená, že sa znižuje pružnosť tofu, čo naopak zvyšuje jeho tvrdosť a krehkosť (Lambrecht et al., 1996).

3.2 GMO sója

Vďaka génovému inžinierstvu a biotechnológiám je v súčasnosti možné dosiahnuť veľa konkrétnych zmien u rastlín, mikroorganizmov a živočíchov. Nejedná sa o zmeny dosiahnuté šľachtením a selekciou rastlín (Kim, 2014). Geneticky modifikovaným rastlinám bol upravený ich genetický materiál (DNA) spôsobom, ktorý sa prirodzenou cestou nedá dosiahnuť (Kaplan, 2018). Vďaka tomu je možné dosiahnuť odolnosť plodín voči hmyzu, zvýšiť toleranciu voči herbicídum alebo znížiť používanie pesticídov.

Vytvárajú sa vyššie výnosy plodín s menšími vstupnými nákladmi, plodiny dosiahnu lepší nutričný profil, pretože môžu byť obohatené o vitamíny a živiny, ktoré im bežne chýbajú, prípadne sa vyprodukujú potraviny bez alergénov, toxínov alebo antinutričných látok (Kim, 2014). Dnes v USA tvorí až 90 % pestovanej kukurice a sóje práve GMO (Fridovich-Keil, 2021).

Hendrawati et al. (2021) zistili, že tofu vyrobené z GMO sóje malo nižšiu výťažnosť a nižší obsah bielkovín než tofu z neupravenej sóje. Toto tofu malo vyšší obsah vody, jeho chuť bola horšia avšak vzhľad a textúra bola lepšia. Táto štúdia však porovnávala len jednu vzorku GMO a jednu vzorku normálnej sóje. GMO odrody, ktoré majú vyšší obsah bielkovín a lepšie aminokyselinové zastúpenie by teda mohli dosiahnuť zvýšenú výťažnosť.

Okrem zdanlivo nekonečného radu výhod geneticky modifikovaných rastlín však existujú aj celkom odôvodnené obavy. Vzhľadom k tomu, že rastlina môže byť upravená génmi z úplne iných organizmov zvyšuje sa riziko výskytu nečakaných alergických reakcií. Ďalším problémom môže byť narušenie biodiverzity odolnejšími druhmi, ktoré by vytlačili ostatné druhy rastlín (National Geographic Society, 2019).

Geneticky modifikované rastliny sú zodpovedné aj za vznik omnoho rezistentnejších škodcov, na ktorých už nezaberajú bežné herbicidy a pesticidy. Viac ako 80 % všetkých geneticky modifikovaných rastlín pestovaných na celom svete bolo upravených tak, aby boli odolné voči herbicidom. Výsledkom je, že používanie herbicidov, ako je Roundup, sa od zavedenia geneticky modifikovaných rastlín zvýšilo pätnásťnásobne. V marci 2015 medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny, ktorá patrí pod svetovú zdravotnícku organizáciu uviedla, že zlúčenina glyfosát (zložka herbicidu Roundup) je „pravdepodobne karcinogénna pre ľudí“. Tento výskum bol publikovaný aj v periodiku Lancet Oncology (Guyton et al., 2015). Okrem toho je táto látka spojená s masívnym úhynom významných opel'ovačov rastlín, so znížením funkcie vaječníkov, znížením plodnosti vplyvom na hormonálnu rovnováhu a zvýšeným počtom prirodzených abortov (ScienceDaily, 2018; Van Bruggen et al., 2018).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto diplomovej práce bolo porovnať textúrne vlastnosti sójových bielkovín extrahovaných z rôznych odrôd sójových bôbov, z vyšľachtených sójových bôbov na vysoký obsah bielkovín a bôbov vypestovaných v odlišných pestovateľských podmienkach. Sójové bielkoviny boli pre dosiahnutie cieľu vyžrážané z vyrobeného sójového nápoja a merané pomocou prístroja TA.XT.Plus. Ďalej boli merané aj ďalšie parametre zrazeniny, ktoré priamo ovplyvňujú textúrne vlastnosti ako výťažnosť bielkovín a obsah vody.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Popis experimentu

Na prevedenie jednotlivých stanovení bolo nutné vyextrahovať sójové bielkoviny zo sójového nápoja. Príprava sójového nápoja a jeho zrážanie prebehlo podľa technologického postupu spoločnosti ALFA BIO s.r.o., ktorá poskytla takisto aj vzorky sójových bôbov použitých v praktickej časti tejto diplomovej práce.

5.2 Charakteristika použitého materiálu

5.2.1 Vzorky

Na výrobu tofu určeného pre merania tejto práce boli použité sójové bôby jednodrodové, takisto ako aj zmes viacerých odrôd sójových bôbov. Jednodrodové sójové bôby boli pestované konvenčným spôsobom s použitím pesticídnych a herbicídnych postrekov, ďalej boli použité čisté odrody pestované spôsobom BIO.

- Odroda **Lenka** – konvenčný spôsob pestovania (dodávateľ zo Slovenska)
- Odroda **Lenka** – BIO spôsob pestovania (dodávateľ zo Slovenska)
- Odroda **Mentor** – konvenčný spôsob pestovania (dodávateľ z Rakúska)
- Odroda **Mentor** – BIO spôsob pestovania (dodávateľ z Rakúska)
- Odroda **EM PURA** – konvenčný spôsob pestovania (dodávateľ z Talianska)
- Odroda **EM GOCCIA** – konvenčný spôsob pestovania (dodávateľ z Talianska)
- Odroda **13H988** – konvenčný spôsob pestovania (dodávateľ z Talianska)
- Zmes odrôd od firmy **Lagris** – konvenčný spôsob pestovania (dodávateľia z Česka, Ukrajiny a Kanady; šarža s dátumom spotreby do 26.05.2021 a 11.06.2022)

Celkovo sa vyrobili z každej vzorky dve vzorky tofu. Z odrody Lenka, ktorá bola pestovaná konvenčne však bola vyhotovená iba jedna vzorka tofu z dôvodu nedostatku množstva materiálu. Dohromady teda bolo vyrobených sedemnášť vzoriek tofu.

5.2.2 Prístroje, pomôcky a chemikálie

Pri výrobe sójového nápoja a tofu bolo použité bežné kuchynské aj laboratórne vybavenie. Sójová bielkovina sa zrážala pomocou bezvodého chloridu vápenatého (CaCl_2), z ktorého sa vytvoril vodný roztok. Chlorid vápenatý bol takisto poskytnutý firmou ALFA BIO s.r.o., aby sa dosiahlo očakávaného výsledku podľa návodu. Zrážací roztok sa pravidelne kontroloval na refraktometri od firmy A. Krüss optronic, model DR201-95. Tofu bolo lisované vo forme z nerezovej oceli s použitím plastových sít. Pri lisovaní boli použité dve 4,8 kg závažia. Na stanovenie sušiny bola použitá sušiareň typu Venticell od firmy BMT, hliníkové misky s viečkom, morský piesok a exsikátor. Texturálne vlastnosti sa merali na prístroji TA.XT.Plus (Stable Micro Systems Ltd.) za použitia sondy TA-42 v tvare noža.

5.3 Postup spracovania sójových bôbov

Výroba sójového nápoja a tofu prebiehala podľa postupu od firmy ALFA BIO s.r.o., ktorý je ich duševným majetkom. Postup je preto uvedený iba v rozsahu, ktorý umožňuje dohoda so spoločnosťou ALFA BIO s.r.o. Počas uskutočňovania experimentu však nastali viaceré komplikácie a bolo nutné výrobný proces optimalizovať. Všetky úpravy sú spomenuté vo výsledkoch a diskusii.

Na začiatku celého procesu bolo nutné sójové bôby namočiť. Namáčanie prebiehalo v destilovanej vode aby boli zaistené vždy rovnaké podmienky namočenia, ktoré by sa mohli meniť pri rozdielnom zastúpení minerálov vo vode. To by malo vplyv na osmotické javy prebiehajúce pri namáčaní a bola by teda ovplyvnená rýchlosť a miera namáčania sóje. Navážka použitej sóje na výrobu tofu bola 500 g. Destilovaná voda bola vytemperovaná na teplotu 20 °C, na namáčanie sa použil objem 1 l a sója bola ponorená vo vode 7 hodín počas noci. Počas namáčania sója niekoľkonásobne zväčšila svoj objem a zmäkla. Tu prebiehala prvá senzorická kontrola kedy sa zisťovala miera tvrdosti bôbov. Išlo skôr o uistenie sa či proces namáčania prebehol správne, tým že sa náhodne vybralo zopár sójových bôbov, ktoré boli stlačené pozdĺžne medzi prstami. Došlo tak k oddeleniu dvoch polovic semena a podľa sily, ktorá bola k rozpoleniu potrebná a zafarbenia kotyledónovej vrstvy bol posúdený stav namočenia. Pokiaľ by semená kládli veľký odpor alebo by boli vo vnútri tmavšie zafarbené bolo by nutné čas namáčania predĺžiť.

Po siedmych hodinách namáčania sa sójové bôby scedili a premyli sa studenou vodou aby boli odstránené všetky nečistoty ako prach, zvyšky stoniek, lístkov alebo strukov. Polovica sójových bôbov bola vložená do mixéra VITA-MIXER Maxi-4000 a rozmixovaná za postupného pridávania studenej pitnej vody (1,5 l) tak aby sa objem mixéru naplnil (zhruba 650 ml). Mixovanie bôbov prebiehalo presne 45 sekúnd, vždy rovnakú dĺžku. Tento čas bol však upravený. Celý objem mixéra sa preniesol do hrnca, steny mixéra sa opláchli zvyšnou vodou (zhruba 850 ml) a ten istý postup sa vykonal aj s druhou polovicou pripravených sójových bôbov. Celkový objem bol teda 3 l.

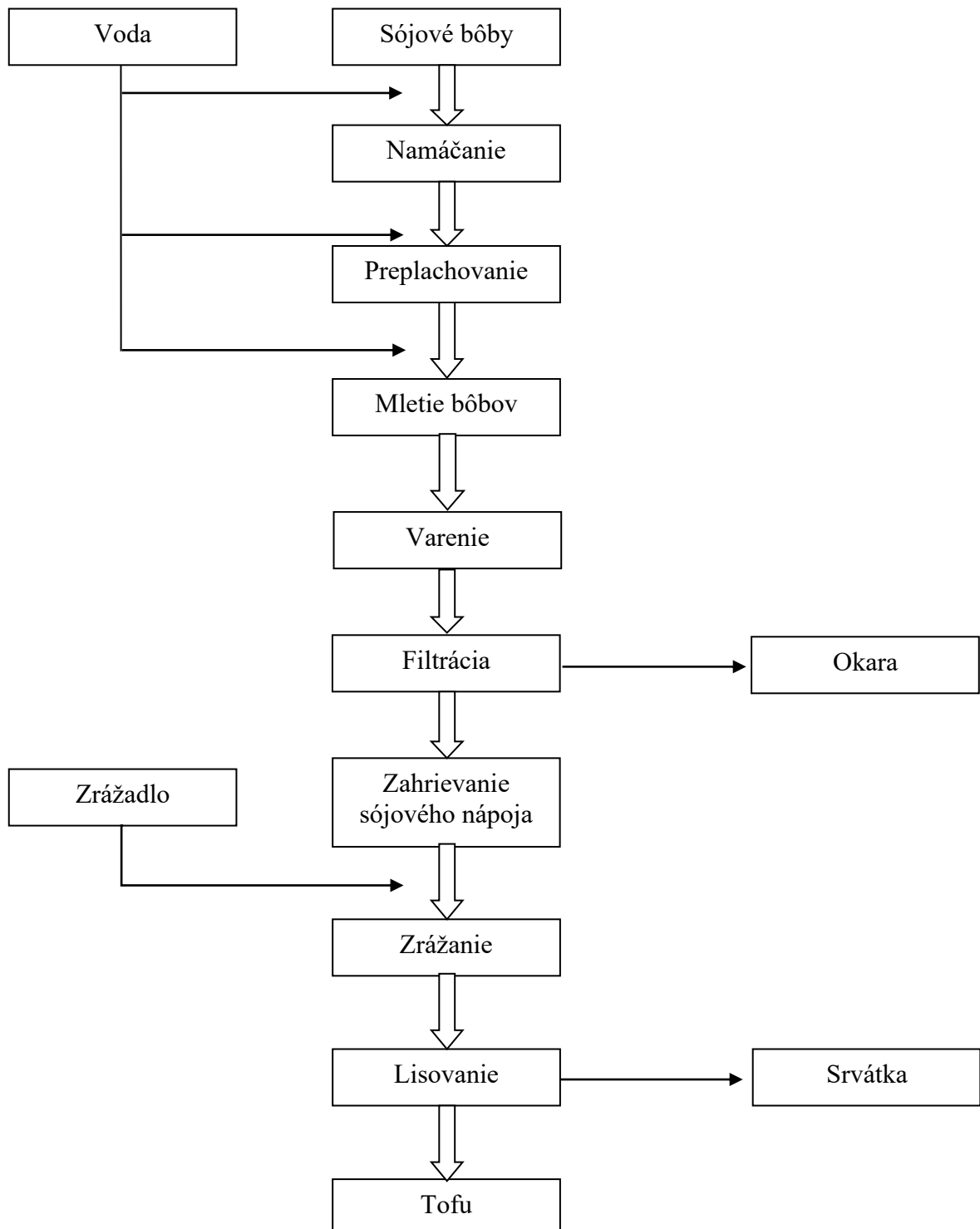
Vzniknutá rozmixovaná kaša sa za intenzívneho miešania zahrievala vo vysokom hrnci na indukčnej doske. Pri nedostatočnom miešaní by dochádzalo k výraznému napekaniu na dno čo by malo za následok negatívnu zmenu sensorických vlastností, zníženú výťažnosť a teda nepresné výsledky merania. Po tom čo sa začala vytvárať v hrnci pena a sójová kaša začala zväčšovať svoj objem, bola teplota kontrolovaná tak aby nedošlo k stratám vykypením a zároveň sa celý objem varil presne 5 minút od tohto momentu. Teplota dosahovala približne 97 – 99 °C. Hrnec sa po uplynutí 5 minút odstavil z indukčnej dosky a pripravilo sa vybavenie na scedzovanie.

Oddelenie okary, teda nerozpustných zvyškov, od sójového nápoja prebiehalo pomocou ľanového plátna, ktoré bolo vopred navlhčené a vložené do kuchynského sita. Ešte horúci obsah hrnca sa cez túto látku precedil tak aby sa získal čo najväčší objem sójového nápoja a zároveň aby bola okara čo najsuchšia a najkompaktnejšia. Je možné k tomu využiť aj lis avšak v tejto práci bola táto fáza vykonávaná ručne.

Hrnec so sójovým nápojom sa opatrne zahrial na požadovanú zrážaciú teplotu, ktorá sa pohybovala okolo 85 °C. Dosiahnutie požadovanej teploty bolo kontrolované teplomerom. Pri teplote 85 °C sa pridal vopred pripravený zrážací roztok chloridu vápenatého. Ten bol vytvorený v pomere 1 diel CaCl_2 ku 4 dielom vody a bol upravený prídavkom ďalšieho chloridu vápenatého do požadovanej koncentrácie po odmeraní °Brix na refraktometri. Množstvo pridaného zrážadla ako aj jeho presná koncentrácia je know-how firmy ALFA BIO s.r.o. Zrážadlo sa správne rozmiešalo v sójovom nápoji aby došlo ku koagulácii v celom objeme. Tento proces prebiehal 8 minút, počas ktorých sa oddelila jasne žltá srvátka od vyzrážaných sójových proteínov.

Zrazenina sa po ôsmych minútach premiestnila do formy na lisovanie, kde bola medzi dvomi plastovými sitami lisovaná po dobu 10 minút s dvoma závažiami o hmotnosti 4,8 kg (obrázok 4). Po ukončení lisovania došlo k vybratiu z formy (obrázok 5), krájaniu

a chladeniu v studenej vode až do meraní. Graficky zjednodušený postup výroby je znázornený na nasledujúcej schéme (obrázok 3).



Obrázok 3: schematické znázornenie spracovania sójových bôbov



Obrázok 4: lisovanie sójovej zrazeniny



Obrázok 5: výsledný produkt po lisovaní

5.4 Metódy stanovení

Aby sa vylúčili nepresnosti boli vždy pripravené dve tofu z každej vzorky sóje, ktorá je vyššie uvedená. Tofu bolo vždy pripravené rovnakým postupom. Pri každom tofu boli stanovené tieto parametre: obsah vlhkosti, výťažnosť a textúrne vlastnosti.

5.4.1 Stanovenie vlhkosti

Na stanovenie sa používala sušiareň Venticell od firmy BMT, v ktorej sušiacim médiom je vopred predhriaty horúci vzduch. Princíp je založený na zistení rozdielnych hmotností vzorky pred a po sušení.

Do vopred vysušených, zväžených a označených hliníkových misiek s morským pieskom boli na analytických váhach navážené vzorky s presnosťou na štyri desatinné miesta. Každá vzorka mala hmotnosť $3,0000 \pm 0,2$ g. Sklenenými tyčinkami, ktoré boli súčasťou misiek aj pri vážení sa každá vzorka zhomogenizovala s pieskom a takto upravené misky sa celé, opäť aj s tyčinkami, vkladali do sušiarne. Sušenie prebiehalo pri $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 16 hodín (Košečková, 2017). Po skončení sušenia boli vzorky premiestnené do exsikátoru a po vychladnutí opäť zväžené na analytických váhach. Z displeja bola odčítaná hmotnosť vysušenej misky s jej obsahom. Z každého vyrobeného tofu boli týmto spôsobom pripravené štyri vzorky, ktorých hodnoty sa spriemerovali a vypočítala sa odchýlka merania. Sušina sa vypočítala podľa nasledujúceho vzorca:

$$\text{Sušina} = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100$$

Kde: m_1 = hmotnosť misky bez vzorky

m_2 = hmotnosť misky s obsahom po vysušení

m = navážka vzorky

Percentuálny obsah vlhkosti sa potom vypočítal ako:

$$\text{Obsah vlhkosti} = 100 - \text{sušina}$$

5.4.2 Stanovenie výťažnosti

Stanovenie výťažnosti bolo merané pomocou laboratórnych váh zistením hmotnosti vylisovaného tofu na dve desatinné miesta. Výťažnosť bola vypočítaná ako koeficient podľa nasledujúceho vzorca:

$$k_v = \frac{m_2}{m_1}$$

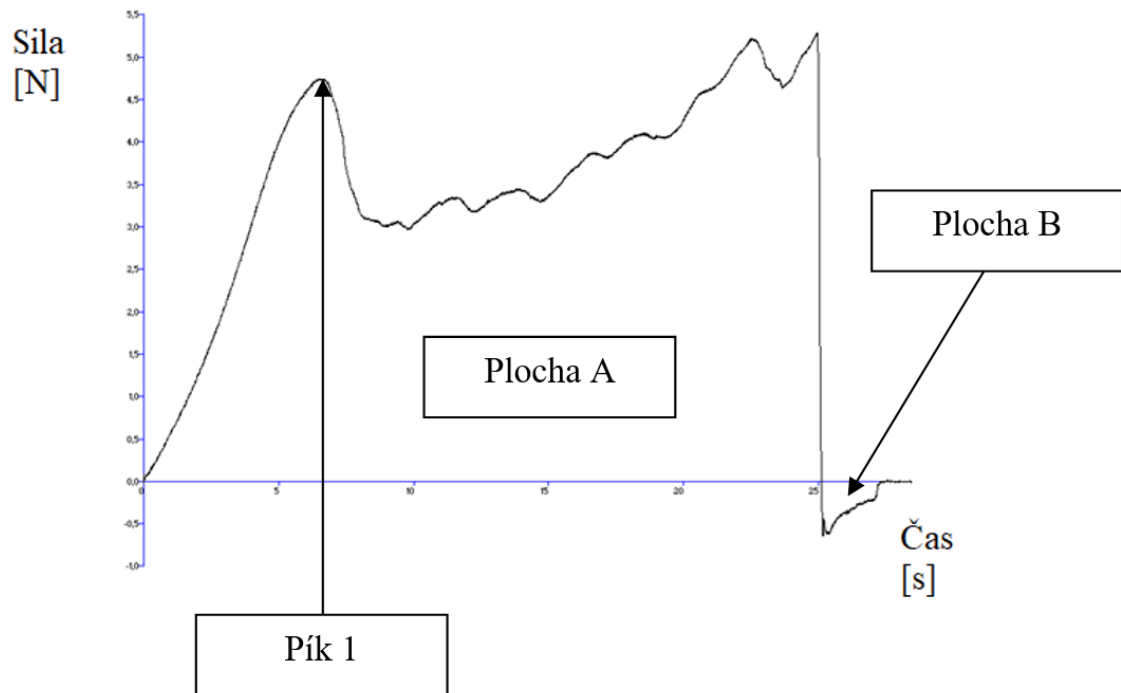
Kde: m_1 = navážka suchej sóje

m_2 = hmotnosť vylisovaného tofu

k_v = koeficient výťažnosti

5.4.3 Stanovenie textúrnych charakteristík

Na stanovenie textúrnych charakteristík sójových bielkovín bol použitý prístroj TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd.). Toto stanovenie prebiehalo s použitím sondy TA-42 v tvare noža. Počas merania vzorky sonda vnikala do vzorky rýchlosťou 1 mm/s a po dosiahnutí hĺbky 25 mm sa sonda automaticky vrátila do začiatkovej pozície nad vzorkou. Z každého tofu boli merané štyri pásy tofu, každý o šírke 40 mm. Meranie sa na takomto páse tofu opakovalo trikrát: z ľavého konca, pravého konca a zo stredu tak aby medzi jednotlivými rezmi bola dostatočne veľká vzdialenosť. Dohromady sa stanovenie na jednom tofu vykonalo dvanásťkrát. Prístroj počas tohto procesu vytváral krivku (obrázok 6), ktorá opisovala závislosť sily (N) potrebnej k penetrácii od času (s). Z týchto kriviek sa odčítala tvrdosť povrchu tofu, čo bola najvyššia použitá sila v momente kedy ešte nedošlo pod tlakom noža k nevratnej deformácii – nakrojeniu (pík 1). V tento moment bola zaznamenaná hodnota času, ktorá je vo výsledkoch označená ako "čas 1". Celková tvrdosť bola meraná od začiatku až do momentu kým sonda nedosiahla hĺbku 25 mm. Bola vyhodnotená ako plocha A. Adhezivita vzorky je spôsobená prácou potrebnou na prekonanie príťažlivých síl medzi dotýkajúcim sa povrchom vzorky a povrchom sondy. Adhezivita bola stanovená ako hodnota plochy B. Tieto plochy sú vyjadrené fyzikálnou jednotkou newton sekunda (N·s) čo je sila v čase, ktorú prístroj vykonával počas merania. Prístroj aj s použitou sondou počas merania je vyobrazený na obrázku 7.



Obrázok 6: grafické znázornenie práce texturometru pri meraní sójovej zrazeniny



Obrázok 7: meranie textúrnych vlastností sójovej zrazeniny

5.5 Štatistické vyhodnotenie dát

Štatistické vyhodnotenie dát sa vykonalo s použitím štatistického programu Statistica 13.0 od firmy StatSoft CR s.r.o. Výsledky boli podrobené ANOVA – Post hoc testom, ktoré sú schopné nájsť rozdiely medzi jednotlivými kategóriami. Konkrétne bol použitý Tukeyho HSD (honest significant difference) test (Dubjaková, 2009). Pred vykonaním týchto testov prebehol test normality výsledkov.

6 VÝSLEDKY A DISKUSIA

6.1 Vyhodnotenie stanovenia vlhkosti

Podľa odbornej literatúry je vlhkosť v tofu v rozmedzí okolo 76 – 81 % alebo 82 – 88 %. To sa odvíja v závislosti od miery lisovania, teda s nárastom tlaku použitého počas lisovania vlhkosť klesá (Cai a Chang, 1997; Guo, 2009).

U všetkých vzoriek výsledky vlhkosti dosahujú hodnoty v rozmedzí 75 – 82 %. To sa zhoduje s údajmi nachádzajúcimi sa v odbornej literatúre. Hodnoty vlhkosti kontrolných vzoriek vyrobeného tofu vo firme ALFA BIO s.r.o. sa takisto pohybujú v rozmedzí 80 – 85 % (sušina 20 – 15 %). Kolísanie smerodajnej odchýlky pri jednotlivy vyrobených vzorkách nie je výrazné a naznačuje miernu heterogenitu materiálu. Tá je pravdepodobne spôsobená nepravidelnou sieťovitou štruktúrou, ktorú sójové proteíny vytvárajú. Vďaka tomu môže na niektorých miestach dôjsť k zadržaniu väčšieho obsahu vody ako inde (Cao et al., 2017; Zhang a Qin, 2019).

Pri vzorkách z jednej odrody je viditeľná podobnosť prvej a druhej vzorky medzi sebou. Rozdiel medzi prvou a druhou vyrobenou vzorkou je vo väčšine prípadov do 1 %. Výraznejší rozdiel nastal len pri vzorkách EM GOCCIA a (Konvenčná) Mentor. V týchto prípadoch veľkosť rozdielu medzi jednotlivy vyrobenými vzorkami bola 2,5 – 3,0 %. To mohlo byť ovplyvnené rozdielnym zamiešaním zrážadla do sójového nápoja pretože tento proces sa vykonával ručne a teda nikdy sa nedal zopakovať rovnakou silou. Pri porovnaní odrôd medzi sebou hodnoty vykazujú mierne rozdiely. Z tohto by sa dalo očakávať, že na schopnosť zadržiavať vodu pravdepodobne bude vplývať aj odroda. Vo svojej práci Min, Yu a Martin (2005) uvádzajú, že existuje štatisticky preukázateľný vplyv rozdielných odrôd na vlhkosť. Namerané hodnoty vlhkosti sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: priemerný obsah vlhkosti vzoriek tofu

Odroda	Priemerná vlhkosť [%]	Sušina [%]
Lagris (šarža: 26.5.2021)	76,60 ± 0,58	23,40
Lagris (šarža: 26.5.2021) 2. vzorka	77,13 ± 0,31	22,87
Lagris (šarža: 11.6.2022)	76,37 ± 0,59	23,63
Lagris (šarža: 11.6.2022) 2. vzorka	76,71 ± 0,28	23,29
EM PURA	79,93 ± 0,38	20,07
EM PURA 2. vzorka	80,29 ± 0,14	19,71
EM GOCCIA	75,32 ± 0,23	24,68
EM GOCCIA 2. vzorka	78,31 ± 0,64	21,69
13H988	81,57 ± 0,52	18,43
13H988 2. vzorka	81,49 ± 0,38	18,51
(Konvenčná) Lenka	80,91 ± 0,43	19,09
BIO Lenka	80,88 ± 0,16	19,12
BIO Lenka 2. vzorka	80,54 ± 0,54	19,46
BIO Mentor	79,46 ± 0,10	20,54
BIO Mentor 2. vzorka	78,16 ± 0,17	21,84
(Konvenčná) Mentor	77,61 ± 0,30	22,39
(Konvenčná) Mentor 2. vzorka	80,10 ± 0,24	19,90

6.2 Vyhodnotenie stanovenia výťažnosti

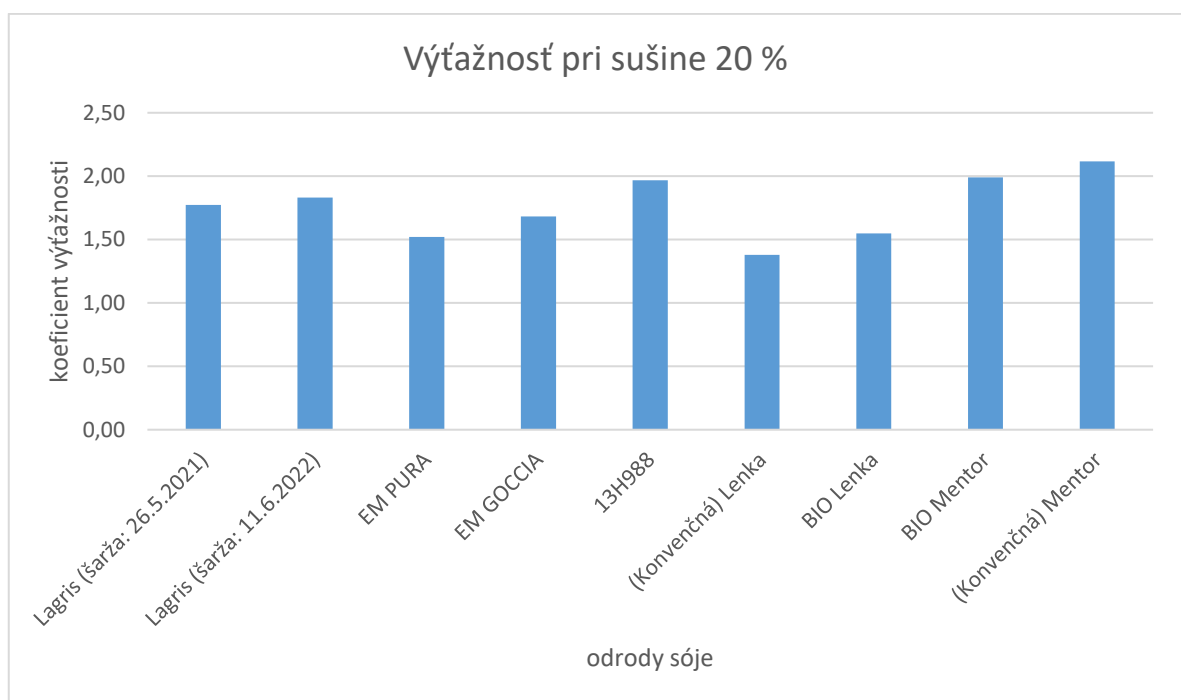
Všetky vzorky sa po vyrobení odvážili a zapísala sa hmotnosť vylisovaného tofu, ktorá bola použitá na výpočet výťažnosti. Jedná sa o schopnosť získať čo najviac produktu z počiatočných surovín. Určenie výťažnosti je veľmi dôležité pri kúpe sójových bôbov alebo vytváraní optimálnej zmesi sójových bôbov, aby sa dosahovali približne rovnaké vlastnosti produktu.

Tabuľka 2: hodnoty výťažnosti jednotlivých vzoriek tofu

Odroda	Hmotnosť vylisovaného tofu [g]	Výťažnosť zo suchej sóje [%]	Výťažnosť pri sušine 20% [%]
Lagris (šarža: 26.5.2021)	780,20	1,53	1,77
Lagris (šarža: 26.5.2021) 2. vzorka	752,82		
Lagris (šarža: 11.6.2022)	735,57	1,56	1,83
Lagris (šarža: 11.6.2022) 2. vzorka	827,14		
EM PURA	789,26	1,53	1,52
EM PURA 2. vzorka	739,52		
EM GOCCIA	737,49	1,45	1,68
EM GOCCIA 2. vzorka	711,56		
13H988	1124,42	2,13	1,97
13H988 2. vzorka	1005,92		
(Konvenčná) Lenka	722,72	1,45	1,38
BIO Lenka	835,09	1,61	1,55
BIO Lenka 2. vzorka	770,56		
BIO Mentor	976,24	1,88	1,99
BIO Mentor 2. vzorka	904,52		
(Konvenčná) Mentor	958,58	2,01	2,12
(Konvenčná) Mentor 2. vzorka	1048,46		

Z výsledkov v tabuľke 2 sú viditeľné veľké rozdiely v hmotnostiach vylisovaného tofu. Dôvodom bol vždy rozdielny získaný objem sójového nápoja čo bolo zapríčinené upchávajúcou sa tkaninou cez, ktorú sa oddeľovala okara od sójového nápoja. Bližšie príčiny tohto problému a jeho riešenie je popísané v kapitole 6.3.4.

Z tohto, dôvodu aby bolo možné výsledky porovnať, bol vypočítaný koeficient výťažnosti. Z tabuľky je zrejmé, že hodnota výťažnosti by sa pre jednu odrodu menila v závislosti od vyrobenej vzorky, pretože finálne vlastnosti tofu sú výrazne ovplyvnené technologickým postupom. Koeficienty sa za každú odrodu spriemerovali a prepočítali na rovnaký obsah sušiny aby sa dali ľahšie porovnať.



Obrázok 8: grafické znázornenie výťažnosti pri sušine 20 %

Z grafického znázornenia na obrázku 8 je vidno podobnú výťažnosť medzi rovnakými odrodami, ktoré boli pestované konvenčne a spôsobom BIO. Takisto sú si podobné dve rozdielne šarže zmesi sóje od spoločnosti Lagris čo potvrdzuje, že sa podniky pri vytvorení zmesi snažia dosiahnuť dlhodobu podobnú a vyrovnanú vlastnosť. Podľa dodávateľa odrody 13H988 sa jedná o vyšľachtenú odrodu s vyšším obsahom bielkovín čo by odpovedalo vysokej výťažnosti.

Wang et al. (1983) vo svojej práci porovnávali vplyv odrôd sójových bôbov na výťažnosť a kvalitu tofu. Zistili, že existuje preukázateľný rozdiel vo výťažnosti

v závislosti od odrody. Mujoo, Trinh a Ng (2003) uvádzajú, že jednotlivé odrody majú rôzne zastúpenie zásobných proteínov. Pomer glycinínov a konglycinínov ako hlavných zásobných proteínov mal v ich práci preukázateľný vplyv na výťažnosť tofu. Teda pravdepodobne došlo k vplyvu odrody na rozdielne výťažnosti aj u nami skúmaných vzoriek.

6.3 Vyhodnotenie stanovenia textúrnych charakteristík

6.3.1 Vyhodnotenie stanovenia textúrnych charakteristík podľa spôsobu pestovania

Výsledky tvrdosti povrchu, celkovej tvrdosti a adhezivity vzoriek sú uvedené v tabuľkách 3 – 4. V nasledujúcich tabuľkách boli výsledky z textúrnej analýzy porovnané podľa toho či patria medzi vzorky pestované konvenčným alebo BIO spôsobom.

Tabuľka 3: porovnanie tvrdosti povrchu tofu podľa spôsobu pestovania

Vzorka	Tvrdosť povrchu tofu [N]	Čas 1 [s]
BIO spôsob	$4,44 \pm 0,56^a$	$11,33 \pm 1,50^a$
Konvenčný spôsob	$5,57 \pm 1,49^b$	$11,72 \pm 4,17^a$

Tabuľka 4: porovnanie celkovej tvrdosti tofu a adhezivity podľa spôsobu pestovania

Vzorka	Celková tvrdosť [N·s]	Adhezivita [N·s]
BIO spôsob	$68,03 \pm 9,10^a$	$-0,54 \pm 0,10^a$
Konvenčný spôsob	$83,95 \pm 23,41^b$	$-0,55 \pm 0,14^a$

Tofu zo sójových bôbov pestované konvenčným spôsobom vykazovali preukázateľne väčšiu tvrdosť v porovnaní s BIO spôsobom. Rovnako bôby pestované konvenčným spôsobom vykazujú rozdiel v celkovej tvrdosti pretože sonda musela byť tlačaná väčšou silou. Smerodajná odchýlka pre konvenčný spôsob je v tomto prípade väčšia z dôvodu, že štatistický softvér porovnával všetky vzorky, ktoré boli pestované konvenčne. To znamená, že do vyhodnotenia boli zaradené aj odrody, ktoré k sebe nemali BIO alternatívu.

Čas potrebný k dosiahnutiu hodnôt tvrdosti povrchu (nevratná deformácia povrchu) sa preukázateľne nelíšil. Adhezivita bola pri tofu z oboch spôsobov pestovania rovnaká. Vplyv spôsobu pestovania, konvenčne (s použitím pesticídov, herbicídov a fungicídov) a pestovania bio (bez týchto látok), na textúrne vlastnosti sójovej zrazeniny nebolo možné podložiť vedeckou prácou pretože takýto výskum nie je možné zatiaľ nájsť. Avšak sójové bôby ako surovina na výrobu tofu má priamy vplyv na jeho kvalitu, preto je možné oprieť sa o práce, ktoré skúmali vplyv chorôb, škodcov či chemikálií na kvalitu sójových bôbov.

Choroby a hmyzí škodcovia sú dôležitými faktormi negatívne ovplyvňujúcimi produkciu sóje. Odhliadnuc od strát na výťažnosti na hektár, sa začína skúmať aj vplyv chorôb a škodcov na kvalitu semien. Ak hovoríme o kvalite semien ide o ich fyzikálne a chemické vlastnosti, ktoré sú dôležité pri ich ďalšom využití, ako napríklad množstvo oleja a bielkovín nachádzajúcich sa v semene. Niektoré choroby alebo hmyz priamo napádajú semená, čím dochádza k biochemickým zmenám zásobných látok. Naopak ak dôjde k napadnutiu rastliny, môže dochádzať k zníženému zásobovaniu vyvíjajúcich sa semien živinami (Rupe a Luttrell, 2008). Takéto zmeny priamo ovplyvňujú množstvo a kvalitu bielkovín, ktoré sa dostanú z bôbov do tofu a teda môžu mať negatívny vplyv aj na ich textúrne vlastnosti. To by odpovedalo aj výsledkom z tabuliek 3 – 4 pretože sójové bôby pestované spôsobom BIO mohli byť chudobnejšie na zásobné látky čo mohlo spôsobiť, že boli preukázateľne mäkšie.

Vplyv herbicídov nie je tak jednoznačný. Niektoré herbicídy vo vysokých dávkach môžu spôsobovať zníženie syntézy proteínov a nežiadúce zmeny v zásobných látkach sójových bôbov. Naopak iné alebo kombinácia viacerých v menších množstvách, môžu mať opačný efekt a podporiť proteosyntézu. Zároveň vplyvajú aj na aminokyselinové zloženie syntetizovaných proteínov. To znamená, že hoci herbicídy znížia konkurenciu medzi rastlinami o živiny, môžu mať ako pozitívny tak aj negatívny vplyv na kvalitu ich semien. Samozrejme tieto zmeny následne ovplyvnia aj textúrne vlastnosti sójových bielkovín. Bližšie vplyv viacerých herbicídov na sóju a iné rastliny popisuje Mona a Chung (2013). Týmto spôsobom, môžu pestovatelia sóje správnym použitím herbicídov ovplyvniť proteosyntézu vo svoj prospech a získať také zastúpenie proteínov, aby boli pozitívne ovplyvnené textúrne vlastnosti produktov vyrábaných zo sójových bôbov.

6.3.2 Vyhodnotenie stanovenia textúrnych charakteristík podľa odrôd

V tabuľkách 5 – 6 sa porovnávali textúrne charakteristiky vylisovanej sójovej zrazeniny v závislosti od odrody. V tomto prípade sa nezohľadňoval spôsob pestovania.

Najnižšiu hodnotu tvrdosti povrchu 4,52 N u testovaných vzoriek dosiahla odroda Lenka. Tofu z nej je preukázateľne mäkšie ako z odrôd EM PURA, EM GOCCIA a 13H988. Odroda EM PURA vykazovala najvyššiu tvrdosť povrchu. Pri odrode EM PURA existuje štatisticky preukázateľný rozdiel v tvrdosti povrchu od všetkých ostatných vzoriek, čo naznačuje horný index uvedený za odchýlkou merania.

Opäť je viditeľný vzťah medzi tvrdosťou povrchu a celkovou tvrdosťou. Medzi skúmanými vzorkami mala preukázateľne najnižšiu hodnotu celkovej tvrdosti odroda Lenka. Vzorky odrody EM PURA a EM GOCCIA boli najtvrdšie a preukázateľne odlišné od všetkých ostatných odrôd okrem 13H988. Mujoo, Trinh a Ng (2003) skúmali osem rozdielnych odrôd sóje a ich vplyv na výťažnosť a textúru tofu. Uvedli, že existuje vzťah medzi tvrdosťou tofu a obsahom bielkovín v sóji. S klesajúcim obsahom bielkovín v skúmaných odrodách klesala tvrdosť. Preukázateľný rozdiel v tvrdosti vyrobeného tofu v závislosti od odrody popisujú vo svojej práci aj Wang et al. (1983). Okrem toho boli v ich práci pozorované významné rozdiely medzi odrodami v obsahu bielkovín, oleja, vo veľkosti bôbov, množstve absorbovanej vody pri hydratácii a aj obsahu bielkovín v sójovom nápoji. Každá odroda sójových bôbov vplýva na zložky obsiahnuté v semenách (Assefa et al., 2019). Z výsledkov v tabuľkách 5 – 6 je teda možné konštatovať, že u testovaných vzoriek boli preukázateľné rozdiely v tvrdosti podľa odrody, avšak niektoré odrody si boli medzi sebou podobné. Rozdiely sú teda spôsobené zmenami v zložení sójových bôbov pri každej odrode.

Hodnoty času pri odrode EM GOCCIA a zmesi Lagris boli výrazne vyššie oproti ostatným z dôvodu chyby programu pri vyhodnotení výsledkov, čo spôsobilo aj vysokú smerodajnú odchýlku. Tvrdosť povrchu program vyhodnocoval na krivke ako bod najväčšieho odporu. Zároveň hodnota "čas 1" odpovedala tomuto bodu. Väčšinou po jeho dosiahnutí krivka klesla a nedosiahla už vyššiu hodnotu. Vyskytli sa však vzorky kedy prístroj nameral vyššiu hodnotu odporu aj po nevratnej deformácii povrchu. To malo vplyv zvýšenie hodnoty "čas 1". Tento jav je možné vidieť aj na obrázku 6. Pokiaľ by k nej nedošlo pravdepodobne by boli všetky vzorky preukázateľne rovnaké. Teda neexistoval by preukázateľný vplyv odrody na adhezivitu. Tento problém by sa dal v budúcnosti odstrániť

manuálním nastavením hodnoty "čas 1" v prvom píku krivky pokiaľ by to program dovoľoval.

Rozdiel v adhezivite u skúmaných vzoriek štatistický program nepreukázal. Všetky vzorky si sú podobné so zvyšnými odrodami. To značí, že vplyv odrody na adhezivitu teda u testovaných vzoriek neexistuje.

Variabilita vo výsledkoch medzi odrodami bola kvôli viacerým zahrnutým vzorkám. Lagris aj Mentor mali dohromady 4 vzorky a ostatné odrody iba 2 alebo 3 čo je vidieť v tabuľke 7 – 8.

Tabuľka 5: porovnanie tvrdosti povrchu tofu podľa odrôd

Vzorka	Tvrdosť povrchu tofu [N]	Čas 1 [s]
Lagris	$5,17 \pm 1,59^{a,b}$	$11,46 \pm 4,08^a$
EM PURA	$6,77 \pm 2,11^c$	$10,77 \pm 0,72^a$
EM GOCCIA	$5,53 \pm 0,72^a$	$14,44 \pm 7,98^b$
13H988	$5,56 \pm 1,21^a$	$11,72 \pm 1,03^a$
Lenka	$4,52 \pm 0,79^b$	$10,64 \pm 1,79^a$
Mentor	$5,14 \pm 0,86^{a,b}$	$11,56 \pm 1,17^a$

Tabuľka 6: porovnanie celkovej tvrdosti tofu a adhezivity podľa odrôd

Vzorka	Celková tvrdosť [N·s]	Adhezivita [N·s]
Lagris	$77,36 \pm 28,21^{a,b}$	$-0,51 \pm 0,17^a$
EM PURA	$97,26 \pm 31,72^c$	$-0,60 \pm 0,10^a$
EM GOCCIA	$95,25 \pm 13,31^c$	$-0,57 \pm 0,18^a$
13H988	$81,19 \pm 15,75^{b,c}$	$-0,56 \pm 0,18^a$
Lenka	$66,25 \pm 9,70^a$	$-0,52 \pm 0,08^a$
Mentor	$78,63 \pm 10,32^{a,b}$	$-0,59 \pm 0,10^a$

6.3.3 Vyhodnotenie stanovenia textúrnych charakteristík podľa odrôd, spôsobu pestovania a konkrétnej vzorky

Nasledujúce výsledky z tabuliek 7 – 8 vyobrazujú textúrne vlastnosti každej vyrobenej vzorky tofu. Sú tu porovnané rozdiely medzi jednotlivými výrobami, šaržami alebo odrodami a spôsobom pestovania.

Min, Yu a Martin (2005) vo svojej práci uvádzajú, že existuje vplyv medzi rastúcim obsahom bielkovín v sóji a rastúcim obsahom sušiny sójového nápoja. Zároveň Rekha a Vijayalakshmi (2013) hovoria, že s rastúcim obsahom sušiny sójového nápoja sa zvyšuje tvrdosť tofu. U vzoriek Lagris boli pozorované veľmi rozdielne hodnoty tvrdosti povrchu a celkovej tvrdosti tofu. Tieto rozdiely nastali medzi šaržou s dátumom minimálnej trvanlivosti do 26.5.2021 a šaržou do 11.6.2022. Na základe získaných hodnôt sušiny tofu, ktoré sa vzájomne podobali, by bolo očakávateľné, že medzi šaržami pri meraní tvrdosti povrchu a celkovej tvrdosti takisto nebude viditeľný rozdiel. Príčina tohto rozdielu bude popísaná nižšie. Vzhľadom k vyššie spomínaným výskumom by bolo do budúcnosti vhodnejšie merať sušinu nápoja, než sušinu tofu.

Preukázateľne najtvrdšia, v tvrdosti povrchu aj v celkovej tvrdosti, je prvá vzorka vyrobeného tofu z odrody EM PURA. Naopak najmäkšou v oboch parametroch je zmes od firmy Lagris (šarža: 11.6.2022) 2. vzorka. Zaujímavosťou sú ale rozdiely medzi každou jednou vyrobenou vzorkou. Tieto vzorky sú od ostatných v tabuľke odlišné. Avšak vidíme, že väčšina vzoriek sa medzi sebou výrazne podobá.

Zo vzájomnej podobnosti, rozdielov medzi šaržami a takisto ako z rozdielov medzi vzorkami pri ostatných odrodách, je viditeľné celkovo výrazné kolísanie hodnôt v závislosti od konkrétne vyrobenej vzorky. To naznačuje, že pravdepodobne výrazne väčší vplyv na textúrne vlastnosti má technologický postup využitý pri výrobe. Vplyv technologického postupu na finálne vlastnosti sójovej zrazeniny bližšie popisuje práca od autorov Rekha a Vijayalakshmi (2013). Kapitola 6.4 popisuje faktory, ktoré mohli spôsobiť odlišnosti výsledkov jednotlivých vzoriek. Ďalším dôvodom mohol byť rozdielny prestup tepla do sójového nápoja, keďže miešanie neprebiehало automaticky. Prípadne občasné nedokonalé oddelenie srvátky od sójového nápoja, kedy srvátka nebola číro žltá ale mierne zakalená a teda obsahovala nevyzrážanú bielkovinu. To mohlo vzniknúť vyšším obsahom bielkovín v rozdielnych odrodách sóji a teda rovnaké množstvo použitého zrážadla nemuselo byť dostatočné pre inú odrodu. Rozmiešavanie zrážadla do sójového

nápoja takisto prebiehalo manuálne. Preto by bolo vhodnejšie zautomatizovať proces pridávania zrážadla aby jeho difúzia prebiehala rovnako rýchlo.

Tabuľka 7: porovnanie tvrdosti povrchu tofu podľa odrôd, spôsobu pestovania a vyrobenej vzorky

Vzorka	Tvrdosť povrchu tofu [N]	Čas 1 [s]
Lagris (šarža: 26.5.2021)*	$6,42 \pm 1,13^{g,h}$	$13,13 \pm 5,82^{a,b,c,d,e}$
Lagris (šarža: 26.5.2021) 2. vzorka	$6,81 \pm 0,44^h$	$8,04 \pm 0,56^a$
Lagris (šarža: 11.6.2022)	$4,00 \pm 0,27^{a,b}$	$9,87 \pm 0,48^{a,b,c}$
Lagris (šarža: 11.6.2022) 2. vzorka	$3,35 \pm 0,58^a$	$15,40 \pm 2,04^{d,e}$
EM PURA	$8,66 \pm 0,87^i$	$10,80 \pm 0,60^{a,b,c}$
EM PURA 2. vzorka	$4,71 \pm 0,63^{b,c,d}$	$10,74 \pm 0,82^{a,b,c}$
EM GOCCIA*	$5,68 \pm 0,46^{e,f,g}$	$13,52 \pm 7,97^{a,b,c,d,e}$
EM GOCCIA 2. vzorka*	$5,15 \pm 0,82^{c,d,e,f}$	$15,56 \pm 7,85^{b,c,d,e}$
13H988	$6,37 \pm 0,87^{g,h}$	$11,27 \pm 0,58^{a,b,c}$
13H988 2. vzorka	$4,75 \pm 1,02^{b,c,d}$	$12,18 \pm 1,15^{a,b,c,d}$
(Konvenčná) Lenka	$5,27 \pm 0,69^{c,d,e,f}$	$9,31 \pm 0,88^{a,b}$
BIO Lenka	$4,03 \pm 0,40^{a,b}$	$12,04 \pm 2,34^{a,b,c,d}$
BIO Lenka 2. vzorka	$4,26 \pm 0,41^{a,b,c}$	$10,56 \pm 0,49^{a,b,c}$
BIO Mentor	$4,51 \pm 0,55^{b,c}$	$11,19 \pm 1,11^{a,b,c}$
BIO Mentor 2. vzorka	$4,97 \pm 0,38^{b,c,d,e}$	$11,53 \pm 0,53^{a,b,c}$
(Konvenčná) Mentor	$6,06 \pm 0,92^{f,g,h}$	$11,22 \pm 1,06^{a,b,c}$
(Konvenčná) Mentor 2. vzorka	$5,04 \pm 0,64^{b,c,d,e,f}$	$12,30 \pm 0,91^{b,c,d}$

Pozn.: * – Tvrdosť povrchu bola programom vyhodnotená ako bod najväčšieho odporu. Zvyčajne týmto bodom bol "pík 1" (obrázok 4) avšak prístroj občas nameral vyššiu hodnotu odporu aj po nevratnej deformácii povrchu. Tento jav je takisto zachytený na spomínanom obrázku. To malo vplyv na hodnotu Čas 1.

Tabuľka 8: porovnanie celkovej tvrdosti tofu a adhezivity podľa odrôd, spôsobu pestovania a vyrobenej vzorky

Vzorka	Celková tvrdosť [N·s]	Adhezivita [N·s]
Lagris (šarža: 26.5.2021)*	101,24 ± 12,33 ^{h,i}	-0,66 ± 0,09 ^a
Lagris (šarža: 26.5.2021) 2. vzorka	109,29 ± 4,64 ⁱ	-0,43 ± 0,23 ^{c,d}
Lagris (šarža: 11.6.2022)	59,91 ± 3,74 ^b	-0,52 ± 0,06 ^{a,b,c}
Lagris (šarža: 11.6.2022) 2. vzorka	41,28 ± 9,27 ^a	-0,36 ± 0,10 ^d
EM PURA	126,65 ± 9,57 ^j	-0,67 ± 0,06 ^a
EM PURA 2. vzorka	65,19 ± 5,75 ^{b,c}	-0,52 ± 0,07 ^{a,b,c,d}
EM GOCCIA*	102,64 ± 6,75 ^{h,i}	-0,55 ± 0,18 ^{a,b,c}
EM GOCCIA 2. vzorka*	84,50 ± 12,00 ^{e,f,g}	-0,58 ± 0,19 ^{a,b,c}
13H988	91,83 ± 11,22 ^{f,g,h}	-0,63 ± 0,09 ^{a,b}
13H988 2. vzorka	70,55 ± 13,14 ^{b,c,d}	-0,49 ± 0,07 ^{b,c,d}
(Konvenčná) Lenka	74,77 ± 9,31 ^{c,d,e}	-0,54 ± 0,06 ^{a,b,c}
BIO Lenka	60,95 ± 5,50 ^b	-0,51 ± 0,10 ^{a,b,c,d}
BIO Lenka 2. vzorka	63,03 ± 6,50 ^{b,c}	-0,49 ± 0,07 ^{b,c,d}
BIO Mentor	69,10 ± 5,81 ^{b,c,d}	-0,53 ± 0,08 ^{a,b,c}
BIO Mentor 2. vzorka	79,05 ± 5,23 ^{d,e,f}	-0,63 ± 0,07 ^{a,b}
(Konvenčná) Mentor	91,47 ± 7,66 ^{f,g,h}	-0,66 ± 0,06 ^a
(Konvenčná) Mentor 2. vzorka	74,91 ± 6,08 ^{c,d,e}	-0,52 ± 0,11 ^{a,b,c}

Pozn.: * – Tvrdosť povrchu bola programom vyhodnotená ako bod najväčšieho odporu. Zvyčajne týmto bodom bol "pík 1" (obrázok 4) avšak prístroj občas nameral vyššiu hodnotu odporu aj po nevratnej deformácii povrchu. Tento jav je takisto zachytený na spomínanom obrázku. To malo vplyv na hodnotu Čas 1.

6.4 Komplikácie a následné zmeny technologického postupu

Počas výroby tofu vznikli mnohé technologické problémy prípadne odchýlky od návodu, ktoré bolo nutné odstrániť či zmeniť. Táto časť je v práci uvedená aby sme demonštrovali, že sa jednalo o veľmi dynamický proces plný nezdarov a následných poučení.

6.4.1 Proces namáčania

Prvým bolo hľadanie alternatívy k vode na namáčanie, ktorá sa používa vo firme ALFA BIO s.r.o. Voda v tejto firme je špeciálne upravená pomocou katexových filtrov aby mala presné zastúpenie jednotlivých prvkov. Vzhľadom k povahe tejto práce a vôle získať, čo najlepšiu opakovateľnosť bola na namáčanie zvolená destilovaná voda aby sa vylúčil nechcený vplyv iného zastúpenia prvkov. Dedukovaním z hypotézy, že osmóza pri namáčaní sójových bôbov bude prebiehať rýchlejšie vzhľadom k neprítomnosti prvkov vo vode oproti normálnej alebo katexovej vode sme sa rozhodli aj čas namáčania oproti návodu skrátiť na 7 hodín. S tým bola spojená aj iná komplikácia a to časová náročnosť výroby. Vzhľadom k absencii prístroja, ktorý by v noci automaticky nadával vodu v laboratóriu do sóje sme premýšľali nad namáčaním ráno po príchode do laboratória. To by ale znamenalo, že až po 7 hodinách by začala prebiehať výroba čo by trvalo do neskorých večerných hodín. Namáčanie teda prebiehalo nakoniec v domácich podmienkach a vzorky sa presúvali každé ráno do laboratória na univerzitu.

6.4.2 Záměna zrážadla

Pri zahájení experimentu sa skúšobná vzorka hneď v prvý deň podarila avšak v nasledujúce dni boli všetky ďalšie vzorky nezdarené. Zrazenina bola nekompaktná, lepivá, nesúdržná a veľmi jemná čo nás ešte viac spomaľovalo vo výrobe vzhľadom k náročnosti čistenia použitého vybavenia. Profesionálne vybavenie (sitá, forma, plátno, mixér...) bolo zapožičané od firmy ALFA BIO s.r.o. a teda nešlo ho nahradiť za univerzitné pokiaľ sme chceli dosiahnuť tofu s homogénnym povrchom. Týždeň sme bezúspešne hľadali príčinu v použitej vode, v správnom dodržaní časov a teplôt až kým sme sa nekontaktovali firmu ALFA BIO s.r.o. Po vzájomnej komunikácii vysvitlo, že došlo k zámene receptúr na zrážadlo a teda prvú vzorku sme vyrobili pomocou správneho

zrážadla, ktoré nám poskytli. Keď ale došlo, receptúra ktorú nám poskytli bola na iné zrážadlo a teda nebolo možné sa s použitým postupom dopracovať k vhodným výsledkom. Po získaní správnej receptúry sa výsledky zlepšili avšak tofu stále nebolo súdržné a lepilo.

6.4.3 Proces zrážania

Po ďalšom týždni nezdarov sme sa rozhodli nedržať sa krčovito návodu na výrobu, ktorý nám poskytli. Problémom nebol ani tak spomalený progres v experimente ako skôr riziko nedostatku vzoriek zapríčinené plytvaním, pretože nepodarky neboli vhodné na merania. Po prečítaní niekoľkých iných postupov sme sa rozhodli z bežnej dávky 500 g suchej sóje vytvoriť štyri menšie skúšobné tofu. Pri tomto postupe sme očakávali, že uvidíme zmeny v receptúrach oveľa rýchlejšie čo sa aj stalo. Pri každom postupe sme zmenili buď čas zrážania, teplotu zrážania, množstvo pridaného zrážadla alebo spôsob rozmiešania zrážadla a sledovali sme rozdiely v tvorbe zrazeniny a syneréze srvátky. Zistením bolo, že najlepšie výsledky sa dosiahli pri normálnej zrážacej teplote, normálnom množstve zrážadla avšak jemne róznejšom premiešaní a zakrytí hrnca pokrievkou aby sa teplo potrebné k vytvoreniu zrazeniny nestrácalo tak rýchlo.

6.4.4 Doba mixovania

Niekde v polovici práce na výrobe vzoriek, ktoré už boli reprezentatívne a teda boli aj merané sme narazili na problém zhoršenej priepustnosti plátna, ktoré slúžilo na ofiltrovanie okary od sójového nápoja. Problém vznikol vyššou výkonnosťou staršieho mixéra než bol ten, podľa ktorého sa zostavoval návod na prípravu. Vzniknutá sójová kaša bola teda oveľa viac homogénnejšia a pri filtrovaní po čase začala upchávať jednotlivé otvory medzi tkaninou. Dochádzalo tak k opätovnému spomaleniu experimentu a fyzickej únave keďže tento krok bol vykonávaný ručne. Upchávanie dospelo až k takému momentu, že nebolo možné cez látku ani nápoj prefiltrovať a to sa po každom výrobnom dni prepierala v práčke. Boli sme teda nútení použiť látkovú utierku avšak pri nej nastal tento problém opäť. Po zamyslení sme sa rozhodli skrátiť dobu mixovania na 1 minútu avšak problém nezmizol a tak sme to zmenili na 45 sekúnd. Táto úprava už priniesla nami očakávané výsledky.

ZÁVER

Diplomová práca bola zameraná na štúdium vplyvu odrôd sójových bôbov a spôsobov pestovania na textúrne vlastnosti vyžrážaných sójových bielkovín vo forme tofu. Výskum tejto témy je dôležitý, pretože momentálne je stále málo publikovaných prác, ktoré by obsahovali konzistentné výsledky popisujúce faktory ovplyvňujúce fyzikálne a chemické vlastnosti sójového nápoja a tofu. Cieľom tejto práce bolo sledovať účinky odrôd sóje a spôsobu pestovania a popísať ich vplyv na tvrdosť, lepivosť, výťažnosť a vlhkosť tofu. Na základe nameraných výsledkov je možné uviesť:

Obsah vlhkosti vzoriek tofu sa pohyboval v rozmedzí 75 – 82 % čo zodpovedalo porovnaniu s vedeckými článkami. Z výsledkov je možné povedať, že získané hodnoty pravdepodobne naznačujú vplyv odrody na schopnosť zadržiavať vodu, čo podporuje aj štúdiá uvedená v kapitole 6.1.

Pri vyhodnotení výťažnosti najvyššiu výťažnosť dosiahla konvenčne pestovaná odroda Mentor. Z výskumov uvedených v tejto kapitole je možné očakávať, že pravdepodobne existuje vplyv odrody na výťažnosť. Získané výsledky takisto naznačujú vplyv odrody na výťažnosť.

Pri textúrnej analýze bol preukázaný rozdiel v tvrdosti povrchu a celkovej tvrdosti tofu, kedy tofu z konvenčne pestovaných sójových bôbov vykazovalo vyššie hodnoty. To znamená, že konvenčný a BIO spôsob pestovania mal vplyv na tvrdosť nami skúmaných vzoriek. Adhezivita nebola preukázateľne rozdielna. Pri porovnaní odrôd bol opäť viditeľný vzťah medzi tvrdosťou povrchu a celkovou tvrdosťou. Medzi skúmanými vzorkami bola najmäkšia odroda Lenka. Hoci sa medzi sebou niektoré odrody podobali, existovali medzi vzorkami rozdiely. Z toho je možné vyvodiť, že odroda mala takisto vplyv na tvrdosť vzoriek hoci sa niektoré podobali. To podporuje aj odborná literatúra v danej kapitole. Rozdiely sú spôsobené zmenami v zložení sójových bôbov pri každej odrode. Vplyv odrody na adhezivitu u skúmaných vzoriek nebol preukázaný.

Pri tabuľkách 7 – 8 bol pozorovaný výrazný vplyv technologického postupu na textúrne vlastnosti sójových bielkovín. Metóda výroby nie je ľahko prenosná a vždy ju treba na novom mieste optimalizovať na dané vybavenie a podmienky. To sme zistili pri problémoch pri výrobe kedy overený postup z firmy ALFA BIO s.r.o. nefungoval pri tomto výskume. Do budúca by bolo lepšie vyvarovať sa problémom opísaným v kapitole 6.4 a napríklad porovnávať menej odrôd, ktoré by boli vyrobené viac krát. Takýmto

spôsobom by sa získalo viac výsledkov a ich priemerná hodnota by presnejšie zobrazovala vplyv skúmaných faktorov. Rovnako tak z väčšieho množstva vzoriek je možné lepšie odhaliť nepodarené vzorky. Nabudúce by bolo lepšie zopakovať toto meranie s konkrétnymi zmenami. Najdôležitejšie sa javí pracovať s prístrojmi, ktoré sú zautomatizované. Tým by sa mohla nastaviť rýchlosť ohrevu a miešania, filtrovanie okary by prebiehalo pri rovnakom tlaku a proces pridávania a miešania zrážadla by bol viac kontrolovateľný. Výsledky avšak stále môžu slúžiť ako predloha k ďalším výskumom v tejto oblasti. Táto problematika je stále málo preskúmaná a preto je do budúcnosti priestor k ďalším experimentom.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. ABD EL-SALAM, Mohamed H. a Safinaz EL-SHIBINY, 2016. Natural biopolymers as nanocarriers for bioactive ingredients used in food industries. In: GRUMEZESCU, Mihai, ed. *Encapsulations: Nanotechnology in the Agri-Food Industry Volume 2* [online]. Cambridge: Academic Press, s. 793-829 [cit. 2022-03-22]. ISBN 9780128043073. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804307-3.00019-3>
2. ADACHI, Motoyasu et al., 2003. Crystal structure of soybean 11S globulin: Glycinin A3B4 homohexamer. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. vol. 100, iss. 12, s. 7395-7400 [cit. 2022-03-23]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC165886/>
3. ASSEFA, Yared, et al., 2019. Assessing Variation in US Soybean Seed Composition (Protein and Oil). *Frontiers in Plant Science* [online]. March 2019, vol. 10 [cit. 2022-05-10]. ISSN 1664-462X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00298>
4. BAINY, Eduarda M. et al., 2010. Assessment of the effects of soy protein isolates with different protein compositions on gluten thermosetting gelation. *Food Research International* [online]. vol. 43, iss. 6, s. 1684-1691 [cit. 2022-03-24]. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399691000164X>
5. BOCKISCH, Michael, 1998. *Fats and Oils Handbook* [online]. Urbana: AOCS Press, s. 223-229. Chap. 4.3.1.2 Economic Importance of Soybeans. ISBN 978-1-60119-718-4. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0068MST9/fats-oils-handbook/economic-importance-soybeans>
6. CAI, T.D. a K.C. CHANG, 1997. DRY TOFU CHARACTERISTICS AFFECTED BY SOYMILK SOLID CONTENT AND COAGULATION TIME. *Journal of Food Quality* [online]. November 1997, vol. 20, iss. 5, s. 391-402 [cit. 2022-04-27]. ISSN 0146-9428. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4557.1997.tb00482.x>
7. CALLES, Teodoro, 2016. The International Year of Pulses: what are they and why are they important. *Agriculture for Development* [online]. vol. 27, s. 40-43 [cit. 2022-03-15]. ISSN 1759-0612. Dostupné z: https://taa.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Ag4Dev_27_Spring_for_Web.pdf

8. CAO, Feng-Hong et al., 2017. Effects of organic acid coagulants on the physical properties of and chemical interactions in tofu. *LWT - Food Science and Technology* [online]. November 2017, vol. 85, s. 58-65 [cit. 2022-03-21]. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643817304747>
9. CORADI, Paulo Carteri et al., 2020. Soybean seed storage: Packaging technologies and conditions of storage environments. *Journal of Stored Products Research* [online]. December 2020, vol. 89 [cit. 2022-03-30]. ISSN 0022-474X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X20303726>
10. ČESKO. Vyhláška č. 329 z dne 31. decembra 1997. In: *Sbírka zákonů České republiky* [online]. 1997, částka 110 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-329#oddil2>
11. ČESKO. Vyhláška č. 397 z dne 12. decembra 2016. In: *Sbírka zákonů České republiky* [online]. 2016, částka 162 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397#cast3>
12. DE ALENCAR, E. R., et al., 2006. Influence of different storage conditions on soybean grain quality. In: *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Brazil* [online]. s. 30-37 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <http://spiru.cgahr.ksu.edu/proj/iwcspp/pdf2/9/6207.pdf>
13. DOSTÁLOVÁ, Radmila, 2017. *Sója a výrobky ze sóji* [online]. Praha: Česká technologická platforma pro potraviny, [cit. 2022-03-22]. Edice Jak poznáme kvalitu?, svazek 23, 1. vydání. ISBN 978-80-88019-22-0 Dostupné z: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/Koubova%201/soja_final_web3.pdf
14. DUBJAKOVÁ, Eva, 2009. *Metody mnohonásobného porovnávání pro jednoduché třídění*. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí diplomové práce RNDr. Marie Budíková, Dr.
15. EXPERTS FROM THE MAYO CLINIC, EXPERTS FROM UCLA CENTER FOR HUMAN NUTRITION, EXPERTS FROM DOLE FOOD COMPANY, 2002. *Encyclopedia of Foods* [online]. Cambridge: Elsevier, s. 290-342. Chap. 9.6, Legumes [cit. 2022-03-14]. ISBN 9780122198038. Dostupné taktiež z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780122198038500132>

16. FLYNN, Robert a John IDOWU, 2015. Guide A-129. In: *Nitrogen Fixation by Legumes* [online]. Las Cruces: New Mexico State University. June 2015 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: https://aces.nmsu.edu/pubs/_a/A129.pdf
17. FRIDOVICH-KEIL, L. Judith, 2021. genetically modified organism. In: *Encyclopedia Britannica* [online]. May 1, 2021 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/genetically-modified-organism>
18. FUKUSHIMA, D., 2011. Soy proteins. In: PHILLIPS, G. O. a P. A. WILLIAMS, ed. *Handbook of Food Proteins* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 210-233. ISBN 978-0-85-709363-9. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009YAPP3/handbook-food-proteins/soy-proteins-introduction>
19. GERDE, Jose A. a Pamela J. WHITE, 2008. Lipids. In: JOHNSON, L. A., WHITE, P. J. a Richard, GALLOWAY, ed. *Soybeans - Chemistry, Production Processing, and Utilization, Volume 2* [online]. Urbana: AOCS Press, s. 193-227 [cit. 2022-03-27]. ISBN 978-1-61583-195-1. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006RO6R2/soybeans-chemistry-production/lipids-introduction>
20. GONZÁLEZ-PÉREZ, S. a ARELLANO, J. B., 2009, Vegetable protein isolates. In: PHILLIPS, G.O. a P. A. WILLIAMS, ed. *Handbook of Hydrocolloids* [online]. 2nd edition. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 383-419 [cit. 2022-03-14]. ISBN 9781845694142. Dostupné taktiež z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845694142500151>
21. GUO, J. a X. -Q. YANG, 2015. Texture modification of soy-based products. In: CHEN, Jianshe a Andrew, ROSENTHAL, ed. *Modifying Food Texture, Volume 1 - Novel Ingredients and Processing Techniques* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 237-255 [cit. 2022-03-20]. ISBN 9781782423331. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-333-1.00011-5>
22. GUO, Mingruo, 2009. SOY FOOD PRODUCTS AND THEIR HEALTH BENEFITS. *Functional Foods: Principles and technology* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 237-277 [cit. 2022-04-27]. ISBN 978-1-84569-592-7. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845695927500079>

23. GUYTON, Kathryn Z. et al., 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology* [online]. May 2015, vol. 16, iss. 5, s. 490-491 [cit. 2022-04-02]. ISSN 1470-2045. Dostupné z: [https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(15\)70134-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(15)70134-8/fulltext)
24. HENDRAWATI, Tri Yuni et al., 2021. Effects and characterization of different soybean varieties in yield and organoleptic properties of tofu. *Results in Engineering* [online]. September 2021, vol. 11 [cit. 2022-04-02]. ISSN 2590-1230. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123021000396?via%3Dihub>
25. HILL, G. D., 2003. PLANT ANTINUTRITIONAL FACTORS | Characteristics. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. 2nd edition. Cambridge: Elsevier, s. 4578-4587 [cit. 2022-03-27]. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B012227055X013183?via%3Dihub>
26. HOU, H. J. a K. C. CHANG, 2003. Yield and Textural Properties of Tofu as Affected by the Changes of Phytate Content During Soybean Storage. *Journal of Food Science* [online]. May 2003, vol. 68, iss 4, s. 1185-1191 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09622.x>
27. HOU, H. J. a K. C. CHANG, 2004. STORAGE CONDITIONS AFFECT SOYBEAN COLOR, CHEMICAL COMPOSITION AND TOFU QUALITIES. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. December 2004, vol. 28, iss. 6, s. 473-488 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4549.2004.24015.x>
28. HYMOWITZ, Theodore, 2008. The History of the Soybean. In: JOHNSON, L. A., WHITE, P. J. a Richard, GALLOWAY, ed. *Soybeans - Chemistry, Production Processing, and Utilization, Volume 2* [online]. Urbana: AOCS Press, s. 1-31 [cit. 2022-03-20]. ISBN 978-1-61583-195-1. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSCPPUV01/soybeans-chemistry-production/soybeans-chemistry-production>
29. CHEN, L., 2013. Beverages and Health. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Human Nutrition* [online]. 3rd edition. Cambridge: Elsevier, s.

- 142-148 [cit. 2022-03-20]. ISBN 978-0-12-384885-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00023-4>
30. JACKSON, C. -J. C. et al., 2002. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. *Process Biochemistry* [online]. May 2002, vol. 37, iss. 10, s. 1117-1123 [cit. 2022-03-28]. ISSN 1359-5113. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032959201003235?via%3Dihub>
31. JOYE, Iris, 2019. Protein Digestibility of Cereal Products. *Foods* [online]. June 2019, vol. 8, iss. 6 [cit. 2022-03-22]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6617089/>
32. KAPLAN, M. Hilton, 2019. Regulating Nonviable Tissue. In: REIS, L. Rui, ed. *Encyclopedia of Tissue Engineering and Regenerative Medicine* [online]. Cambridge: Academic Press, s. 85-92 [cit. 2022-04-02]. ISBN 978-0-12-813700-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.65572-1>
33. KAŠPAROVSKÝ, Tomáš, 2016. *Fytoalexiny a fytoestrogeny* [online]. Brno. Habilitační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav biochemie. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://www.muni.cz/inet-doc/725390>
34. KIM, T., 2014. Biotechnology: Regulatory Issues. In: VAN ALFEN, K. Niel, ed. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* [online]. Cambridge: Academic Press, s. 153-172 [cit. 2022-04-01]. ISBN 978-0-08-093139-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00229-1>
35. KINNEY, J. Anthony a Tom E. CLEMENTE, 2011. Soybeans. In: HALFORD, Nigel a Angela KARP, ed. *Energy Crops* [online]. London: Royal Society of Chemistry, s. 148-164. ISBN 978-1-84973-032-7. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00AAQZ24/energy-crops/introduction-brief-history>
36. KOŠEČKOVÁ, Pavlína, 2017. *Odhad zátěže kadmiem ze sóje a sójových výrobků u alternativního způsobu stravování*. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, Ústav ochrany a podpory zdraví. Vedoucí diplomové práce RNDr. Ondřej Zvěřina, Ph.D.

37. KWOK, Kin-Chor a Keshavan, NIRANJAN, 1995. Review: Effect of thermal processing on soymilk. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. vol. 30, iss. 3, s. 263-295 [cit. 2022-03-20]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1995.tb01377.x>
38. LAMBRECHT, H.S. et al., 1996. EFFECT OF SOYBEAN STORAGE ON TOFU AND SOYMILK PRODUCTION. *Journal of Food Quality* [online]. June 1996, vol. 19, iss. 3, s. 189-202 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0146-9428. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4557.1996.tb00415.x>
39. LEVESQUE, L. C., ELANGO, R. a R. O. BALL, 2012. Metabolic Availability of Amino Acids in Food Proteins: New Methodology. In: D'MELLO, J. P. Felix, ed. *Amino Acids in Human Nutrition and Health* [online]. Croydon: CABI Publishing, s. 256-266 [cit. 2022-03-22]. ISBN 978-1-84593-798-0. Dostupné z: <http://dspace.fudutsinma.edu.ng/jspui/bitstream/123456789/1521/1/human%20kinetics%2037%20b.pdf>
40. L'HOCINE, Lamia a Joyce I. BOYE, 2007. Allergenicity of Soybean: New Developments in Identification of Allergenic Proteins, Cross-Reactivities and Hypoallergenization Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. vol. 47, iss. 2, s. 127-143 [cit. 2022-03-24]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408390600626487?scroll=top&needAccess=true>
41. LIENER, I. E., 2003. PLANT ANTINUTRITIONAL FACTORS | Detoxification. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. 2nd edition. Cambridge: Elsevier, s. 4587-4593 [cit. 2022-03-30]. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B012227055X009366?via%3Dihub>
42. LIU, Keshun, 2019. Soybean Trypsin Inhibitor Assay: Further Improvement of the Standard Method Approved and Reapproved by American Oil Chemists' Society and American Association of Cereal Chemists International. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [online]. June 2019, vol. 96, iss. 6, s. 635-645 [cit. 2022-03-26]. ISSN 0003-021X. Dostupné z: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aocs.12205>

43. MA, Yating a Tong WANG, 2010. Deactivation of Soybean Agglutinin by Enzymatic and Other Physical Treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. October 2010, vol. 58, iss. 21, s. 11413-11419 [cit. 2022-03-25]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf1017466>
44. MAYO CLINIC STAFF, 2020. Soy allergy. In: *MayoClinic* [online]. Mar 25, 2020 [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/soy-allergy/symptoms-causes/syc-20377802>
45. MEREDITH, James. Tofu Coagulant: A Guide to Delicious Homemade Tofu. In: *TofuBud* [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://tofubud.com/blogs/tips/tofu-coagulant>
46. MESSINA, Mark, 2018. Is soybean lectin an issue?. In: *thesoynutritioninstitute* [online]. May 30, 2018 [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <https://thesoynutritioninstitute.com/is-soybean-lectin-an-issue/>
47. MIN, S., Y. YU a S. St. MARTIN, 2005. Effect of Soybean Varieties and Growing Locations on the Physical and Chemical Properties of Soymilk and Tofu. *Journal of Food Science* [online]. January 2005, vol. 70, iss. 1, s. C8-C21 [cit. 2022-05-06]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09026.x>
48. MINISTERSTVO ZEMĚDELSTVÍ, © 2021. Bezpečnost potravin A-Z: Fytosteroly. *Informační centrum bezpečnosti potravin* [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76775.aspx>
49. MONA, H. a Gyuhwa CHUNG 2013. Herbicides — A Double Edged Sword. In: PRICE, Andrew, ed. *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use* [online]. London: IntechOpen [cit. 2022-05-10]. ISBN 978-953-51-1112-2. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/44049>
50. MUJOO, Rajni, Dianne T. TRINH a Perry K. W. NG, 2003. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. *Food Chemistry* [online]. August 2003, vol. 82, iss. 2, s. 265-273 [cit. 2022-05-10]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00547-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00547-2)
51. MULALAPELE, Lina Tokuna a Jun XI, 2021. Detection and inactivation of allergens in soybeans: A brief review of recent research advances. *Grain & Oil Science and*

- Technology* [online]. vol. 4, iss. 4, s. 191-200 [cit. 2022-03-25]. ISSN 2590-2598. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590259821000376>
52. MURPHY, A. Patricia, 2008. Soybean Proteins. In: JOHNSON, L. A., WHITE, P. J. a Richard, GALLOWAY, ed. *Soybeans - Chemistry, Production Processing, and Utilization, Volume 2* [online]. Urbana: AOCS Press, s. 229-267 [cit. 2022-03-21]. ISBN 978-1-61583-195-1. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006RO7Q5/soybeans-chemistry-production/seal-subcellular-structures>
53. NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2019. Genetically Modified Organisms. In: *National Geographic Society* [online]. July 22, 2019 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/genetically-modified-organisms/>
54. NISHINARI, K. et al., 2018. Soy as a food ingredient. In: Rickey Y. Yada, ed. *Proteins in Food Processing* [online]. Elsevier, s. 149-186 [cit. 2022-03-23]. ISBN 9780081007228. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00007-3>
55. NOUT, R., 2015. Quality, safety, biofunctionality and fermentation control in soya. In: HOLZAPFEL, Wilhelm, ed. *Advances in Fermented Foods and Beverages - Improving Quality, Technologies and Health Benefits* [online]. Sawston: Woodhead Publishing, s. 409-434 [cit. 2022-03-20]. ISBN 9781782420156. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00U9J0G9/advances-in-fermented/sufu-and-tofu>
56. PAL, Mahendra, DEVRANI, Mridula a Yodit, AYELE, 2019. Tofu: A Popular Food with High Nutritional and Health Benefits. In: *Food & Beverages Processing* [online]. April 2019 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/332343856_Tofu_A_Popular_Food_with_High_Nutritional_and_Health_Benefits
57. PAN, Li et al., 2018. The Influences of Soybean Agglutinin and Functional Oligosaccharides on the Intestinal Tract of Monogastric Animals. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. February 2018, vol. 19, iss. 2, s. 554-572 [cit. 2022-03-25]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/2/554/htm>
58. PENG, Xingyun, REN, Chengang a Shuntang, GUO, 2016. Particle formation and gelation of soymilk: Effect of heat. *Trends in Food Science & Technology* [online].

- Cambridge: Elsevier, August 2016, vol. 54, s. 138-147 [cit. 2022-03-20]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.005>
59. PETRE, Alina, 2022. What Is Tofu, and Is It Healthy?. In: *Healthline* [online]. February 2, 2022 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/what-is-tofu>
60. PICO, Yolanda, 2020. *Chemical analysis of food: techniques and applications* [online]. 2nd edition. Waltham: Elsevier, s. 632-656. Chap. 14.3, Cereals and Legumes [cit. 2022-03-14]. ISBN 9780128132678. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt012LJLO3/chemical-analysis-food/cereals-and-legumes>
61. PREECE, K.E., N. HOOSHYAR a N.J. ZUIDAM, 2017. Whole soybean protein extraction processes: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. October 2017, vol. 43, s. 163-172 [cit. 2022-03-26]. ISSN 1466-8564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.024>
62. REKHA, C. R. a G. VIJAYALAKSHMI, 2013. Influence of processing parameters on the quality of soycurd (tofu). *Journal of Food Science and Technology* [online]. February 2013, vol. 50, iss. 1, s. 176-180 [cit. 2022-05-07]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24425905/>
63. RITCHIE, Hannah a Max, ROSER, 2021. Forests and Deforestation. In: *Our World in Data* [online]. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/forests-and-deforestation>
64. RUPE, John a Randall G. LUTTRELL, 2008. Effect of Pests and Diseases on Soybean Quality. In: JOHNSON, L. A., WHITE, P. J. a Richard, GALLOWAY, ed. *Soybeans - Chemistry, Production Processing, and Utilization, Volume 2* [online]. Urbana: AOCS Press, s. 93-116 [cit. 2022-05-10]. ISBN 978-1-61583-195-1. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006RO7Q5/soybeans-chemistry-production/seal-subcellular-structures>
65. SAVAGE, G. P., 2003. SAPONINS. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. 2nd edition. Cambridge: Elsevier, s. 5095-5098 [cit. 2022-03-30]. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B012227055X010506?via%3Dihub>

66. SHELAR, V. R., SHAIKH, R. S. a A. S. NIKAM., 2008. Soybean seed quality during storage: a review. *Agricultural Reviews* [online]. June 2008, vol. 29, iss 2, s. 125-131 [cit. 2022-03-30]. ISSN 0253-1496. Dostupné z: <http://arccarticles.s3.amazonaws.com/webArticle/articles/ar292006.pdf>
67. SHERIF, M. Hassan, 2013. Soybean, Nutrition and Health. In: EL-SHEMY, A. Hany, ed. *Soybean – Bio-Active Compounds* [online]. London: IntechOpen [cit. 2022-03-19]. ISBN 978-953-51-0977-8. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/42663>
68. SHURTLEFF, William a Akiko, AOYAGI, 2004. *History of Soybeans and soyfoods, 1100 B.C. to the 1980s* [online]. Soyfoods Center, Lafayette, California. Chap. History of World Soybean Production and Trade. Dostupné z: https://www.soyinfocenter.com/HSS/production_and_trade1.php
69. THE HENRY FORD. *Soybean Car* [online]. © 2022 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/>
70. UNIVERSITY OF ILLINOIS COLLEGE OF AGRICULTURAL, CONSUMER AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, 2017. Unusual soybean coloration sheds a light on gene silencing. In: *ScienceDaily* [online]. June 19, 2017 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: www.sciencedaily.com/releases/2017/06/170619120317.htm
71. UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN, 2018. Common weed killer linked to bee deaths. In: *ScienceDaily* [online]. September 24, 2018 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/09/180924174506.htm>
72. VAGADIA, Brinda Harish, VANGA, Sai Kranthi a Vijaya RAGHAVAN, 2017. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor – A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. June 2017, vol. 64, s. 115-125 [cit. 2022-03-26]. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224415301928>
73. VAN BRUGGEN, A. H. C. et al., 2018. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *Science of The Total Environment* [online]. March 2018, vol. 616-617, s. 255-268 [cit. 2022-04-02]. ISSN 0048-9697. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717330279?via%3Dihub>

74. VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin*. Rozšířené a přepracované 3. vydání. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-9.
75. WANG, H. L., et al., 1983. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal chemistry* [online]. vol. 60, iss. 3, s. 245-248 [cit. 2022-05-10]. ISSN 0009-0352. Dostupné z: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/26009>
76. WANG, Qi, LIU, Jinge a Hongyan ZHU, 2018. Genetic and Molecular Mechanisms Underlying Symbiotic Specificity in Legume-Rhizobium Interactions. *Frontiers in Plant Science* [online]. March 2018, vol. 9 iss. 313 [cit. 2022-03-18]. ISSN 1664-462X. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00313/full>
77. WANG, T., 2008. Minor Constituents and Phytochemicals of Soybeans. In: JOHNSON, L. A., WHITE, P. J. a Richard, GALLOWAY, ed. *Soybeans - Chemistry, Production Processing and Utilization, Volume 2* [online]. Urbana: AOCS Press, s. 297-329 [cit. 2022-03-26]. ISBN 978-1-61583-195-1. Dostupné taktiež z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006RO8X6/soybeans-chemistry-production/phytosterols>
78. WANG, Wenjie et al., 2018. Gel properties and interactions of Mesona blumes polysaccharide-soy protein isolates mixed gel: The effect of salt addition. *Carbohydrate Polymers* [online]. July 2018, vol. 192, s. 193-201 [cit. 2022-03-21]. ISSN 0144-8617. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486171830328X?via%3Dihub>
79. WEBMD EDITORIAL CONTRIBUTORS, 2020. Foods High in Sulfur. In: WebMD LLC. *Nourish – by WebMD* [online]. October 2020 [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.webmd.com/diet/foods-high-in-sulfur>
80. YAN, Jun et al., 2014. Abundance and Diversity of Soybean-Nodulating Rhizobia in Black Soil Are Impacted by Land Use and Crop Management. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. August 2014, vol. 80, iss. 17, s. 5394-5402 [cit. 2022-03-18]. ISSN 0099-2240. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4136101/>
81. YANG, Aijun et al., 2016. Sensory quality of soymilk and tofu from soybeans lacking lipoxygenases. *Food Science & Nutrition* [online]. March 2016, vol. 4, iss. 2, s. 207-215 [cit. 2022-03-26]. ISSN 2048-7177. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4779487/>

82. ZHANG, Qing et al., 2018. Research progress in tofu processing: From raw materials to processing conditions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. vol. 58, iss. 9, s. 1448-1467 [cit. 2022-03-20]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1263823>
83. ZHANG, Qing a Wen QIN, 2019. Tofu and Soy Products: The Effect of Structure on Their Physicochemical Properties. In: MELTON, Laurence, SHAHIDI, Fereidoon A Peter VARELIS, ed. *Encyclopedia of Food Chemistry* [online]. Elsevier, s. 96-104 [cit. 2022-03-24]. ISBN 978-0-12-814045-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21700-9>
84. ZHENG, Li et al., 2020. Tofu products: A review of their raw materials, processing conditions, and packaging. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. October 2020, vol. 19, iss. 6, s. 3683-3714 [cit. 2022-03-21]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12640>

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

č.	Číslo
Sb.	Zbierka zákonov
m n. m	metrov nad morom
cca.	Circa (približne)
MgCl ₂	Chlorid horečnatý
CaSO ₄	Síran vápenatý
MgSO ₄	Síran horečnatý
KCl	Chlorid draselný
CaCl ₂	Chlorid vápenatý
tzv.	takzvané
Ca	Vápnik
P	Fosfor
K	Draslík
Mg	Horčík
Fe	Železo
Zn	Zinok
Mn	Mangán
Se	Selén
Cu	Meď
S	Svedberg
kDa	kilo Dalton
IgE	Imunoglobulín E
-SH	Tiolová skupina
BBI	Bowman-Birk inhibítor trypsínu
KTI	Kunitz trypsin inhibítor

HDL High density lipoprotein

LDL Low density lipoprotein

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1: percentuálne rozdelenie využitia sóje	15
Obrázok 2: tvar molekuly glycinínu (A) a beta-konglycinínu (B)	23
Obrázok 3: schematické znázornenie spracovania sójových bôbov	38
Obrázok 4: lisovanie sójovej zrazeniny	39
Obrázok 5: výsledný produkt po lisovaní	39
Obrázok 6: grafické znázornenie práce texturometru pri meraní sójovej zrazeniny	42
Obrázok 7: meranie textúrnych vlastností sójovej zrazeniny	42
Obrázok 8: grafické znázornenie výťažnosti pri sušine 20 %	47

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: priemerný obsah vlhkosti vzoriek tofu.....	45
Tabuľka 2: hodnoty výťažnosti jednotlivých vzoriek tofu	46
Tabuľka 3: porovnanie tvrdosti povrchu tofu podľa spôsobu pestovania	48
Tabuľka 4: porovnanie celkovej tvrdosti tofu a adhezivity podľa spôsobu pestovania	48
Tabuľka 5: porovnanie tvrdosti povrchu tofu podľa odrôd	51
Tabuľka 6: porovnanie celkovej tvrdosti tofu a adhezivity podľa odrôd	51
Tabuľka 7: porovnanie tvrdosti povrchu tofu podľa odrôd, spôsobu pestovania a vyrobenej vzorky	53
Tabuľka 8: porovnanie celkovej tvrdosti tofu a adhezivity podľa odrôd, spôsobu pestovania a vyrobenej vzorky.....	54