

# Vliv zpracování a složení náplně čokoládových pralinek na jejich výslednou kvalitu

Bc. Vojtěch Neuwirth

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Bc. Vojtěch Neuwirth</b>
Osobní číslo:	<b>T21464</b>
Studijní program:	<b>N0721A210004 Technologie potravin</b>
Forma studia:	<b>Prezenční</b>
Téma práce:	<b>Vliv zpracování a složení náplně čokoládových pralinek na jejich výslednou kvalitu.</b>

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

Trendy ve výrobě čokolády a čokoládových cukrovinek.

Výroba čokoládových pralinek a parametry ovlivňující jejich kvalitu.

Charakterizace náplní jako emulzních systémů (optimalizace přípravy náplní, stabilizace emulzí, charakterizace emulzních systémů).

### II. Praktická část

Metodika práce a charakterizace výrobků.

Použité měřicí techniky.

Vyhodnocení a diskuze výsledků.

Formulace závěrů.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] BECKETT, Stephen T. *The science of chocolate*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2000. ISBN 0-85404-600-3
- [2] Talbot, Geoff. (2009). *Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*. Woodhead Publishing
- [3] MCCLEMENTS, D. J. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2005. ISBN 0849320232
- [4] AFOAKWA, Emmanuel Ohene. *Chocolate Science and Technology* [online]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2016 [cit. 2022-08-15]. ISBN 9781118913758. Dostupné z: doi:10.1002/9781118913758
- [5] BUŇKA, František, Jan HRABĚ a Bohumír VOSPĚL. *Senzorická analýza potravin I.: František Buňka, Jan Hrabě, Bohumír Vospěl*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010, 157 s. ISBN 9788073188870

Vedoucí diplomové práce: **doc. Mgr. Barbora Lapčíková, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 20. února 2023

## **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 mě 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 na 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: Bc. Vojtěch Neuwirth

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zaměřuje na optimalizaci přípravy čokoládových bonbonů prostřednictvím studia ganache, konkrétně emulze oleje ve vodě, která se skládá zejména z čokolády a malinového pyré. S postupujícím vývojem a nároky spotřebitelů na vynikající chuťový zážitek a zdravotní přínosy čokoláda jako tradiční tuková náplň již nevyhovuje. V této práci bylo provedeno několik experimentů s devíti různými vzorky ganache, při kterých byly zkoumány různé aspekty přípravy a receptury. Pomocí reologie, DSC, TPA a dalších měření byl analyzován vliv změn v emulzifikaci, obsahu bílkovin a přídavku guarové gummy nebo emulgátoru na vlastnosti ganache. Stabilita a skladovatelnost ganache a čokoládových bonbonů byly posouzeny pomocí mikrobiologických stanovení a dalších měření. Současně byla provedena senzorická analýza výsledných produktů. Klíčové výsledky ukázaly, že optimální doba emulzifikace činí 3 minuty. Přídavek guarové gummy vedl ke vzniku tuhé a nestabilní struktury. Množství bílkovin v receptuře a zvolená metoda emulzifikace ovlivňovaly reologické a texturní vlastnosti ganache. Přirozeně přítomné složky se ukázaly jako dostačující pro vytvoření stabilní emulze. Bílkoviny a hydrokoloidy měly potenciál prodloužit mikrobiologickou stálost výrobku. Tyto výsledky přispívají k lepšímu porozumění přípravě čokoládových bonbonů a nabízejí možnosti pro další inovace a vylepšení.

Klíčová slova: čokoládový bonbon, MAG DAG, emulze O/V, guar gum, mléčná bílkovina, vývoj receptury, vývoj technologického postupu, DSC, TPA, reologie, mikrobiologie, senzorická analýza.

## **ABSTRACT**

This work focuses on the optimization of chocolate candy preparation through the study of ganache, specifically an oil-in-water emulsion consisting mainly of chocolate and raspberry puree. With advancing developments and consumer demands for a superior taste experience and health benefits, chocolate as a traditional fat filling is no longer satisfactory. In this work, several experiments were conducted with nine different ganaches to investigate different aspects of preparation and formulation. The effect of changes in emulsification, protein content and the addition of guar gum or emulsifier on the properties of the ganache was analysed using rheology, DSC, TPA and other measurements. The stability and shelf-life of the ganache and chocolates were assessed by microbiological determinations and other measurements. At the same time, sensory analysis of the resulting products was carried out. Key results showed that the optimum emulsification time was 3 minutes. The addition of guar gum led to the formation of a rigid and unstable structure. The amount of protein in the formulation and the emulsification method chosen influenced the rheological and textural properties of the ganache. The naturally occurring components proved to be sufficient to form a stable emulsion. Proteins and hydrocolloids had the potential to prolong the microbiological stability of the product. These results contribute to a better understanding of chocolate candy preparation and offer opportunities for further innovation and improvement.

**Keywords:** filled chocolates, MAG DAG, emulsion O/W, guar gum, dairy proteins, recipe development, technological process development, DSC, TPA, rheology, microbiology, sensory analysis.

**Poděkování:**

Cítím se poctěn, že jsem mohl být při práci poblíž těchto skvělých lidí.

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí paní doc. Mgr. Barbora Lapčíková, Ph.D za směrování a odborné rady a zejména za projevenou důvěru v mou práci a zvolené téma. Panu Ing. Tomáši Valentovi Ph.D. za velkorysou pomoc při dlouhé práci v laboratoři i s interpretací dat. Paní Ing. Zuzaně Míškové, Ph.D., bez jejíž odbornosti a pomoci v mikrobiologii bych se neobešel. Paní Ing. Kristýně Opustilové za ochotu a spolupráci při DSC měření.

Milá rodino, děkuji za dlouhodobou podporu a povzbuzení v mém úsilí a studiu.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TRENDY VE VÝROBĚ ČOKOLÁDY A ČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINEK</b> .....	<b>12</b>
1.1 ČISTÝ POŽITEK .....	12
1.2 UVĚDOMĚLÁ VOLBA.....	13
1.3 ZDRAVÉ MLŠÁNÍ.....	14
<b>2 VÝROBA ČOKOLÁDOVÝCH PRALINEK</b> .....	<b>15</b>
2.1 VÝROBA FORMOVANÝCH PRALINEK .....	16
<b>3 PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU PRALINEK</b> .....	<b>18</b>
3.1 KVALITA A MIKROBIÁLNÍ ÚDRŽNOST .....	18
3.2 KVALITA A FYZIKÁLNÍ ZMĚNY .....	19
3.3 TUKOVÝ VÝKVĚT A SOUVISEJÍCÍ ZMĚNY .....	20
<b>4 CHARAKTERIZACE NÁPLNÍ JAKO EMULZNÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>22</b>
4.1 CO JE TO GANÁŽ? .....	22
4.2 CHARAKTERIZACE GANÁŽE JAKO EMULZE .....	22
4.2.1 Složky emulze a ganáž .....	23
4.2.2 Krystalizace.....	24
4.2.3 Stabilita a destabilizace .....	24
4.2.4 Příprava emulze.....	25
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>27</b>
<b>5 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>28</b>
<b>6 VZORKY A METODIKA EXPERIMENTŮ</b> .....	<b>29</b>
6.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	29
6.1.1 Charakteristika a receptura vzorků.....	29
6.1.2 Příprava vzorků .....	31
6.2 REOLOGIE .....	32
6.3 TEXTURA.....	33
6.4 DIFERENČNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE.....	33
6.5 VODNÍ AKTIVITA .....	33
6.6 STANOVENÍ OBSAHU VODY.....	34
6.7 STABILITA EMULZE .....	34
6.8 MIKROSKOPIE .....	35
6.9 MĚŘENÍ PH.....	35
6.10 SENZORICKÁ ANALÝZA .....	35



6.11	MIKROBIOLOGIE.....	36
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>38</b>
7.1	TYP EMULZE.....	38
7.2	REOLOGIE .....	38
7.2.1	Tokové vlastnosti .....	38
7.2.2	Viskoelastické vlastnosti.....	41
7.3	TEXTURA.....	45
7.4	DIFERENČNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE.....	50
7.5	VODNÍ AKTIVITA .....	52
7.6	STANOVENÍ OBSAHU VODY.....	53
7.7	STABILITA EMULZE .....	55
7.8	MIKROSKOPIE .....	56
7.9	MĚŘENÍ PH.....	58
7.10	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	59
7.11	MIKROBIOLOGIE.....	62
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>74</b>

## ÚVOD

### *Čokoláda*

Po pouhé zmínce tohoto slova se vám začínají sbíhat sliny nebo se vám rozbuší srdce, a co teprve pomyslení na čokoládový bonbon. Neshoduje se předchozí tvrzení s pravdou? Pak jste součástí nátlaku na výrobce cukrovinek, čokolád a čokoládových výrobků.

Konzumenti jsou tvůrci silných trendů v oblasti potravinářství. Vyžadují stále lepší chuťové zážitky, větší pestrost produktů a zároveň dbají na své zdraví. Současné trendy v oblasti čokolády jsou jednou z motivací této práce a jsou součástí teoretické části. Diplomová práce se zabývá náplní do čokoládových bonbonů pojmenovanou „ganáž“. Její výjimečnost spočívá v obsahu vody. Díky tomu se jedná o sensoricky čerstvější výrobek s menší energetickou hodnotou.

Ganáž je emulzí typu olej ve vodě. Receptura, technologie přípravy a faktory ovlivňující její procesní i výsledné parametry byly předmětem této práce. Do problematiky nás uvádí teoretická část. Čtenář se v ní dozví o průmyslové výrobě plněných čokoládových bonbonů, pralinek a výrobě emulzí.

Protože se jedná o nové téma pro vědeckou obec, experimenty jsou navrženy tak, aby otestovaly co možná nejširší záběr proměnných skrz mnohá měření a byly tak přínosné pro další směry výzkumu. Design experimentů byl také opřen o navržené hypotézy autora. Celkem devět vzorků se mění jak v technologickém postupu výroby, tak v receptuře. Během přípravy byla prověřena doba, způsob a podmínky emulzifikace. Receptury měnily obsah mléčných bílkovin anebo emulzi obohatily o gumu guar a emulgátor. Z ganáží byly vyrobeny kompletní produkty. Pralinky byly testovány sensorickou analýzou a po dobu skladování souzeny mikrobiologickými kritérii.

Závěrem, třetí a poslední motivací, je samotný zájem autora o dané téma.

Příjemné čtení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TRENDY VE VÝROBĚ ČOKOLÁDY A ČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINEK

Potravinový průmysl je velmi dynamickým a konstantně se vyvíjejícím odvětvím. Především proto, že je řízen preferencemi spotřebitelů, novými trendy trhu i technologickým vývojem. Pro výrobce potravin je nezbytné sledovat přicházející i predikovat budoucí trendy, aby si udrželi konkurenceschopnost a uspokojili požadavky svých spotřebitelů. Následování změn trhu vytváří příležitosti, inovaci a vývoj nových produktů. Tato kapitola shrne současné (2023) trendy v oblasti čokolády a cukrovinek a ukáže možné budoucí směry.

*Čokoládové cukrovinky jsou významným trhem, jehož celosvětový maloobchodní prodej by měl do konce roku 2023 dosáhnout hodnoty více než 107 miliard eur, přičemž v následujících třech letech by měl růst o 1,9 % [1].* V České republice je velikost prodeje 11 miliard Kč za rok 2021. Na úkor čokoládových tabulek se *zvětšuje obliba čokoládových bonboniér s 27,6% podílem a nárůstem na tržbách o 6,5 % [2].* Rešerší zdrojů bylo odhaleno, že smýšlení konzumentů předurčuje směry vývoje, které můžeme rozdělit do tří skupin: čistý požitek, uvědomělá volba a zdravé mlsání.

Další, více strojírenské, trendy jsou popsány v kapitole 2 Výroba čokoládových pralinek.

## 1.1 Čistý požitek

Nejčastějším důvodem pro konzumaci čokolády je potěšení, které lidem přináší [3]. Není proto překvapením, že trendy umocňující čokoládový požitek ovlivňují design čokoládových produktů. Příchutě a přísady převažují nad čistě čokoládovými výrobky. Producenti se snaží posouvat hranice chut'ových kombinací přidávkem bylin, koření, květin a netradičního ovoce. Trendem je do čokolády vložit celý dezert (Tiramisu, Crème Brûlée) nebo přizpůsobit slaným pokrmům (čili papričky, uzené BBQ) [3, 4]. *Pro 87 % spotřebitelů je flavour (chut' a vůně) nejdůležitějším rozhodovacím faktorem [5].* Radost z konzumace a pocit prémiovosti producenti navyšují také kombinováním sensorických vjemů skrze tvorbu textur [1].

Preference bohatší kakaové chuti v čokoládových výrobcích je také spojována s ochranou zdraví a menším obsahem cukru [6]. Roste nabídka čokolád single-origin, čokolád od malých výrobců nebo čokolád s větším podílem kaka. Objevil se nový pojem „hořkomléčná“ čokoláda. Výrobci si zajišťují kvalitu kaka pomocí výukových programů,

protože *více než 90 % producentů kakaava tvoří drobní zemědělci*. Na podporu výnosnosti jsou také používány drony, které rozstříkují fungicidy a hnojiva [7].

## 1.2 Uvědomělá volba

Svět čokolády se rychle vyvíjí, protože spotřebitelé si stále více uvědomují udržitelnost a transparentnost značek, iniciativy fair trade a původ kakaava. V důsledku toho si získává oblibu bio a přírodní čokoláda a očekává se, že zájem o přírodní a ekologické potraviny v roce 2023 dále poroste [8]. Pro dosažení těchto cílů lídři čokoládového průmyslu pracují na použití GPS mapování plantáží, trasování kakaových bobů pomocí QR kódů nebo hlídání dětské práce [9].

Vzhledem k přetrvávajícím obavám o životní prostředí, zdraví a dobré životní podmínky zvířat, trend rostlinných a veganských potravin stále roste. *76 % konzumentů říká, že čokoláda musí být dobrá pro ně i pro planetu* [1]. Tento trend je patrný i ve světě čokolády, kdy čokoládovny a výrobci cukrovinek vyvíjejí stále více variant na rostlinné bázi. Očekává se, že v roce 2023 budou stále oblíbenější prémiové receptury čokolády s přírodními přísadami a chutné rostlinné náhrady mléčných čokolád [6, 7, 8]. Do cukrovinek se tak dostávají nové ingredience jako sladidla, ořechové součásti (náhrada mléka z kešu), mletá semena (jádra slunečnice) [7] nebo atypické plodiny (šáchor jedlý ve vegan čokoládě společnosti Callebaut).

Kromě toho stále roste poptávka po přírodních a „free-from foods“ nabídkách: například bez palmového oleje, bez bílého cukru, bez sóji, bez lecitinu, ... Zákazníci mají stále větší zájem o přírodně vyráběné produkty se skutečnými přísadami a bez umělých aromat a barviv. Tento trend můžeme zahrnout pod „clean label“ tzn. čistá etiketa [11]. Aby si značky udržely konkurenceschopnost, musí tento trend přijmout do svých nových i stávajících řad výrobků. Cukrovinky bez lecitinu mohou vyžadovat inovativní technologie. Protože tokové vlastnosti takové čokolády jsou úplně odlišné, zejména v mezi toku, Cassonových hodnotách a viskozitě [12]. Řešením mohou být jiné režimy mletí a konšování, kdy odlišná distribuce velikostí částic může optimalizovat tokové vlastnosti [13].

### 1.3 Zdravé mlsání

Největší výzvou je snížení obsahu cukru v čokoládě, protože ovlivňuje nejen sladkost, ale také strukturu [14]. Současné výrobky obsahují až přes polovinu své hmotnosti v cukru. Poptávka po výrobcích s nízkým obsahem cukru však roste, přičemž systémy značení, jako je Nutri-Score, povzbuzují spotřebitele, aby se rozhodli pro zdravější varianty. Až 55 % konzumentů limituje svůj denní příjem cukru [1]. Výsledkem je již zmíněný nárůst preference čokolád s větším podílem kakaava na úkor cukru. Nové cukrovinky obsahují sladidla nebo kokosový cukr. Slibné je také použití vlákniny, které umožňuje konzumenta nalákat na výživové tvrzení „s vysokým obsahem vlákniny“ a zároveň obsah cukru v čokoládové receptuře snížit až o 40 % [14].

Pozoruhodným trendem, který se objevil v posledních letech, je přidávání konopí do cukrovinek. Vzhledem k tomu, že v některých regionech se marihuana pro rekreační účely stává stále více akceptovanou, staly se čokolády a gumové bonbony oblíbenou volbou poznání přínosů CBD (kanabidiol). Tento trend je patrný zejména v Evropě a Kanadě, kde si oblibu získávají malé cukrářské společnosti pracující s konopím [3, 4].

Funkční složky, jako jsou ořechy, semena, bobuloviny, antioxidanty, minerální látky, vitamíny nebo složky s probiotickými účinky, které podporují zdraví, jsou v čokoládových a cukrářských výrobcích stále oblíbenější [8, 10]. Za zmínku stojí také fakt, že pandemie COVID-19 vedla ke zvýšenému důrazu na potraviny, které posilují imunitní systém [11]. Konzument ale není ochoten se vzdát chuťového požitku, výrobci tak musí hledat nové způsoby výroby nebo receptury. Například přidáním ovoce a zeleniny nebo jiným procesem výroby kakaava tak, aby nebylo tak hořké a poskytovalo čokoládovější chuť [1, 10].

Závěrem lze říct, že čokoládový průmysl prochází transformací, neboť spotřebitelé požadují udržitelné, přírodní a zdravější varianty. Výrobci čokolády proto musí své výrobky přizpůsobovat individuálním potřebám a preferencím svých zákazníků a zaměřovat se na přírodní a zdravé složky, udržitelné postupy a etické získávání surovin. Tímto způsobem mohou oslovit rostoucí počet spotřebitelů, kteří dbají na zdraví a životní prostředí, a prosadit se jako lídři v oboru.

## 2 VÝROBA ČOKOLÁDOVÝCH PRALINEK

Pralinky jsou to nejlepší, co svět čokolády může nabídnout. Je to nejvíce komplexní produkt, jak z pohledu spotřebitele díky vizuálnímu, chuťovému i texturnímu zážitku, tak pro výrobce, kdy se jedná o vícesložkový produkt nelehký pro výrobu.

Legislativa definuje čokoládový bonbon následovně: *potravina o velikosti jednoho sousta, vyrobená z jednoho druhu čokolády nebo kombinace čokolád ve směsi (čokolády, mléčné čokolády, family mléčné čokolády, bílé čokolády nebo plněné čokolády) a jiných jedlých složek; celkový obsah čokolády musí být nejméně 25 % celkové hmotnosti výrobku*. Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kaka a s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony [15]. V této kapitole se budeme soustředit na dvousložkový čokoládový bonbon obsahující složku (náplň), která je obalena v čokoládě. Takto je oddělena od vnějšího prostředí čokoládovou skořápkou. Pro tento výrobek budeme používat označení pralinka.

Vyrobít pralinku je možné dvěma způsoby. Formovaná pralinka: pomocí formy je vyrobena skořápka (dutinka), ta je naplněna a nakonec uzavřena (zavíčkována). Máčená pralinka: tuhá náplň je tvarována a poté máčena v čokoládě. Název se odvíjí od tradičního, manuálního způsobu výroby. V průmyslu je náplň polévána. Formované pralinky jsou oproti máčeným lesklé, umožňují větší kontrast mezi náplní a skořápkou, až úplně tekutou náplň. Pomocí formy lze dosáhnout komplexnějších tvarů pralinky. Náplň máčené pralinky nemusí téct, může být krájena nebo extrudována. Náplň při výrobě může mít libovolnou teplotu. Máčením (poléváním) tak lze obalit pekárenský výrobek, karamel, marcipán atp.

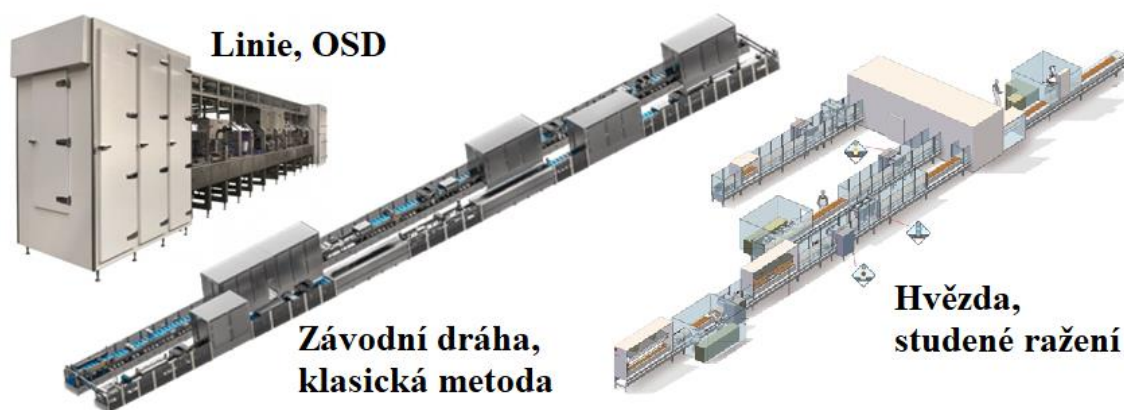
## 2.1 Výroba formovaných pralinek

Schéma klasické výroby formovaných pralinek [16, 17]:

1. Kondicionování (zahřátí) formy na teplotu blízkou kapalné čokoládě.
2. Dávkování tekuté a prekrytalizované čokolády do formy. V případě vylití čokoládou je její přebytek setřen pryč.
3. Vibrace slouží k uvedení čokolády do toku a vyplnění míst formy s vysokým zakřivením, zároveň dojde k vzestupu a úniku vzduchových bublin, viz obrázek 2.
4. Převrácení formy a vylití čokolády. Určité množství čokolády ulpí na formě a stane se budoucí skořápkou. Viskozita čokolády, teplota čokolády, vibrace a doba převrácení určuje tloušťku skořáčky. Forma je setřena a čokoláda je recirkulována.
5. Chlazení, to musí být dostatečně účinné, kvůli uvolněnému latentnímu teplu.
6. Skořáčky jsou naplněny náplní, které musí být tolik, aby část objemu dutiny byla ponechána volná pro budoucí víčko pralinky. Náplň nesmí natavit čokoládovou skořáčku a zároveň musí být dostatečně tekutá, aby se zarovнала. Tomu mohou napomoci vibrace.
7. Chlazení a tuhnutí náplně. Poté kondicionování forem.
8. Sprejováním, přesným dávkováním nebo přelitím se vyplní zbývající objem pralinky, tím se pralinka zavíčkuje a náplň je kompletně obalena čokoládou.
9. Poslední chlazení, ztuhnutí víčka. Krystalizace čokoládové skořáčky musí proběhnout do takové míry, aby došlo ke kontrakci a odloučení od formy.
10. Uvolnění hotové pralinky. Formy jsou převráceny, poté údery anebo mechanickým prodloužením formy dojde k jejich uvolnění. Proces může být realizován také přísavkami.
11. Prázdné formy jsou kontrolovány a vrací se zpět. Produkt putuje na balicí linku.



Požadavek na kontinuální výrobu přirozeně spojuje začátek a konec výrobní linky. Tomuto uspořádání se říká „závodní dráha“, viz obrázek 1. Pro ušetření výrobních prostor může být okruh vytvořen vertikálně a linka je pak v linii. Moderním způsobem je centralizace kolem energeticky a finančně nejnáročnějšího komponentu linky, chlazení, tzv. uspořádání hvězda, viz obrázek 1.



Obrázek 1: Výroba formovaných pralinek různými metodami, v různém uspořádání výrobní linky, převzato z [18–20]

Klasická metoda umožňuje skořápku naplnit jakoukoli náplní nebo více náplněmi, včetně inkluzí jako jsou ořechy, sušenky atp. Speciální dávkovač OSD (one shot depositor) je schopen provést výše popsané kroky 2. až 8. najednou, jedním stříkem vytvoří skořápku včetně víčka s náplní uvnitř. Takto je možné významně ušetřit výrobní místo a dosáhnout vyšší výrobní kvality a standardu hygieny. Nevýhodou metody je nutnost přesné kontroly tokových vlastností čokolády i náplně. Metoda studeného ražení poskytuje lepší kontrolu nad tloušťkou skořápky, urychlení krystalizace a tím zkrácení výrobního času i zmenšení potřebného prostoru, oproti klasické metodě. Namísto převrácení formy a vytékání čokolády z formy, je do formy dávkováno přesné množství čokolády, které je do stěn forem vyraženo chlazeným hrotem tzv. pečetí [16, 17].

Z nabídky předních strojírenských firem (Aasted, Knobel, Sacmi, Memak, Memet, Bühler, Hacos) je jasné, že trendem je nahrazování klasické metody výše zmíněnými alternativami. Důraz je také kladen na modularitu a snadný přechod mezi odlišnými výrobky na stejné výrobní lince. Novými technologiemi je CNC zdobení a robotizace. Firma Bühler např. nabízí ještě kompaktnější design, v jednom boxu robotická ramena nahrazují celou pásovou výrobní linku.

### 3 PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU PRALINEK

Pro provozovatele potravinářského podniku je kvalita jeho výrobků tím nejdůležitějším parametrem, je totiž přímo spojena se ziskovostí. Pro konzumenta platí to samé, protože očekává příjemný požitek po zakousnutí se do pralinky. Příklady nevyhovující kvality jsou na obrázku 2. Mezinárodní organizace pro normalizaci ISO definuje: *kvalita je stupeň do kterého soubor inherentních charakteristik předmětu splňuje požadavky* [21]. Tyto požadavky mohou být povinné nebo pouze očekávané. Nejdůležitějším povinným požadavkem na potravinu je její bezpečnost. Očekávané požadavky ze strany spotřebitele jsou například krásný vzhled, intenzivní chuť, poměr náplně ku skořápce a jsou subjektivní. Výrobce sleduje požadavky zejména skrze absenci vad výrobku a kontrolu doby skladovatelnosti (údržnosti), která určuje kvalitu výrobku [22]. Od cukrovinek, čokolády a čokoládových bonbonů se očekává dlouhá skladovatelnost. V této kapitole se proto zaměříme na kvalitu pod tímto pohledem, v souladu s cíli práce.



Obrázek 2: Závažné nedostatky kvality pralinek zleva: bubliny v čokoládové skořápce, nárůst plísně, tukový výkvět (foto autora)

#### 3.1 Kvalita a mikrobiální údržnost

Dle obecných zásad a požadavku potravinového práva stanovených nařízením (ES) č. 178/2002 musí být potravina bezpečná, nesmí být škodlivá pro zdraví a nesmí být nevhodná k lidské spotřebě. Z tohoto hlediska jsou cukrovinky a čokoládové výrobky v porovnání s ostatními potravinami obecně stabilní a odolné. To ve většině případů zajišťuje vysoký obsah cukru. Výrobky náchylné k mikrobiálnímu kažení jsou pak ty obsahující náchylné složky, např. mléčné výrobky nebo ovoce [22].

Voda je důležitou složkou potravin, působí jako rozpouštědlo a změkčovadlo, ovlivňuje stabilitu, chutnost a celkovou kvalitu. Aktivita vody ( $A_w$ ) měří dostupnost vody pro mikrobiální růst a fyzikálně-chemickou stabilitu potravin. Obsah vody a  $A_w$  ovlivňují rychlost degradačních změn, mikrobiální růst i např. skelný přechod a krystalizaci. Definice:

$$\text{Vodní aktivita} = \frac{\text{parciální tlak vodních par v potravine}}{\text{par.tlak par čisté vody za stejných podmínek}}$$

Vodní aktivita (její stonásobek) odpovídá ustálené relativní vlhkosti okolní atmosféry potravin. Vodní aktivita, teplota a pH jsou nejdůležitější faktory ovlivňující nežádoucí změny a mikrobiální růst, často samy stačí k posouzení doby skladovatelnosti potravin. Dalšími bariérami jsou redoxní potenciál, složení atmosféry a její tlak, radiace, mikrostruktura, konkurující mikroorganismy nebo konzervanty [23, 24].

Mikroorganismy mají pro svůj růst ideální vnitřní aktivitu vody, kterou lze snížit vnitřní koncentrací rozpuštěných látek. Každý mikroorganismus má jedinečnou limitní aktivitu vody, pod kterou nemůže růst:

$A_w < 0,87$      patogenní bakterie přestávají růst

$A_w < 0,70$      běžné plísně a kvasinky přestávají růst

$A_w < 0,60$      přestává veškerý mikrobiální růst

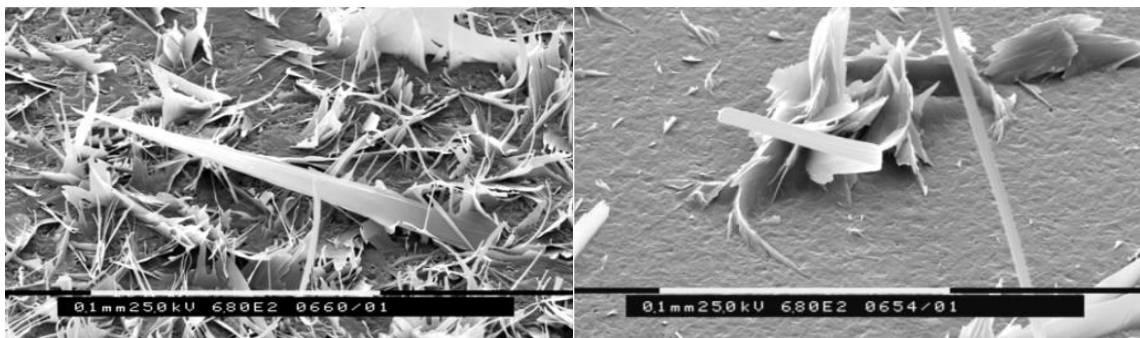
Potravina s  $A_w < 0,86$  (nebo  $\text{pH} < 4,2$ ) je tedy potenciálně bezpečnou potravinou, ale stále podporuje růst plísní a kvasinek. Ty sice nemusí způsobit onemocnění, ale vyvolané změny jsou pro konzumenta nežádoucí. To znamená konec doby udržitelnosti a nedostatečnou kvalitu [25]. Pro udržení kvality je nutné, aby byl produkt chráněn před okolní vlhkostí i jinými vlivy vhodným obalem.

### 3.2 Kvalita a fyzikální změny

Během výroby může vzniknout mnoho kvalitativních problémů jako odchylky hmotnosti výrobku, jeho zakřivení nebo popraskání, výskyt bublin (obrázek 2), mechanické poškození nebo špatné plnění. Všechny tyto nedostatky ale souvisí se správným nastavením výrobních parametrů a neměly by představovat problém u hotového výrobku. Z pohledu doby skladovatelnosti a změn, které nejsou snadno kontrolovatelné, a jsou až nevyhnutelné, jsou nejpodstatnější změny textury, migrace složek a výkvěty, ty všechny spolu souvisí.

### 3.3 Tukový výkvět a související změny

Kakaové máslo poskytuje čokoládovým výrobkům jedinečné vlastnosti. Je jediným tukem, který je pevný při běžných teplotách, ale v ústech sametově taje. Důvodem je zastoupení mastných kyselin v tomto tuku, které dávají vznik polymorfismu (schopnost látky krystalizovat do různých krystalografických uspořádání). U čokolády nebo čokoládového produktu nejsme schopni zvenčí krystalickou strukturu přesně určit jinak než instrumentálně, přesto se změny mohou projevit v textuře a výrobek může být sensoricky vnímán jako zrnitý nebo voskový. Tyto změny vyvolávají i změny vzhledu výrobku. Tukový výkvět znamená ztrátu lesku, výskyt skvrn a šmouh nebo zblednutí (zašednutí) povrchu [16, 17, 22]. Na obrázku 2 vpravo je vidět extrémní tukový výkvět projevující se lámavostí výrobku a šmouhami na povrchu. Na obrázku 3 je vidět příčina ztráty lesku produktu: výkvět (růst) krystalů kakaového másla na povrchu.



Obrázek 3: Povrch čokolády s tukovým výkvětem, pořízeno pomocí SEM, vpravo čokoláda navíc obsahuje CBE proti výkvětu, převzato z [16]

Tukový výkvět vznikne a) v souvislosti se zpracováním a složením výrobku nebo b) během skladování a migrací složek.

Nevhodné množství nebo složení tuků v produktu způsobí překročení eutetického bodu směsi a následnou částečnou krystalizaci tryacylglycerolů (TAG) dohromady s uvolněním tryacylglycerolů s nižšími body tání a v konečném důsledku tukový výkvět. Špatná úroveň překrystalizace při výrobě způsobí tukový výkvět během krystalizace výrobku [17, 22].

Přechod V. polymorfni formy kakaového másla na VI. formu je dlouhodobě nevyhnutelný. Je možnost přechod zpomalit a zabránit tak tukovému výkvětu správným skladováním.

Vyšší skladovací teplota nebo cyklení mezi teplotami (např. 20 °C a 28 °C) tukový výkvět podpoří a používají se v akcelerovaných testech doby skladovatelnosti [17, 26].

U čokoládových bonbonů k tukovému výkvětu dále dochází vlivem různého složení náplně a skořápky. Migrace tuku z náplně ven (nebo naopak) způsobí výkvět stejným mechanismem jako při nevhodné formulaci výrobku. Toto je nevyhnutelné zejména pokud výrobek obsahuje TAG kapalné při skladovací teplotě, např. z ořechového oleje, rostlinného oleje z pekárenského výrobku nebo mléčného tuku. Prodloužení skladovatelnosti takových výrobků je a bylo intenzivně studováno. Prevencí vzniku je gelová, cukrová nebo tuková membrána oddělující ořechové jádro nebo celou náplň. Frakce mléčného tuku s vysokým bodem tání mají prokázaný stabilizující účinek, stejně tak náhražky kakaového másla (CBE, cocoa butter equivalents), viz obrázek 3, ty jsou v případě čokolády limitovány legislativou [16, 22, 26].

## 4 CHARAKTERIZACE NÁPLNÍ JAKO EMULZNÍCH SYSTÉMŮ

Čokoládové bonbony (pralinky) představují vysoce atraktivní a oblíbený dezert. Existuje nespočetně mnoho variant čokoládových bonbonů s rozmanitými náplněmi, které můžeme rozdělit dle technologie přípravy náplně nebo bonbonu, hlavní složky, trvanlivosti, textury nebo chutě. Můžeme se setkat například s náplní tukovou, ořechovou, s cukrovým sirupem, fondánovou, s alkoholem, šlehanou, aerovanou, gelovou nebo s želé. Mezi náplně, které jsou emulzemi by patřil karamel jako směs karamelizovaného cukru, vody a tuku. A také ganáž, která je předmětem této práce. Nahrazení tuku vodou je výhodou emulze v souvislosti s trendy a snížením energetické hodnoty [27].

### 4.1 Co je to ganáž?

„Crème ganache“ byl poprvé vytvořen omylem. Tradiční příběh říká, že roku 1860 učeň v pařížské cukrárně omylem přelil čokoládu horkou smetanou. Kolegy byl okamžitě nazván imbecilem (francouzsky ganache). Směs čokolády a smetany ovšem našla uplatnění a se stoupající oblibou byl tento krém pojmenován „Crème ganache“ jako vzpomínka na nyní vtipnou nehodu [28]. V práci je cizí slovo „ganache“ přechýleno a skloňováno dle ženského vzoru píseň na „ganáž,“ po konzultaci s vědeckou knihovnou v Olomouci.

Různé zdroje definují ganáž odlišně. Konzervativní cukráři jako ganáž označují pouze směs čokolády a smetany. Modernějším pohledem je, že ganáž je čokoláda s vodnou složkou (voda, mléčné výrobky, alkohol), dále s přidavkem tuků, cukrů nebo jiných složek. Tato charakteristika je použita i v této práci.

### 4.2 Charakterizace ganáže jako emulze

Ačkoli se ganáž používá v mnoha potravinářských odvětvích a byla pojmenována již před více než 160 lety, bylo o ní publikováno jen málo vědeckých studií. Charakterizace ganáže je nutná pro kontrolu výrobního procesu i finálního produktu.

Zdá se, že ganáž může být emulze obou typů. Existuje několik způsobů výroby ganáže a poměr čokolády a smetany se liší. Většina autorů a výzkumníků se shoduje na tom, že ganáž je emulze typu olej ve vodě (O/V) [29–34]. Ale například Leal-Calderon a kol. [35] uvádí, že emulze O/V může přejít v bikontinuální systém nebo stát se emulzí typu voda

v oleji (V/O) kvůli koalescenci. Americký kulinářský institut zase uvádí ganáž jako O/V a k tomu „máslovou ganáž“ jako V/O [36]. V posledním případě je smetana nahrazena máslem.

#### 4.2.1 Složky emulze a ganáž

Složitost přichází již od vstupních součástí, které jsou samy emulzemi. Smetana je emulze O/V. Disperzní prostředí tvoří voda s bílkovinami, micelami a minerály. V ní jsou suspendovány tukové kuličky (globule) [30, 37]. Tuk se může ale vyskytovat na rozhraní dvou fází. Tukovou frakci tvoří až stovky lipidů, z toho 97 % zastupují triacylglyceroly. Toto zapříčiňuje široký interval teploty tání:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Stabilita je ovlivněna především velikostí a distribucí částic. Pokud mléko nebo smetana nejsou homogenizovány, snadno podléhají destabilizaci procesem krémování. Máslo je emulze V/O. Typicky obsahuje 82 % tuku, 16 % vody a 2 % mléčné sušiny. Je vyrobeno kontrolovanou inverzí emulze ze smetany mechanickým namáháním za snížené teploty. Částečně zkrystalizované tukové části narážením částečně podléhají koalescenci a poté agregují. Stabilita i textura másla jsou ovlivněny zejména podílem pevného tuku, morfologií a velikosti tukových krystalů [37, 38].

Čokoláda je suspenzí částic krystalů cukru, kakaových částic a případně sušeného mléka v kontinuální fázi kakaového másla a případně jiného tuku. Kakaové máslo je polymorfní a krystalizuje do šesti polymorfních forem. Při pokojové teplotě může obsahovat kapalnou fázi a při teplotách nad  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  je kompletně roztaveno [32].

Není přesně známo, jaká je mikrostruktura a charakter systému po smíchání nebo emulzifikaci výše popsaných složek. Agitace dodává energii k vytvoření kuliček tuku, pravděpodobně emulgovaných lecitinem v čokoládě a/nebo mléčnými bílkovinami. Vzájemné mísení kakaového másla s máslem nebo tukovými kuličkami ze smetany není známo. Kuličky mohou být diskrétně zachovány, nebo jsou smíšené. Krystaly cukru a případně sušené mléko v čokoládě se částečně rozpustí ve vodné fázi. Osud kakaových částic z čokolády není znám, ale lze předpokládat, že se tukuprosté kakaové součásti rozdělí mezi olejovou a vodní fázi na základě jejich hydrofobních a hydrofilních interakcí [29, 30, 32]. Jejich přílišné nabobtnání vodou může emulzi destabilizovat [30]. Přesto je jejich přítomnost klíčová pro celkovou stabilitu emulze [29, 31].

#### 4.2.2 Krystalizace

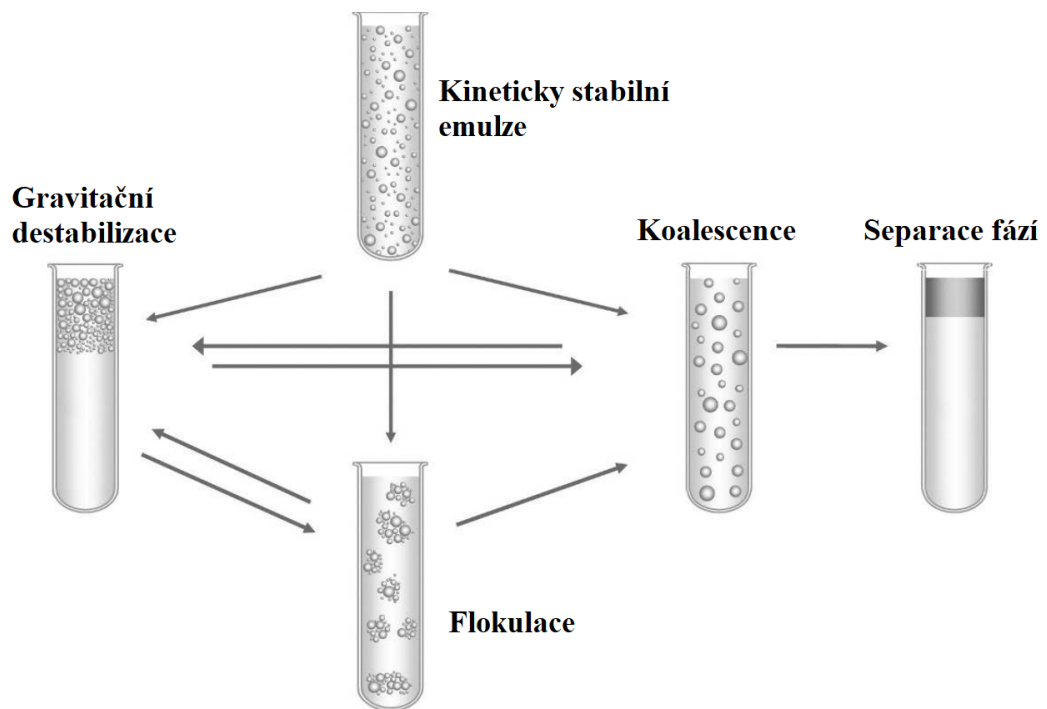
*Textura, pocit v ústech, stabilita i vzhled mnoha potravinových emulzí závisí na fyzikálním stavu tukové fáze* [37]. Krystalizace je termodynamicky hnaný děj, kdy se soustava snaží zaujmout stav s nejnižší volnou energií. Pokud jsou tuky pod jejich bodem tání dochází k nukleaci, růstu krystalů a krystalizaci. Tyto děje jsou odlišné v emulzním systému oproti krystalizaci čisté látky. Důvodem je zejména rozdílná disipace tepla a interakce součástí. V případě emulzí olej ve vodě může krystalizace narušovat stabilitu. Jednotlivé plochy krystalu mohou růst nestejně rychle a „ostrý“ tvar může způsobit protržení filmu rozhraní [39]. Tento jev je pojmenován částečná koalescence a snižuje odolnost vůči krémování. Pokud emulze zůstane krystalická je výsledkem více tuhý produkt s dlouhodobě větší stabilitou [32]. Jev může skončit až u inverze fází. Toho se využívá při šlehání smetany a výrobě zmrzliny nebo másla.

#### 4.2.3 Stabilita a destabilizace

Pod stabilitou rozumíme, že si systém zachová (požadované) vlastnosti po určitou dobu (za daných podmínek). Z fyzikálního hlediska je ovšem stabilní nežádoucí stav, například rozpadnutá emulze se separovanými fázemi je fyzikálně stabilní, z pohledu potravinářského nikoli [40] Rozpadnutá emulze odpovídá stavu s nejnižší volnou energií a tento stav je termodynamicky stabilní. V reálném potravinářském systému existuje mnoho kineticky stabilních (metastabilních) stavů mezi vytvořením emulze a její separací. Ty jsou odděleny bariérami volné energie [37].

Fyzikální, chemické i mikrobiologické změny mohou způsobit změny vlastností emulze a její destabilizaci. Nejčastější mechanismy destabilizace emulze jsou fyzikální, viz obrázek 4. Krémování nebo sedimentace jsou příklady působení gravitační síly na částice, které se pohybují vzhůru resp. dolů. Flokulace nastává, když se částice shlukují z původně homogenní dispergace. Koalescence je pak slévání nebo spojování částic a je nejvýznamnější proces narušující stabilitu emulzí. Principem je přiblížení kapének a protržení filmu fázového rozhraní, tím dojde k sjednocení. Pravděpodobnost určují vlastnosti filmu, frekvence srážek, viskozita disperzního prostředí, objemový zlomek fází a přítomný emulgátor [37, 39].





Obrázek 4: Fyzikální mechanismy destabilizace emulze, přeloženo z [37]

#### 4.2.4 Příprava emulze

Velikost kapiček při homogenizaci je nejdůležitějším parametrem. Jejich velikost lze snižovat zvýšením koncentrace emulgátoru, snížením koncentrace samotných kapek nebo volbou emulgátoru s nižší koncentrací na rozhraní. Typ homogenizátoru a vstupující kinetická energie mají na velikost částic také vliv, ovšem pouze do určité meze. Přebytná homogenizace může mít opačný efekt [39, 41].

Mezi další faktory ovlivňující velikost a distribuci částic patří mezifázové napětí. Nižší mezifázové napětí má za následek menší kapky. Vyšší viskozita má za následek větší kapky, protože snižuje frekvenci jejich tvorby a usnadňuje koalescenci. Pro stabilitu je také důležitý stejný náboj částic a správná volba se správným dávkováním emulgátoru. Obecně platí, že vyšší teploty vedou ke vzniku menších kapek v důsledku snížení viskozity a mezifázového napětí. Teplota musí být vyšší než teplota tání lipidů, krystalizovaný tuk se může shlukovat, jak bylo výše popsáno [35, 37]. Na druhou stranu krystalizovaný tuk brání slévání kapiček, pro ganáž se smetanou je doporučena teplota přípravy do 23 °C nebo mezi 32 °C a 50 °C [36]. Teplotu je třeba také pohlídat tak, aby při ní byl emulgátor stále účinný, nedocházelo

k denaturaci proteinů, otevírání globulárních proteinů nebo mazovatění škrobů. Některými autory je prekystalisace ganáže doporučena pro lepší a jednotnější texturu [30, 36], pokud je volena tato technologie výroby, teplota nesmí překročit bod tání stabilní formy krystalů.

Pro přípravu vhodné emulze musí být funkční složky rozptýleny ve fázi, ve které jsou nejlépe rozpustné. Míchání je nutné, aby se zabránilo shlukování složek a aby se složky rovnoměrně rozdělily. Emulze, které prošly sekundární homogenizací, obvykle obsahují menší kapičky než ty, které prošly pouze jednou homogenizací [37]. Poměr tukové a vodné fáze také rozhoduje o stabilitě emulze, na obrázku 5 je vidět rozbitá emulze: ganáž s příliš velkým množstvím tuku.



*Obrázek 5: Správně formulovaná emulze vlevo, rozbitá emulze kvůli přílišnému obsahu tuku vpravo, převzato z [42, 43]*

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Cílem práce je zkoumání a optimalizace faktorů ovlivňující vlastnosti ganáží a pralinek jako hotového výrobku. S následnou diskusí vzájemných souvislostí mezi změnami technologického postupu výroby a změn receptury na fyzikální a chemické vlastnosti a dále ve vztahu s přijatelností produktu a jeho mikrobiální údržností.

Bylo připraveno devět různých vzorků náplní, ze kterých byly dále vyrobeny hotové produkty. Ty byly zkoumány jedenácti metodami tak, aby byly nalezeny zmíněné souvislosti. Experimenty byly designovány tak, aby potvrdily, vyvrátily nebo ukázaly směr v oblasti následujících hypotéz a dílčích cílů:

- Jaká je vhodná míra emulzifikace? Budou se vlastnosti emulze zlepšovat s větší mírou emulzifikace, nebo existuje hranice, za kterou nemá význam s emulzifikací pokračovat?
- Jaký vliv má emulzifikace za sníženého tlaku?
- Je možné zlepšit kvalitu připravené emulze postupným přidavkem surovin? Nahradit tak delší emulzifikaci a ušetřit energii.
- Jaký vliv na vlastnosti náplně má mléčná bílkovina? Lze připravit stabilní náplň bez mléčného komponentu a uspokojit tak požadavek na veganský produkt?
- Má emulgátor schopnost zmenšit míru emulzifikace a potenciálně ušetřit výrobní zdroje? Má emulgátor schopnost vytvořit emulzi, která bude mikrobiálně údržnější kvůli horšímu přístupu mikroorganismů k vodné části emulze?
- Může hydrokoloid navázat vodu v emulzi a tím prodloužit její údržnost a zároveň zachovat požadované vlastnosti výrobku?

## 6 VZORKY A METODIKA EXPERIMENTŮ

V následujících kapitolách bude popsána metodika jednotlivých měření a experimentů, použité suroviny a přístroje. Běžné laboratorní a kuchyňské nádobí a pomůcky nejsou jmenovány.

### 6.1 Příprava vzorků

#### Použité přístroje a pomůcky

Mixér Thermomix TM 6 (Vorwerk SE & Co. KG, Germany), mixér Stephan UMC5 (ProXES), formy polokoule průměru 3 cm silikonová (Silikomart) a polykarbonátové (ChocolateWorldBE).

#### Použité suroviny

Čokoláda N 811, 53,1 % kaka (Callebaut), malinové pyré hluboce zmrazené (Metro Chef), máslo 82 % (Milko), ghí (Poctivé ghí z Vysočiny), cukr krystal (ARO), sorbitol (PCB Creation), D-(+)-glukóza (Sigma-Aldrich) v textu dále jen jako glukóza, D-(-)-fruktóza (Sigma-Aldrich) v textu dále jen jako fruktóza, E471 (J. K. FOOD s.r.o.) v textu dále jen jako emulgátor, guma guar (Sigma-Aldrich), sušené mléko 26 % (Bohemilk).

#### 6.1.1 Charakteristika a receptura vzorků

Referenčním vzorkem je ganáž pojmenovaná „základní“. Základní vzorek byl připraven dle postupu v kapitole 6.1.2. Příprava vzorků na základě receptury z tabulky 2 v množství 301 g. Další vzorky jsou od ní odlišné vždy jednou změnou, buď v receptuře, nebo v technologickém postupu přípravy, viz tabulka 1. Receptura byla vyvinuta na základě analýzy receptur a zkušeností autora s důrazem na výrazné zastoupení ovocné složky.

Tabulka 1: Popis vzorků a jejich názvosloví

Zkratka	Vzorek	Postup	Receptura
Z	Základní	homogenizace 3 min	základní
1min	1 minuta	homogenizace 1 min	základní
6min	6 minut	homogenizace 6 min	základní
V	Vakuum	homogenizace za podtlaku	základní
80-20	80-20	postupný přídavek 80 %, pak 20 %	základní
B+	Bílkovina+	základní	přídavek sušeného mléka
B-	Bílkovina-	základní	máslo nahrazeno ghí a vodou
Guar (G)	Guma guar	základní	přídavek gumy guar
Emul (E)	Emulgátor	základní	přídavek MAG, DAG

Jednotlivé složky vzorku nazvaného základní jsou v tabulce 2. Údaje jsou teoretické a byly vypočítány na základě nutričních tabulek na obalech jednotlivých surovin, dle tabulek [44] a na základě předpokladu, že suché ingredience mají také obsah vody 0,02 % [44]. Obsah vody v pyré byl vypočten jako úbytek celkového množství tuků, sacharidů a bílkovin od celku, dle nutriční tabulky. Energetická hodnota základní ganáže byla vypočtena na 1 560 kJ nebo 371 kcal na 100 g. Pokud vezmeme do úvahy kapitolu týkající se trendů a zdravého mlsání, jsou toto pěkné výsledky: oproti tradiční receptuře jsme snížili energetickou hodnotu o 42 % a to při porovnání se stejnou recepturou, kde je ovocné pyré nahrazeno ghí.

Tabulka 2: Receptura ganáže základní a teoretické zastoupení jednotlivých složek v receptuře

Surovina	(%)
suma	100,00
pyré	32,23
cukr	4,87
glukóza	2,47
fruktóza	2,47
sorbitol	2,47
čokoláda 53,1 %	50,70
máslo 82 %	4,78

Složka	(%)
tuky	22,48
kakaové máslo	18,56
mléčný tuk	3,92
SAFA	13,59
sacharidy	36,70
cukry	32,84
bílkoviny	2,97
mléčné bílkoviny	0,03
ostatní bílkoviny	2,94
sůl	0,01
voda	31,81

### Vzorky s odlišnou recepturou

Bílkovina+ a bílkovina- jsou vzorky u kterých byla změněna receptura tak, aby se složka mléčných bílkovin zvýšila, resp. snížila. Při porovnání se základní ganáží má bílkovina+ navíc sušené plnotučné mléko, které navýšilo mléčné bílkoviny v receptuře o 0,21 % hm. a mléčný tuk o 0,21 % hm. Při porovnání se základní ganáží má bílkovina- nahrazeno máslo kombinací vody a ghí tak, aby receptura neobsahovala mléčnou bílkovinu a zároveň byl zachován poměr složek. Výrobce ghí udává obsah máselného tuku 99,9 g na 100 g a bílkovin < 0,1 g na 100 g.

Gumy guar (E412) bylo přidáno na jedno hmotnostní procento. Důvodem bylo zjistit vliv hydrokoloidu vázajícího vodu na strukturu ganáže a její údržnost. Jako emulgátor byla zvolena směs mono a diglyceridů mastných kyselin (E471) v množství odpovídající 5,5 % hm. na zastoupené tuky v receptuře.

### 6.1.2 Příprava vzorků

#### Výroba ganáží

Základní ganáž byla připravena následujícím způsobem. Cukr, glukóza, fruktóza a sorbitol byly přidány do malinového pyré, kde byly rozpuštěny. Pyré bylo přerušovaně mícháno a ohříváno v mikrovlnné troubě do teploty 40 °C. Máslo a čokoláda byly stejným způsobem dohromady ohřáty také na 40 °C. Pyré s rozpuštěnými cukry bylo do mixéru přidáno při teplotě 30 °C, poté čokoláda s máslem při 35 °C. K emulzifikaci došlo mixováním při 1100 RPM po dobu 3 minut v Thermomixu (4. stupeň rychlosti). Ganáže se změnou receptury byly připraveny obdobným způsobem se změnami popsány v kapitole 6.1.1 Charakteristika a receptura vzorků.

Pro vzorek 80-20 proběhla emulzifikace 1,5 minuty s 80 % hm. vodné složky, poté bylo přidáno zbývající 20 % a emulgováno zbývající 1,5 minuty. Postup pro 80-20 byl zvolen na základě [45]. Pro vzorek vakuum byl použit mixér Stephan s dvojitým pláštěm mixovací nádoby naplněné vodou laboratorní teploty, která emulzi chladila. Před emulzifikací byl vývěvou vytvořen podtlak, nastaveno bylo stejné RPM (odpovídalo 67 % výkonu mixéru). Ganáž byla dávkována do silikonové formy pro vzorky pro texturometr a zbývající ganáž

byla uzavřena do plastového kelímku a přikryta potravinářskou fólií. Skladování bylo při 4 °C.

Na konci emulzifikace byla výsledná průměrná teplota ganáže 30,6 °C, kromě dvou výjimek: vakuum 24,6 °C a guar 34,0 °C.

### **Výroba pralinek**

Prekrystalizovaná čokoláda byla nalita do polykarbonátové formy, kde byla vystavena vibracím po dobu 30 s, poté dalším vibracím 20 s v převrácené poloze. Takto vytvořené skořápky (dutinky) krystalizovaly 2 min při laboratorní teplotě a následně 10 min při 4 °C. Ganáže základní, B+, B-, emul a guar byly ohřáty na 35 °C v mikrovlnné troubě. Poté dávkovány do skořápek při 31 °C a přikryty potravinářskou fólií a uloženy do 4 °C. Po 3 hodinách byly pralinky „zavíčkovány“ překrystalizovanou čokoládou. Celá forma byla obalena potravinářskou fólií a skladována při 4 °C.

Takto bylo připraveno 15 kusů pralinek od pěti různých vzorků ganáže. Vážením 75 pralinek byla stanovena průměrná hmotnost pralinky 8 g, průměrná hmotnost náplně 4,85 g a průměrná hmotnost čokolády v pralině 3,15 g. Náplň průměrně tvoří 60,6 % hm. pralinky.

## **6.2 Reologie**

Pro měření na reometru Kinexus Pro (Malvern Panalytical Ltd., UK) byla využita geometrie deska-deska: spodní deska lower plate 60 mm, horní deska PU40 SR5347 SS, gap (měřicí mezera) činila 2 mm. Po několika testovacích měření (LVR) bylo vybráno měření s využitím deformace 0,1 % a oscilační frekvence v rozsahu 0,1-50 Hz při teplotě 31 °C. Výsledky jsou prezentovány jako elastický modul  $G'$  a viskózní modul  $G''$  a  $\tan \delta$ .

Viskozimetrické stanovení bylo realizováno za stejných podmínek v rozsahu smykové rychlostí 0,1 až 100 s<sup>-1</sup> za účelem vyhodnocení parametrů toku. Pro vyhodnocování byl využit rSpace software (Malvern Panalytical Ltd., UK).



### 6.3 Textura

Měření byla provedena na TA.XT plus texturním analyzáru (Stable Micro Systems) pomocí nerezové sondy tvaru válce o průměru 5 mm (sonda SMS P/5). Během testu dvojité penetrace byla nastavena rychlost vpichu 0,5 mm/s a hloubka 2 mm (při hlubším vpichu docházelo k nabrání vzorku před druhým stlačením). Vzorky ganáže byly ihned po přípravě vylity do silikonové formy tvaru polokoule s průměrem 3 cm (Silikomart). Pro usnadnění vyjmutí měkkého vzorku byly vzorky zmrazeny při -20 °C den před konáním experimentu. Po vyjmutí byly uskladněny při 4 °C a před měřením temperovány na povrchovou teplotu 15 °C pro optimální penetraci vzorku v souvislosti s body tání triacylglycerolů [46]. Měření bylo provedeno vždy alespoň dvakrát na dvojici od každého vzorku. Pro ganáže byly vybrány nejvhodnější ukazatele [41, 47]: tuhost jako maximum prvního píku, pružnost jako poměr délky druhé dekomprese a délky první dekomprese, soudržnost (kohezivita) jako poměr plochy druhé dekomprese a plochy první dekomprese a adhézní práce jako plocha záporného píku.

### 6.4 Diferenční skenovací kalorimetrie

Profil tání triacylglycerolů ve vzorcích ganáží byl měřen na diferenčním skenovacím kalorimetru (DSC) DSC 250 (TA Instruments, USA). Do hermeticky uzavřené hliníkové pánvičky (Tzero aluminium hermetic) bylo naváženo  $13 \pm 0,5$  mg vzorku. Jako reference byla použita prázdná uzavřená pánvička. Provozním plynem byl dusík s rychlostí toku 50 ml/min. Procedura začala ustálením teploty na 0 °C s následnou teplotní rampou 10 až 50 °C o rychlosti 10 °C/min. Každý vzorek byl měřen třikrát. Výsledky byly zpracovány v programu TRIOS (TA instruments, USA). Výsledky byly prezentovány jako pík teploty tání  $T_o$ ,  $T_p$  a normalizovaná  $\Delta H$  (J/g) tání.

### 6.5 Vodní aktivita

Vodní aktivita (water activity,  $A_w$ ) byla měřena vždy dvakrát pomocí  $A_w$  metru 4TE (Aqua Lab). Vzorek byl rovnoměrně rozetřen do plastové petriho misky a umístěn do přístroje. Ustálená teplota před počátkem stanovení byla  $20,05 \pm 0,05$  °C.

## 6.6 Stanovení obsahu vody

Protože pro čokoládové bonbony nebo ganáže není daný postup pro stanovení sušiny nebo vody, zkouška byla provedena dle ČSN 57 0185 – Zkoušení masa, masných výrobků a masných konzerv [48]. Se změnami byla použita referenční metoda stanovení obsahu vody (sušiny). Skleněné petriho misky společně se skleněnou tyčinkou byly sušeny při 102 °C po dobu 30 min. Po vychladnutí a zvážení na analytických vahách bylo do misek naváženo a rozetřeno po 5 g vzorku. Misky byly v sušárně zahřívány dokud se výsledek dvou následných vážení oddělených 1 hodinou sušení nelišil o více než 0,1 % navážky vzorku. Proces sušení celkově trval 5 hodin. Po vychlazení vzorků na laboratorní teplotu byly zváženy na analytických vahách. Procentuální obsah vody  $w$ :

$$w = 100 \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0},$$

kde  $m_1$  je hmotnost misky s navážkou vzorku před sušením,  $m_2$  je hmotnost misky s navážkou vzorku po sušení,  $m_0$  je hmotnost misky před sušením.

## 6.7 Stabilita emulze

30 g vzorku bylo naváženo do vialky pro centrifugu a stěny byly očištěny. Vzorek byl temperován 25 min při 50 °C ve vodní lázni. Poté důkladně osušen a ihned centrifugován 10 min při 2000 RPM v centrifuze (EBA 21, Andreas Hettich, Německo) [29]. Svrchní supernatant, oddělená kapalná tuková fáze, byl opatrně odstraněn pomocí mikropipety a se špičkou mikropipety zvážen na analytických vahách.

Stabilita emulze byla vypočtena následovně [45, 49–51]:

$$\text{stabilita emulze (\%)} = 100 \frac{\text{hmotnost bez supernatantu}}{\text{hmotnost}},$$

a oddělený tuk jako:

$$\text{oddělený tuk (\%)} = 1000 \frac{\text{hmotnost supernatantu}}{\text{hmotnost}}.$$

## 6.8 Mikroskopie

Do reakční zkumavky bylo naváženo 0,5 g vzorku ganáže a přidáno desetinasobné množství deionizované vody, ředění voleno dle [29, 30]. Vzorek byl poté homogenizován na vortexu (Vortex mixer PV1) na poloviční výkon po dobu 1 minuty se skleněnou tyčinkou. Poté byl vzorek manuálně promíchán a rozetřen a další minutu homogenizován. Na podložní sklíčko byla nanесena jedna kapka směsi a přikryta krycím sklíčkem. Optickým mikroskopem (SM52) byly pořízeny snímky při 40x, 100x a 400x celkovém zvětšení.

## 6.9 Měření pH

Vpichovým pH metrem HI 99161 (Foodcare) bylo měřeno pH každého vzorku ganáže třikrát při laboratorní teplotě vzorku.

## 6.10 Senzorická analýza

Vzorky ganáží a pralinek základní, bílkovina+, bílkovina-, guar a emulgátor byly testovány na tuhost a preferenci. Za standardizovaných podmínek v laboratoři senzorické analýzy absolvovalo celkem 12 vybraných posuzovatelů tři testy, kde hodnotili vždy 5 vzorků. Posuzovatelé byli ve věkovém rozmezí 24 až 60 let, zastoupeno bylo 7 žen a 5 mužů, z toho byli dva kuřáci. Analýza proběhla v 11 hodin dopoledne. Posuzovatelé měli k dispozici vodu a bílé pečivo jako neutralizátory.

První byla pořadová zkouška pro tuhost ganáže. Na bílém talíři bylo předloženo 5 vzorků ganáže, po osmi gramech, okódovaných A až F, společně se lžičkou. Se stejnými vzorky hodnotitelé provedli druhou zkoušku: pořadovou zkoušku preference ganáží. Poslední byla pořadová zkouška preference pralinek. Pět pralinek bylo položeno na bílém talíři s jiným kódováním.

Rozdílnost vzorků byla vyhodnocena Friedmanovým testem a následně určeny rozdíly v párovém porovnání pomocí Nemenyiho metody, obojí na 95% hladině významnosti.

## 6.11 Mikrobiologie

Pro zajištění bezpečnosti vyrobené potraviny byly provedeny mikrobiologické testy. Závazná mikrobiologická kritéria daná nařízením komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny, byla rozšířena o mikrobiologická kritéria dle ČSN 55 9609: mikrobiologická kritéria pro potraviny, principy stanovení a aplikace. U vzorků byl testován celkový počet mikroorganismů (CPM), *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* Sp. a plísně dle ČSN 569609-1: čokoláda, čokoládové cukrovinky, speciality a polevy. Naše výrobky obsahovaly i mražené ovocné pyré a vzorek B+ sušené mléko. Dle stejné normy byly navíc stanoveny a vyhodnoceny koliformní bakterie a koagulázapozitivní stafylokoky (pouze u B+).

Vzorky představovaly celistvé čokoládové pralinky plněné ganážemi základní, B+, B-, emulgátor a guar. Vzorky byly testovány 1, 4 a 8 týdnů od výroby. Vzorky byly od výroby skladovány při 4 °C. Po prvním testování, po jednom týdnu, byla část vzorků skladována při kontrolované teplotě 20 °C. Tzn. pro 4. a 8. týden máme dva výsledky. V době odevzdání této práce ještě nedošlo k testování po 8 týdnech. Dále byla testována čokoláda jako vstupní surovina náplně i celé pralinky.

Stanovení CPM: dle ČSN EN ISO 4833-2

Ze základního ředění bylo pipetováno 0,1 ml vzorku na misku s PCA (plate count agar) agarem a byl proveden roztěr. Naočkované misky byly inkubovány při 30 °C po dobu 72 h.

Stanovení *Enterobacteriaceae*: dle ČSN EN ISO 21528-1

Po předpomnožení základního ředění při teplotě 37 °C po dobu 18 hodin bylo ze základního ředění pipetováno 0,01 ml vzorku na misku s VRBG agarem a byl proveden roztěr. Naočkované misky byly inkubovány při 37 °C po dobu 24 h.

Stanovení *Salmonella* sp.: dle ČSN EN ISO 6579-1

Nejdříve proběhlo neselektivní pomnožení, tedy základní ředění vzorků bylo inkubováno při 37 °C po dobu 18 hodin, poté proběhlo selektivní pomnožení, kdy se 0,1 ml základního ředění přidalo do 10 ml RVS bujónu a nechalo se inkubovat při 41,5 °C po dobu 24 h. Posléze došlo k vyočkování roztěrem 0,01 ml na XLD a ENDO agar. Naočkované misky byly inkubovány při 37 °C po dobu 24 h.

Stanovení plísní: dle ČSN EN ISO 21527-2

Ze základního ředění bylo pipetováno 0,1 ml vzorku na misku s DRBC agarem a byl proveden roztěr. Naočkované misky byly inkubovány při 25 °C po dobu 5 dní.

Stanovení koliformů: dle ČSN ISO 4832

Ze základního ředění byl pipetován 1,0 ml vzorku na misku a toto množství bylo přelito VRBG agarem. Naočkované misky byly inkubovány při 37 °C po dobu 24 h.

Stanovení koagulázapozitivních stafylokoků: dle ČSN EN ISO 6888-1

Ve vzorku B+ a ve vzorku čokolády byly stanoveny koagulázapozitivní stafylokoky. Ze základního ředění bylo pipetováno 0,1 ml vzorku na misku s BP agarem a byl proveden roztěr. Naočkované misky byly inkubovány při 37 °C po dobu 24 h.

## 6.12 Statistika

Pro výsledky byla navrhována nulová hypotéza o shodě středních hodnot, která byla ověřena analýzou rozptylu ANOVA a posléze podrobena vícevýběrovému testu Tukey-HSD pro výsledky DSC. Pro TPA byla provedena analýza hlavních komponent (principal component analysis, PCA). Pro senzoričnou analýzu Rozdílnost byl použit Friedmanův test a Nemenyiho metoda. Všechny statistické testy byly provedeny na 95 % hladině významnosti.

## 7 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 7.1 Typ emulze

V teoretické části bylo pojednáno o tom, že se různí názory nebo výsledky toho, jaký typ emulze ganáž je. Pro vyhodnocení a interpretaci našich měření je nezbytné typ emulze znát. Byl proveden jednoduchý experiment. Pokud je ganáž emulze typu O/V, tak se snadno smísí s vodou, protože voda je a zároveň zůstane disperzním prostředím. Platnost byla ověřena, viz obrázek 6.



Obrázek 6: Ganáž před a po promíchání, mísení s vodou dokazuje emulzi typu olej ve vodě

### 7.2 Reologie

Reologická měření jsou klíčová pro pochopení vlastností čokolády i emulzí, zejména těch obsahující čokoládu a další složky. Čokoláda je sama o sobě komplexní směsí a do emulze vnáší pevné i kapalné součásti, tuk, netukové součásti a cukr. Vyhovující tokové a deformační vlastnosti jsou nezbytné pro optimalizaci výroby a kvality produktu [52].

#### 7.2.1 Tokové vlastnosti

Výsledky tokových vlastností jsou na obrázku 7A a 7B. Ze závislosti dynamické viskozity na smykové rychlosti můžeme pozorovat, že ganáže jsou pseudoplastické kapaliny, kdy se zvětšující se smykovou rychlostí se ztekucují [54, 56].

Můžeme říci, že ganáž se chová jako pevné těleso pod malým smykovým napětím a teče jako kapalina až od určitého napětí, po překonání meze toku. Ganáže Závěry jsou v souladu s Kim. a spol., kteří připravovali ganáž pro 3D tisk [29].

Prodloužená doba emulzifikace (6 min), ani přídavek emulgátoru (E) nemá vliv na průběh smykového napětí ganáží, vysvětlení výše. U ganáže připravené za nižší teploty (V) došlo ke skokovému poklesu smykového napětí, viz obrázek 7C. Takto se chová emulze, když se její dříve flokulované součásti rozdělují vlivem namáhání [56], to je v souladu s výsledky dalších měření vzorku T.

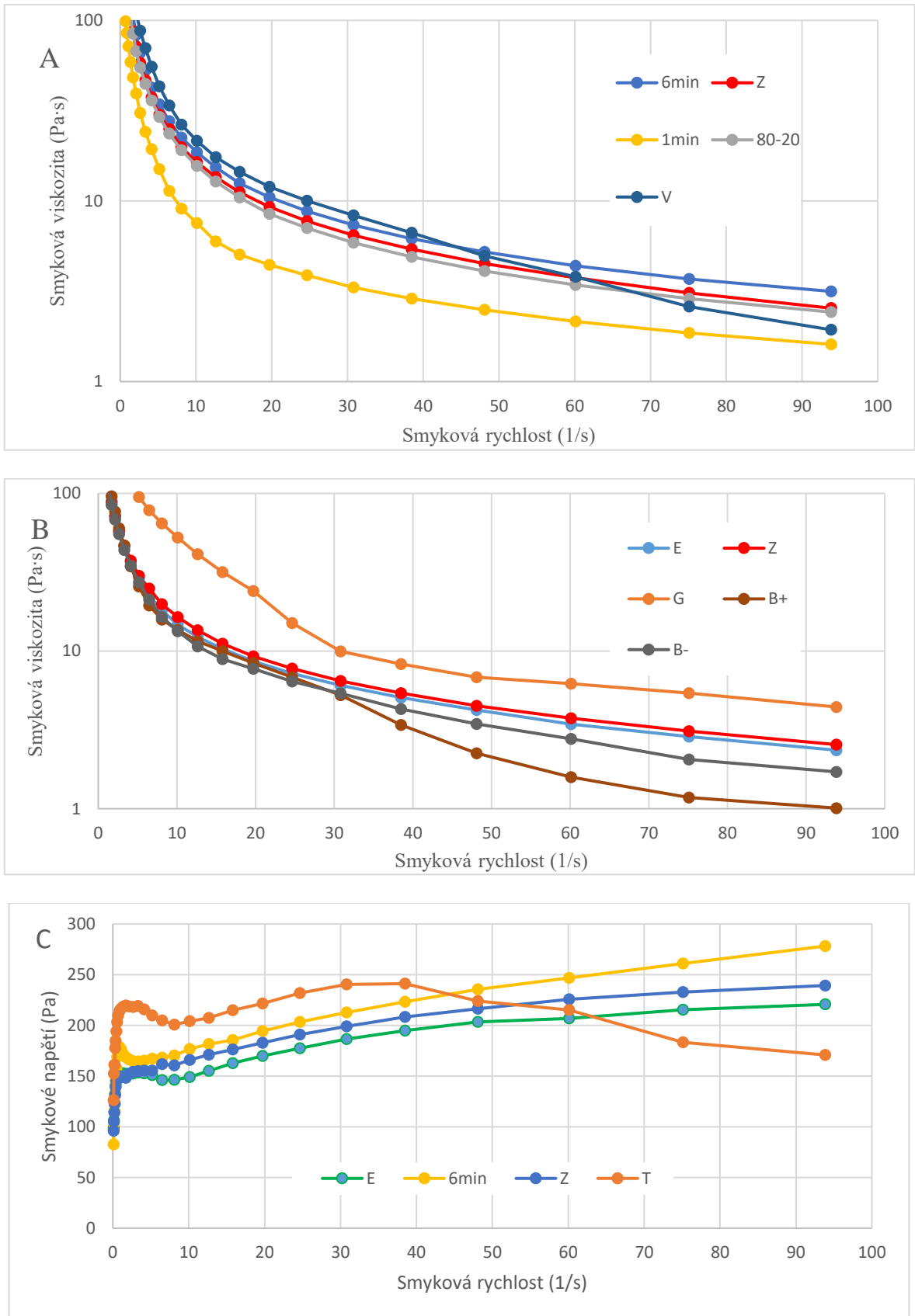
Obrázek zobrazuje vztah dynamické viskozity ve smyku  $\mu$  na rostoucí smykové rychlosti. Začneme shrnutím:

**Dynamická viskozita  $\mu$ : G >> ostatní vzorky a B+ do 30 s<sup>-1</sup> >> 1min a B+ od 30 s<sup>-1</sup>.**

Délka emulzifikace zvyšuje smykovou viskozitu, rozdíl mezi Z a 6min není tak zřejmý, ale nedostatečně emulzifikovaná ganáž už má hodnotu poloviční: při smykové rychlosti 19,72 s<sup>-1</sup>  $\mu$  1min = 4,4 Pa·s,  $\mu$  Z = 8 Pa·s,  $\mu$  6min = 10,5 Pa·s a  $\mu$  G = 24 Pa·s. Trojnásobná viskozita guar se projevila také během výroby: vnitřním třením se ganáž zahřála. Na konci emulzifikace byla výsledná průměrná teplota ganáží 30,6 °C ale u guar 34,0 °C.

Výše zmíněná pevná vnitřní struktura nebo i jinými měřeními stanovená nestabilita ganáže guar se projevuje extrémně vysokou viskozitou při malém namáhání a jejím poklesem až k velikosti namáhání, kdy se emulze rozpadá, viz obrázek 7B.

Z obrázků 7A a 7B je také vidět výše komentovaná skoková změna v chování emulze, zde nastává kolem 30 s<sup>-1</sup>: vakuum začne rychleji klesat smyková viskozita a protíná křivku základní. Stejně, ale mnohem intenzivnější, je toto chování u vzorku B+, viz obrázek 7B.



Obrázek 7: A) dynamická viskozita na smykové rychlosti různých příprav ganáží (A) a různých receptur (B), smykové napětí na smykové rychlosti vybraných ganáží (C)



### 7.2.2 Viskoelastické vlastnosti

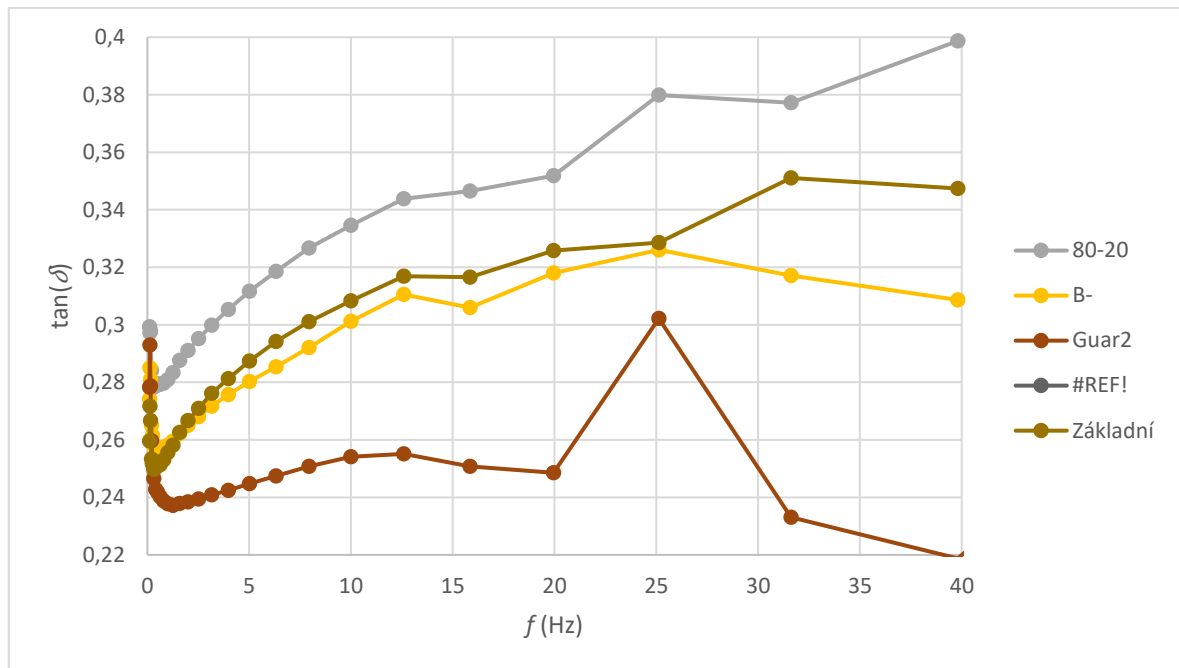
Na obrázku 9 jsou uvedeny závislosti mechanických modulů  $G'$  (elastický) a  $G''$  (viskózní) na frekvenci za konstantní deformace 0,1 % při teplotě 31 °C, která odpovídá teplotě použití náplně v průmyslu. Oblast lineární viskoelastivity (LVR) byla zjištěna z měření  $G'$  na deformaci (strain sweep), kdy je  $G'$  vykazuje konstantní hodnoty. Při hodnotách vyšších než 0,1 % by mohlo dojít ke změně struktury ganache, při nižších hodnotách ke generování nedostatečného signálu oscilace [53].

Pro naše vzorky byla nalezena hodnota deformace 0,1 % a měření bylo realizováno v rozmezí frekvencí (frequency sweep) 0,1-20 Hz.

Se vzrůstající frekvencí oba moduly vzrůstají a  $G'$  nabývá vyšších hodnot než  $G''$ , tzn.  $\tan \delta = G''/G'$  je vždy menší než jedna a jedná se o viskoelastický materiál. Tangens fázového úhlu  $\delta$  v závislosti na frekvenci oscilace je na obrázku 8. To znamená, že emulze (ganáže) při aplikovaném napětí mají tendenci energii uchovávat, tzn. že při deformaci se vrátí částečně do původního tvaru. Takové chování je vhodné pro náplně, nebo například čokoládové polevy [54, 55]. Podobné viskoelastické vlastnosti ganáží uvádí autoři [29–31].

Tangens fázového úhlu  $\delta$  v závislosti na frekvenci oscilace vybraných vzorků je na obrázku 8. LVR oblast většiny vzorků skončila dosažením oblasti 20-25 Hz, kde došlo ke skokovým změnám hodnot  $\tan(\delta)$ , důvodem může být změna mikrostruktury emulzí při dosažení této frekvence. U všech vzorků hodnota  $\tan(\delta)$  rostla spolu s rostoucí frekvencí a to i za hranic LVR, vyjma vzorků guar a B-, u kterých byl opačný trend a docházelo k jejich ztekucování, viz obrázek 8. Důvodem bude, že guar tvoří nestabilní emulzi (viz další měření) a v případě vzorku B- je to kvůli absence bílkoviny, které zřejmě mají stabilizační funkci.

Nejvyšší hodnoty  $\tan(\delta)$  vykazoval vzorek 80-20 a naopak nejnižší guar, viz obrázek 8. Tyto výsledky souvisí s přípravou a recepturním složením daných ganáží. Můžeme předpokládat, že přítomnost hydrokoloidu guarové gumy vázajícího vodu, ztužuje strukturu ganáže, což se projeví vyšší viskoelasticitou a nižší hodnotou fázového úhlu  $\tan(\delta)$ . U ganáží 80-20 a 1min lze předpokládat méně pevnou strukturu, která se projevila vyšší hodnotou  $\tan(\delta)$  a tedy více viskózním charakterem. V případě 80-20 je to jiným technologickým postupem, který se projevil i ve výrazně nižší tuhosti, viz PCA.



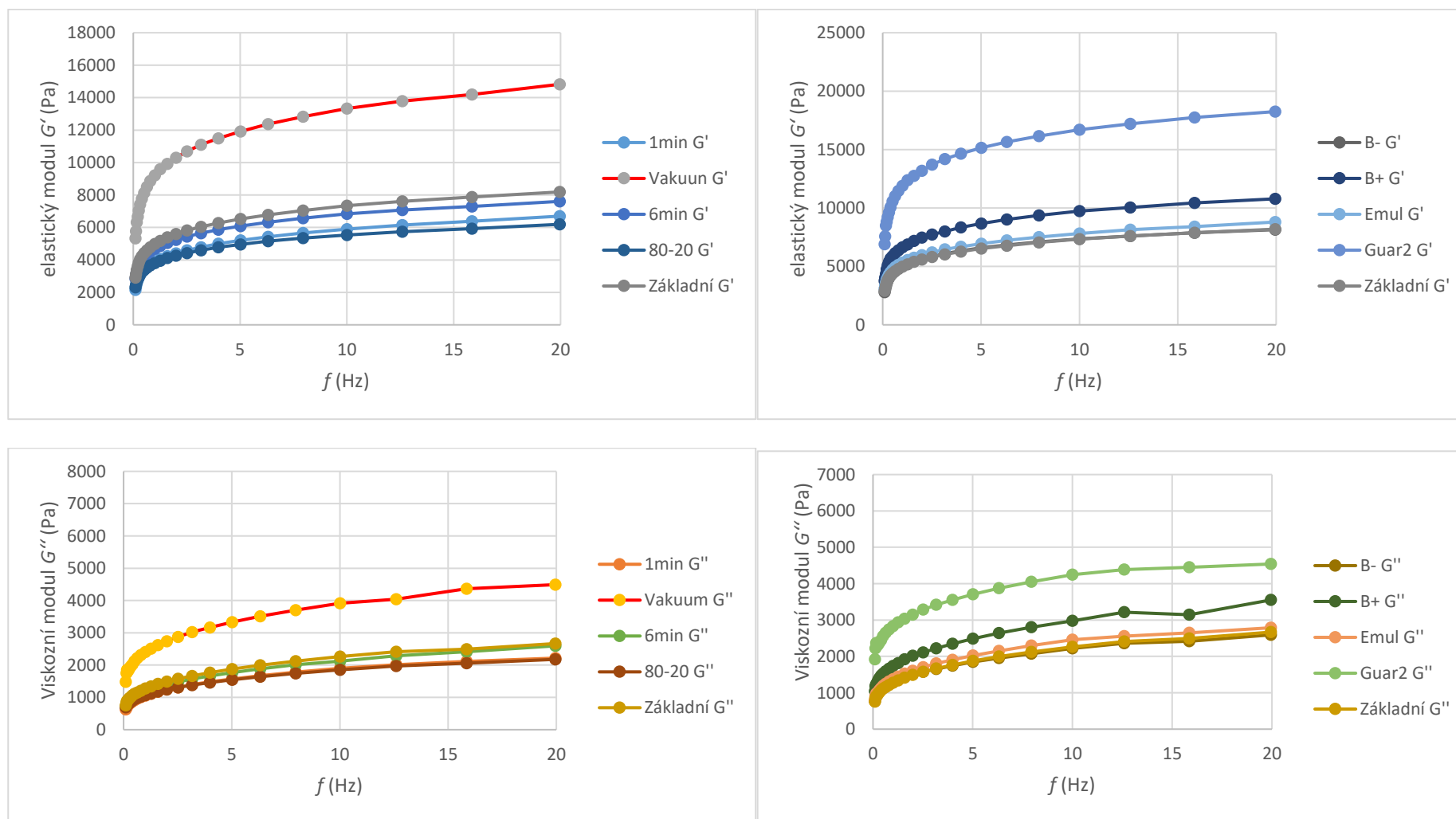
Obrázek 8: Tangens fázového úhlu  $\delta$  v závislosti na frekvenci oscilace

Elastický  $G'$  i plastický (viskózní) modul  $G''$  rostou s rostoucí frekvencí, emulze jsou tedy viskoelastické, viz obrázek 9. Z obrázku 8 je patrné, že hodnota je vždy menší než jedna. To znamená, že emulze jsou více elastické než viskózní (plastické). Pod napětím mají ganáže tendenci energii uchovat, také lépe zachovat tvar a odolat deformacím (vrátí se do původní polohy). Takové chování je vhodné pro náplně, nebo například čokoládové polevy [54, 55]. Stejně viskoelastické vlastnosti měly i ganáže ostatních výzkumníků [29–31].

Porovnání velikosti hodnot modulů emulzí můžeme shrnout následovně:

- plastický modulu  $G''$ : guar, vakuum > B+ > ostatní vzorky,
- elastický modulu  $G'$ : guar > vakuum > B+ > ostatní vzorky.

Vyšší hodnoty modulů  $G'$ ,  $G''$  nutně znamenají i vyšší hodnotu komplexního modulu  $G^*$ , která odpovídá výraznější reakci na oscilaci [55]. To může znamenat vyšší viskozitu, tuhost nebo větší stabilitu a pevnější strukturu emulze. Pro nalezení konkrétní příčiny je nutné výsledky porovnat s dalšími měřeními. Guar má nejvyšší tuhost a nejmenší stabilitu, viz měření textury a stability emulze. Vzorek B+ má oproti ostatním (kromě guar) vyšší tuhost viz textura. Odlišnost vakuum bude spočívat v mikrostruktuře, která byla pravděpodobně vytvořena homogenizací za podmínek vakua při nižší teplotě.



Obrázek 9: Závislost  $G'$  a  $G''$  na frekvenci při deformaci 0,1 % a teplotě 31 °C, pro různé technologické postupy vlevo a pro různé receptury vpravo

Vyjma vzorku vakuum vykazovaly ostatní vzorky ganáží se stejnou recepturou podobné viskoelastické chování, viz obrázek 9A. Vyšší míra viskoelastivity vzorku vakuum může být způsobena vyšším obsahem vody, která může mít plastizační účinek, viz další měření. Z hlediska viskoelastivity není podstatný rozdíl mezi vzorkem základní (3 min mixování) a vzorkem 6min. Pro výrobce to znamená, že 3 min mixování jsou dostatečné pro tvorbu kvalitní emulze a to představuje značnou úsporu energie a nákladů pro výrobce. Pokud se vrátíme ke vzorku s kratším mixováním (1min), měl znatelně vyšší hodnoty  $\tan(\delta)$  oproti ostatním vzorkům (ale ne tak jako 80-20).

Porovnání výsledků  $A_w$  a relogie nám ukazuje, že vzorek vakuum vykazuje nejvyšší  $A_w$  (volné vody) a nejnižší hodnoty  $\tan(\delta)$ , tzn. vysokou míru viskoelastivity. Voda ve vzorku může sloužit jako plasticizátor struktury ganáže. Oproti tomu vzorek 80-20 vykazuje nízkou hodnotu  $A_w$  a nejvyšší hodnoty  $\tan(\delta)$ .

Vyjma vzorku guar a B+ vykazovaly ostatní vzorky ganáží, se stejnou technologií přípravy, podobné viskoelastické chování. Z hlediska viskoelastivity není podstatný rozdíl mezi vzorky základní (3 min) a ganáží s emulgátorem. Můžeme vyvodit, že přídavek směsi MAG a DAG jako emulgátoru významně neovlivňuje viskoelastické vlastnosti vzhledem k základní ganáži. Přikláníme se k vysvětlení, že přirozeně se vyskytující složky jako mléčné bílkoviny a kakao spolu s lecitinem, jsou dostatečné.

V jiných studiích týkajících se ganáže nebyl emulgátor použit [29–32]. Například Merachali a kol. prokázal stabilizující účinek kakaové vlákniny na emulzi [31]. Všechny vzorky obsahují emulgátor sójový lecitin z použité čokolády. Výrobce jeho obsah neudává, pokud ale budeme předpokládat jeho 0,5% hm. obsah v čokoládě [17], je jeho obsah 0,2535 % hm. v ganáži základní.

Přesto si autor dovoluje poukázat že při práci s ganáží emulgátor a jejím použitím na výrobu pralinek ganáž měla daleko lepší vlastnosti. Fakt, že se rozdíl neprojevil v reologii, ani jiných měření může směřovat další výzkum touto oblastí.

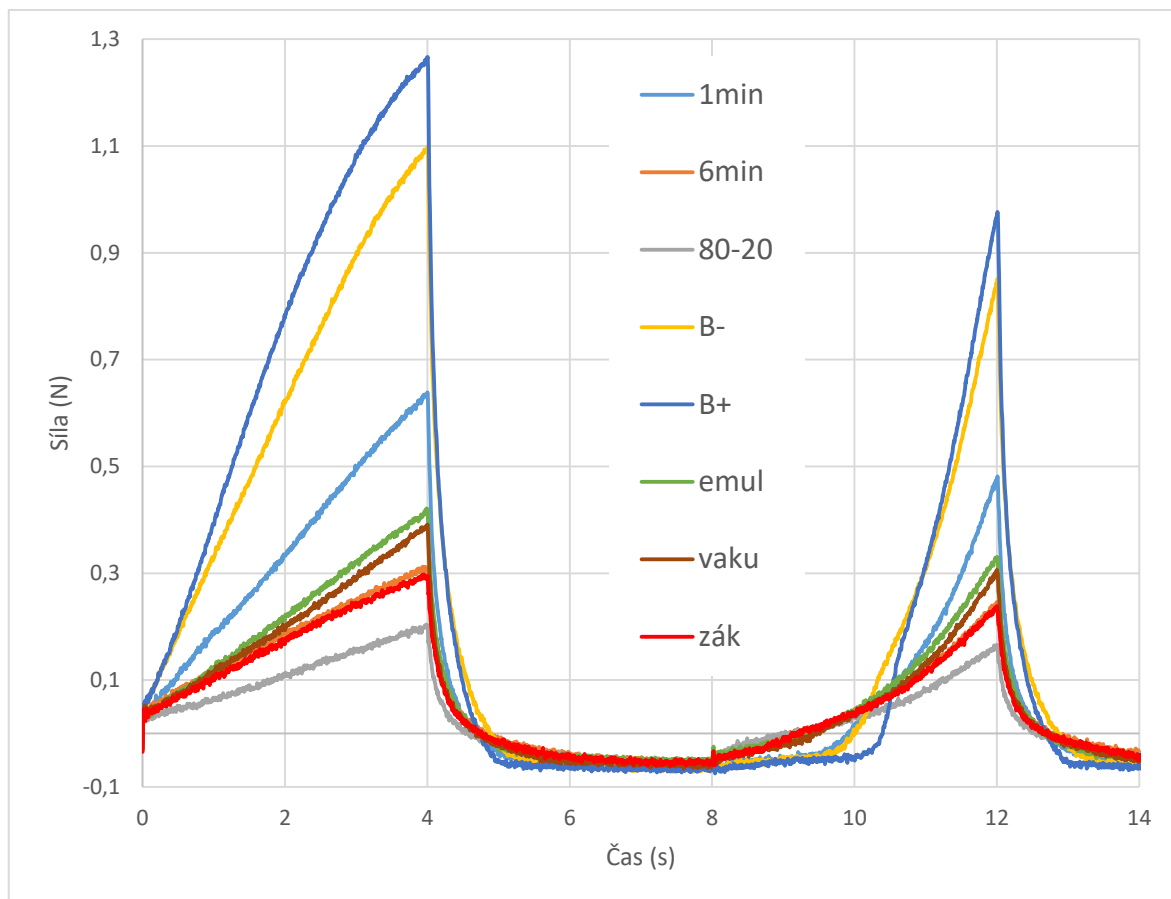
### 7.3 Textura

Textura je parametrem kvality jídla a má zásadní vliv na celkový sensorický dojem. Toto je podstatné i u čokoládových cukrovinek, kde textura ovlivňuje oblibu u spotřebitelů. Textura může významně ovlivňovat vnímanou sladkost, krémovitost nebo jemnost, a dokonce souvisí i s údržností produktu [57]. Znalost textury je proto klíčová pro vývoj kvalitních čokoládových ganáží a pralinek.

Pro objektivní zaznamenání textury vzorků byla zvolena analýza texturního profilu (texture profile analysis, TPA). Ta pracuje se vzorkem velikosti jednoho sousta a dvojitým stlačením simuluje žvýkání v ústech. Výhodou TPA je i snadná interpretace v souvislosti se sensorickou analýzou, která byla také provedena. Zdrojová data TPA jsou na obrázku 10, a jejich porovnání na obrázcích 11 a 12. Všechny výsledky jsou uvedené jako průměr měření.

#### **Tuhost**

Hned z výstupních dat a tvaru křivky síla vs čas, viz obrázek 10, jsou zřetelné významné rozdíly ve výšce píků resp. tvrdosti první a druhé penetrace. Nejvíce tvrdá je ganáž guar, tvrdost = 2,83 N, to je více než dvakrát větší tvrdost oproti ganáži s přídáním bílkovinou (B+), tvrdost = 1,27 N. Referenční vzorek, ganáž základní, má tvrdost pouze 0,3 N. Extrémní odlišnost ganáže guar je vidět také z analýzy hlavních komponent, viz obrázek 12, a projevuje se i u dalších výsledků měření.



Obrázek 10: Texturní analýza ganází, zdrojová data texturometru, vzorek guar není vykreslen neboť jeho píky jsou více než dvojnásobné oproti B+

### Pružnost

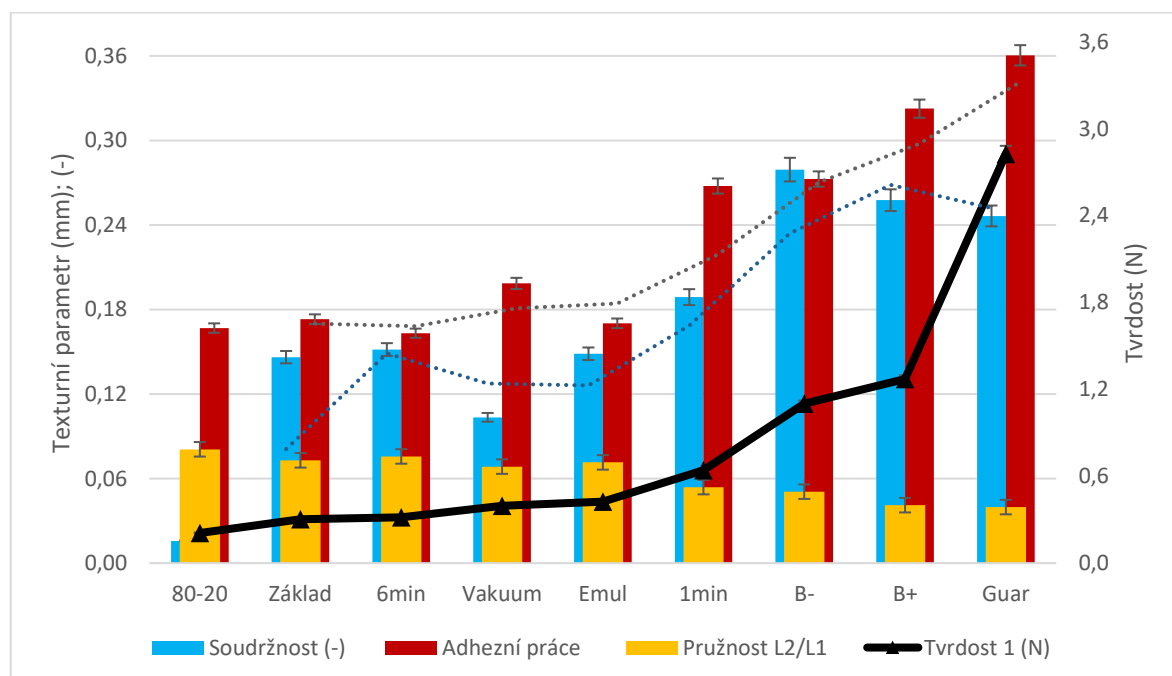
Přestože pružnost není očekávanou vlastností ganáže, může mít svůj význam. Při konzumaci pralinky ganáž klade odpor a před dalším skusem může mít tendenci vracet se do původního stavu, nebo se nalepit na zuby a tím vytvořit tento vjem. Hodnoty pružnosti se různí napříč vzorky, viz obrázek 11. Vidíme, že čtveřice vzorků 1min, B-, B+ a guar vykazuje nižší pružnost. S rostoucí tvrdostí vzorku pružnost klesá, viz obrázek 11. Vysvětlení nabízí Saez a kol [52], kde se na pružnost emulzí dívali jako na stlačitelnost: vzorek „s tělem“, který si zachovává strukturu, po stlačení setrvává v novém tvaru a nevrací se do původního.

### Soudružnost

Soudržnost (koheze) a adhezní práce jsou důležité texturní vlastnosti, které se v potravinářství běžně měří. Koheze popisuje tendenci potravinu držet vcelku, zatímco práce adheze je mírou energie potřebné k oddělení dvou povrchů, které jsou ve vzájemném kontaktu [47, 58]. Variabilita obou parametrů je napříč devíti vzorky nízká, oproti ostatním parametrům: průměrná hodnota adhezní práce =  $(0,24 \pm 0,07)$  N·s a průměrná hodnota soudržnosti =  $(0,18 \pm 0,09)$ .

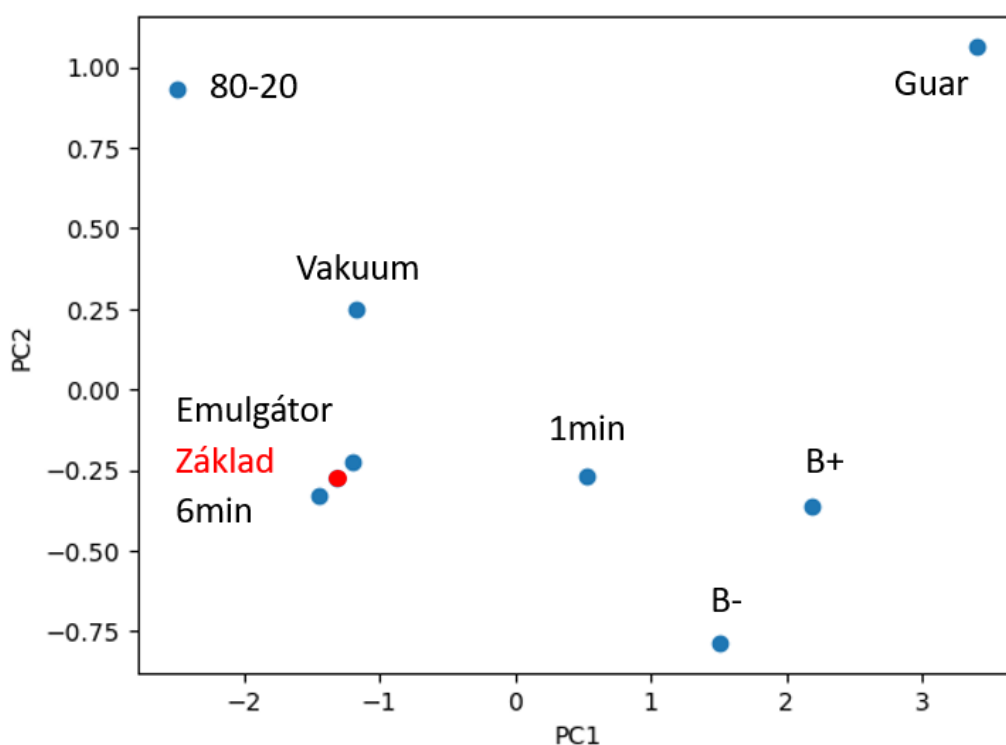
Variace koheze je ale velká: nejmenší hodnota je 0,01 pro ganáž 80-20 až po 0,28 pro B-. To je zejména odlišností ganáže 80-20, která má velmi nízkou hodnotu koheze (koheze 80-20 je 0,01; průměrná koheze bez 80-20 je 0,19). Oproti ostatním vzorkům, je minimální rozdíl mezi první a druhou kompresí ganáže 80-20. Tento vzorek je také nejměkčí. Velikost adhezní práce a pružnost jsou srovnatelné s ostatními vzorky. Tato metoda tedy vylepšila metodiku přípravy. Měkčí ganáže, které není nutno kousat, jsou kýžené vlastnosti produktu.

Identifikovat další korelace mezi texturními parametry je obtížné, neboť měření bylo provedeno vždy pro jednu změnu, namísto například provedení řady postupných změn, to ale charakter vzorků neumožňuje. Další statisticky významnou souvislostí je rostoucí práce adheze s rostoucí tvrdostí.



Obrázek 11: Texturní analýza ganáží, pružnost vynesena oproti stoupající tvrdosti na vedlejší ose

Pro ještě hlubší porozumění byla provedena analýza hlavních komponent (principal component analysis, PCA), výsledky TPA a dva nejvýraznější hlavní komponenty (principal component, PC) jsou na obrázku 12. První hlavní složka (PC1) představuje přes 88 % celkového rozptylu dat. PC1 pozitivně koreluje se všemi čtyřmi původními proměnnými: vysoce se soudržností a tvrdostí, a středně s prací adheze a pružností. PC2 vysvětluje necelých 9 % celkového rozptylu dat. Negativně koreluje s tuhostí a pozitivně koreluje se soudržností. PC3 (3 %) a PC4 (0,7 %) mají minoritní podíl a nejsou komentovány.



Obrázek 12: Analýza hlavních komponent texturních vlastností ganáží;  $\uparrow PC1 = \uparrow \uparrow$ soudržnost,  $\uparrow \uparrow$ tuhost,  $\uparrow$ pružnost,  $\uparrow$ práce adheze;  $\uparrow PC2 = \uparrow$ soudržnost a  $\downarrow$ tuhost.

Největší podobnost vzorků je mezi vzorky 6min, základní a emulgátor. Základní ganáž (3 min mixování) má téměř identické texturní vlastnosti jako ganáž 6min, viz obrázek 10. Z hlediska textury nemá význam delší než tři minutová emulzifikace. To je velmi příznivé zjištění. Zkrácením je v našem případě ušetřeno jednou tolik času i energie na výrobu ganáže. Naopak zkrácení emulzifikace o 300 % (vzorek 1min) znamenalo navýšení tvrdosti o 112 % na hodnotu 6,41 N. S tím i zvýšení soudržnosti a adhezní práce a pokles pružnosti. Mixování po dobu jedné minuty je tedy nedostatečné. Přídavek emulgátoru nemá významný vliv na



texturní vlastnosti ganáže. Následujícím směrem výzkumu by mohlo být, zdali emulgátor dokáže nahradit úbytek energie přijaté z kratšího mixování.

Od základní ganáže je nejvíce odlišný vzorek guar, zejména díky své tvrdosti. Dalším výsledkem analýzy hlavních komponent (obrázek 12) je, že přídavek (B+) nebo úbytek (B-) mléčných bílkovin do ganáže zásadně ovlivňuje vlastnosti ganáže od základní. Ale překvapivě tak velký rozdíl mezi samotnými dvěma vzorky není. Vynechání másla z receptury a tedy úbytek mléčných bílkovin se projevil zejména větší kohezí a pružností. Přidání sušeného mléka zvýšilo zejména práci adheze a tuhost. To i přesto že B+ obsahuje o 0,21 % mléčného tuku více než B-. Bílkoviny mají tedy dominantní vliv na charakter tohoto typu emulze.

Vzorek V má skóre práce adheze 0,199 a skóre pružnosti 0,667, zatímco vzorek E má skóre práce adheze 0,170 a skóre pružnosti 0,696. To naznačuje, že vzorek V může mít mírně vyšší lepivost a nižší elasticitu než vzorek E.

Největší rozdíl mezi PCA skóre vzorku základ a vakuum je v kohezí (0,146 a 0,103). Výsledkem statistické analýzy ANOVA je přijetí nulové hypotézy: „mezi vzorky není statisticky významný rozdíl na 5% hladině významnosti, “ P-hodnota = 0,7 < 0,05 a tak rozdíl nebyl statisticky významný.

Celkově data říkají, že existují rozdíly v texturních vlastnostech vzorků, přičemž některé vzorky jsou pevnější, soudržnější a méně elastické ve srovnání s jinými.

## 7.4 Diferenční skenovací kalorimetrie

Všechny výsledky diferenční skenovací kalorimetrie jako průměr měření se směrodatnou odchylkou jsou v tabulce 3. Výsledkem analýzy rozptylu ANOVA je, že existují významné rozdíly mezi vzorky pro všechna měření:  $p$ -hodnoty jsou 0,0016 pro náběh píku; 0,0041 pro teplotu píku; 0,0105 pro entalpii tání. Výsledky Tukey-HSD testu porovnání dvojic jsou v tabulce 4.

Tabulka 3: Výsledky měření DSC

Vzorek	Náběh píku (°C)	Teplota píku (°C)	Entalpie tání (J/g)
Bílkovina+	25,7 ± 0,2	29,6 ± 0,1	15,4 ± 0,8
6min	25,73 ± 0,03	29,4 ± 0,1	14,4 ± 0,2
1min	25,515 ± 0,005	29,44 ± 0,03	14,8 ± 0,2
Vakuum	25,7 ± 0,1	29,53 ± 0,03	15 ± 1
80-20	25,6 ± 0,1	29,7 ± 0,1	14,5 ± 0,1
Emulgátor	26,13 ± 0,01	30,1 ± 0,2	12,96 ± 0,04
Základní	26,0 ± 0,1	30,3 ± 0,1	14,5 ± 0,1
Bílkovina-	26,17 ± 0,01	30,37 ± 0,04	12,6 ± 0,3
Guar	26,4 ± 0,2	31,0 ± 0,5	12,6 ± 0,1
č_originál	-	32,19	37,9

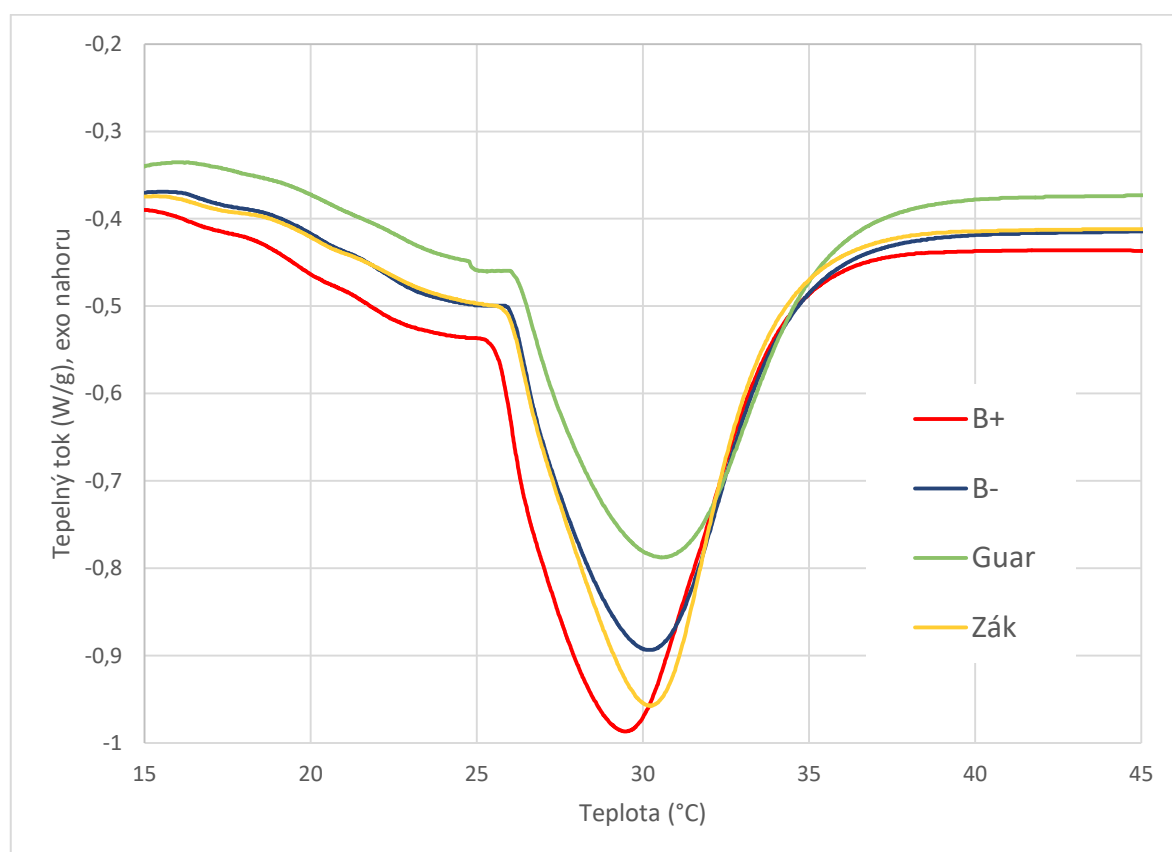
Tabulka 4: Výsledky Tukey-HSD testu, mezi těmito páry průměrů vzorků na 95% hladině spolehlivosti existuje významný rozdíl

Náběh píku	Teplota píku	Entalpie tání
B- vs B+	80-20 vs B+	B- vs B+
Základní vs B+	B- vs B+	Vaku vs B+
Emul vs B+	Vaku vs Základní	Guar vs B+
Guar vs B+	Guar vs všechny	
Guar vs 6min		

Posun teploty tání na DSC křivce k nižším teplotám je způsoben přítomností mléčného tuku (28-38 °C), který taje při nižších teplotách než kakaové máslo (32-36 °C) (v ganážích ve formě přidaného másla nebo smetany). Proto vzorky základní, 6min, B+, vakuum, 80-20 vykazují podobné hodnoty teploty tání a entalpie tání z důvodu „stejného“ množství ve vzorku. Výjimku tvoří vzorky emulgátor, B- a guar gum, kdy teplota tání je vyšší a  $\Delta H$  nižší.

U vzorku originální čokolády pozorujeme pouze tání kakaového másla při vyšší teplotě a vyšší hodnotě entalpie.

Významný rozdíl představuje zejména ganáž B+ (25,7 °C), zatímco referenční ganáž základní (26,0 °C). Na obrázku 13 vidíme, že odchýlení od základní linie začíná už při nižší teplotě oproti dalším ganážím. To indikuje nižší tepelnou stabilitu tohoto vzorku a rychlejší počátek tání tuku v emulzi. Pro pralinku s měkkou náplní je toto žádoucí. Při běžné teplotě chceme produkt soudržný a pevný, odolný pro manipulaci. Po vložení do úst vyžadujeme co nejrychlejší zkapalnění náplně pro vjem na větší ploše dutiny ústní a sametový pocit. Vzorek B+ obsahuje o 0,21 % hm. více mléčného tuku, ten zapříčinil tání již při nižších teplotách. Převažujícím tukem je kakaové máslo, vzorky obsahují více než 50 % hm. čokolády. Proto posun není velký. Mléčný tuk taje v širokém rozmezí teplot. Náběh tání frakce s vysokou teplotou tání mléčného tuku je 21 °C [59].



Obrázek 13: DSC profil tání statisticky významně rozdílných vzorků

## Teplota píku a entalpie tání

Důvodem rozdílů maximální teploty tání mohou být: odlišná mikrostruktura emulze, odlišná receptura nebo změny, které nastaly během skladování. Vysvětlení pro vzorky B- a B+ je stejné jako je to diskutováno výše v souvislosti s náběhem teploty tání. Maximální teplota píku byla změřena i pro použitou čokoládu, výsledek 32,19 °C, který je dle očekávání vyšší než teploty tání ganáží. Pík je posunut k nižším teplotám, 30,3 °C pro základní ganáž. To je způsobeno vlivem ingrediencí v emulzi s nižší teplotou tání, zejména mléčným tukem.

Výjimečná je ganáž s guarovou gumou. Mezi vzorky má nejnižší entalpii tání 12,6 J/g, což znamená, že vzorek potřebuje přijmout nejnižší množství energie k roztání. To může ukazovat na menší podíl krystalizace nebo méně uspořádanou strukturu. Zároveň má vzorek nejvyšší teplotu píku tání (31,0 °C). Vyšší tepelná stabilita je přímo v rozporu s předcházející větou. *Guarová guma je hydrokoloid s vysokou molekulovou hmotností* [60]. Vyšší molekulová hmotnost je spojená s delšími uhlíkatými řetězci, které navyšují bod tání i entalpii tání. Hypotézou je, že guarová guma tyto měřené veličiny navýší, zároveň ale naváže vodu a sníží pohyblivost tukové fáze v emulzi, čímž sníží její uspořádanost nebo úroveň krystalinity. Další měřící techniky by byly potřeba pro upřesnění a ověření této hypotézy.

## 7.5 Vodní aktivita

Výsledky stanovení vodní aktivity ( $A_w$ ) pro jednotlivé vzorky je v tabulce 5, jako průměr tří měření. Při porovnání s potravinovými emulzemi, se vyrobené ganáže nejvíce blíží máslu ( $A_w \approx 0,9$ ) [61]. Můžeme říct, že vzorky 80-20, 6min, základní a 1min vykazaly stejnou hodnotu vodní aktivity. Jedná se o vzorky s identickou recepturou, pouze s jiným technologickým postupem přípravy. Vzorek s emulgátorem má hodnotu  $A_w$  o 0,01 nižší. Můžeme potvrdit, že postup nemá na  $A_w$  vliv, resp. míra emulzifikace nemá zásadní dopad na vodní aktivitu. Identickou recepturu má ovšem i vzorek připravený v podmínkách vakua a jeho  $A_w$  je o 2,3 % vyšší oproti základní receptuře, vysvětlení je diskutováno v následující kapitole 7.6. Stanovení obsahu vody. Vyšší hodnotu vykázal také vzorek bez mléčné bílkoviny. Naopak emulze s přídavkem guarové gumy a bílkoviny mají  $A_w$  nižší, důvodem je navázání vody do struktury ganáže. Přídavek bílkoviny snížil  $A_w$  oproti základu o 0,017 a guma guar o 0,09. Snížení  $A_w$  je u vzorku bílkovina dvojnásobné, přestože sušeného mléka

bylo přidáno méně a také obsahuje pouze 26 % bílkovin (údaj výrobce). Toto odpovídá vyšší kapacitě bílkoviny vázat vodu.

Přestože guar má obrovskou schopnost držet vodu 21 g/g, 25 ml/g [62]. Takto zadržené vodě je sice zabráněno uniknout z matrice, nicméně její pohyblivost stále existuje. Schopnost vodu vázat znamená, že se voda asociuje s hydrofilními látkami, její mobilita je snižena a nezamrzá při -40 °C [63]. Schopnost guaru vodu vázat je 0,048 g/g [63] a schopnost vodu adsorbovat 0,2-0,3 g/g [64]. Také platí, že vlastnosti hydrokoloidů, včetně interakcí s vodou, se liší v závislosti na jejich původu, odrůdě a stáří rostliny, pokud jsou extrahovány z rostlin. Různé extrakční metody také ovlivňují vlastnosti hydrokoloidů [65].

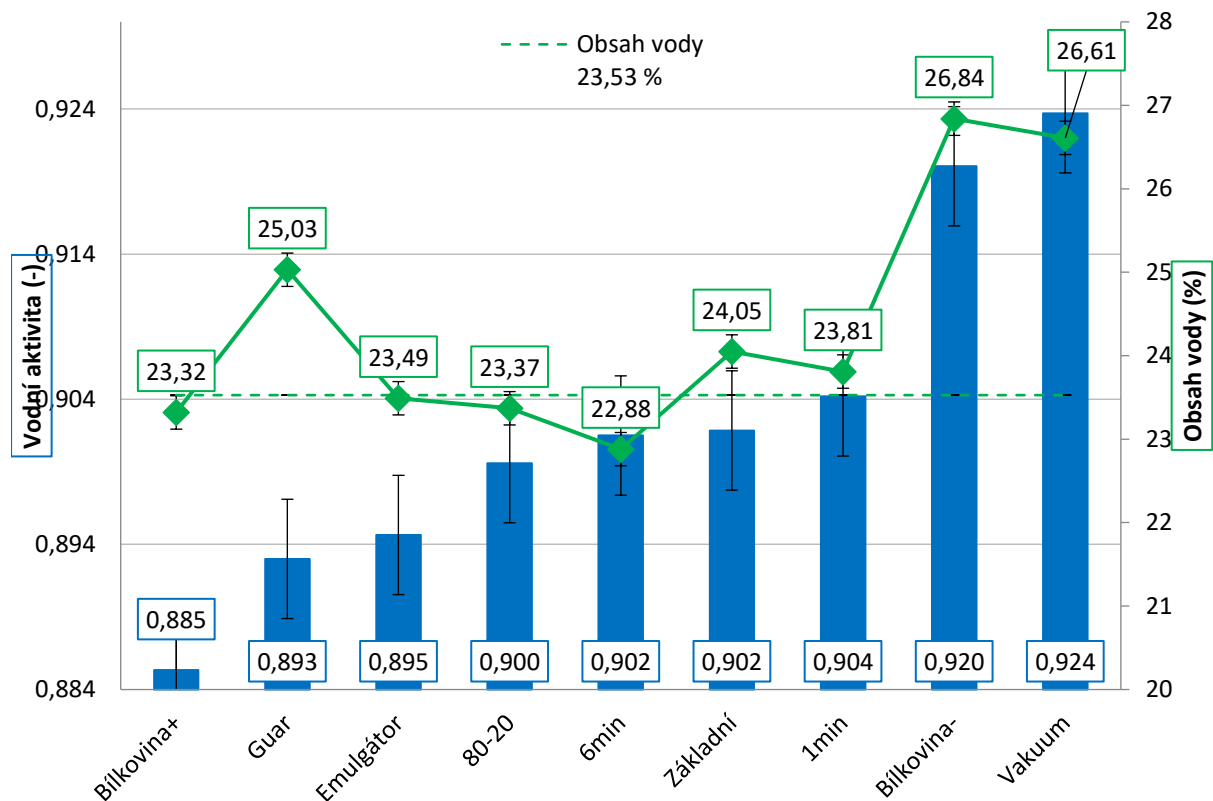
Množství vody navázané na bílkoviny v mléce se pohybuje 0,3-0,6 g/g pro naše hodnoty  $A_w$  a v závislosti na konkrétní bílkovině [66].

*Tabulka 5: Vodní aktivita vzorků řazena vzestupně a obsah vody*

Vzorek	Vodní aktivita (-)	Obsah vody (%)
Bílkovina+	0,885 ± 0,001	23,3 ± 0,6
Guar	0,893 ± 0,001	25,0 ± 0,4
Emulgátor	0,895 ± 0,001	23,5 ± 0,3
80-20	0,900 ± 0,001	23,4 ± 0,8
6min	0,902 ± 0,001	22,9 ± 0,3
Základní	0,902 ± 0,001	24,0 ± 0,2
1min	0,904 ± 0,001	24 ± 1
Bílkovina-	0,920 ± 0,001	26,8 ± 0,1
Vakuum	0,924 ± 0,001	26,6 ± 0,3

## 7.6 Stanovení obsahu vody

Stanovený obsah veškeré vody jednotlivých vzorků jako průměr ze dvou stanovení je na obrázku 14. Zajímavostí tohoto měření bylo, že vzorky se za vysoké teploty neroztekly, ale zachovaly si původní podobu. Ganáže obsahovaly téměř třetinu hm. cukru a jeho karamelizace může být hlavní příčinou zachování struktury.



Obrázek 14: Vodní aktivita (osa vlevo, modře) a obsah veškeré vody (osa vpravo, zeleně) jednotlivých vzorků

Průměrný obsah vody vzorků s identickou recepturou (80-20, 6min, Z, 1min, krom V) je 23,53 %, znázorněno přerušovanou čarou na obrázku 14. Z nich základní ganáž má obsah vody nejnižší, žádná spojitost mezi přípravou, intenzitou nebo metodou emulzifikace a obsahem vody nebyla nalezena. Odchytky těchto vzorků v jednotkách procent budou způsobeny zejména ztrátami (např. přelévání a stírání nádob).

Stejně můžeme odůvodnit i vyšší hodnotu vodní aktivity a obsahu vody u vzorku vakuum. Obě hodnoty jsou výrazně vyšší oproti dalším vzorkům se stejnou recepturou. Jednoduchým vysvětlením může být vyšší obsah vody v receptuře skrze diskutované vlivy při přípravě. Stejný důvod, vyšší obsah vody v receptuře, popisuje i vzorek bílkovina- a pro nahrazení másla kombinací ghí a vody je třeba použít méně vody.

Vzorky s emulgátorem a bílkovinou navíc mají stejný obsah vody jako vzorek základní, ale hodnoty vodní aktivity se liší. Závěrem je, že přidavek bílkoviny sníží  $A_w$  skrze navázání vody bílkoviny mléka. Přídavek emulgátoru má zřejmě vliv na vlastnosti emulze, které se projeví snížením hodnoty  $A_w$ . Toto je pozitivní zjištění, protože můžeme ponechat stejnou

recepturu a přídavnou látkou snížit její  $A_w$ . Z mikrobiálního hlediska to znamená delší stálost výrobku. Z organoleptického hlediska možnost zachovat obsah vody znamená vyšší šťavnatost výrobku.

Guarová guma má jako hydrokoloid schopnost zadržet i vázat vodu. Vyšší hodnota obsahu vody znamená, že ganáž guar si i po sušení zachovala část vody pocházející z receptury. Tuto schopnost s výhodou používáme i v jiných oblastech potravinářství, například při pečení chleba [67].

## 7.7 Stabilita emulze

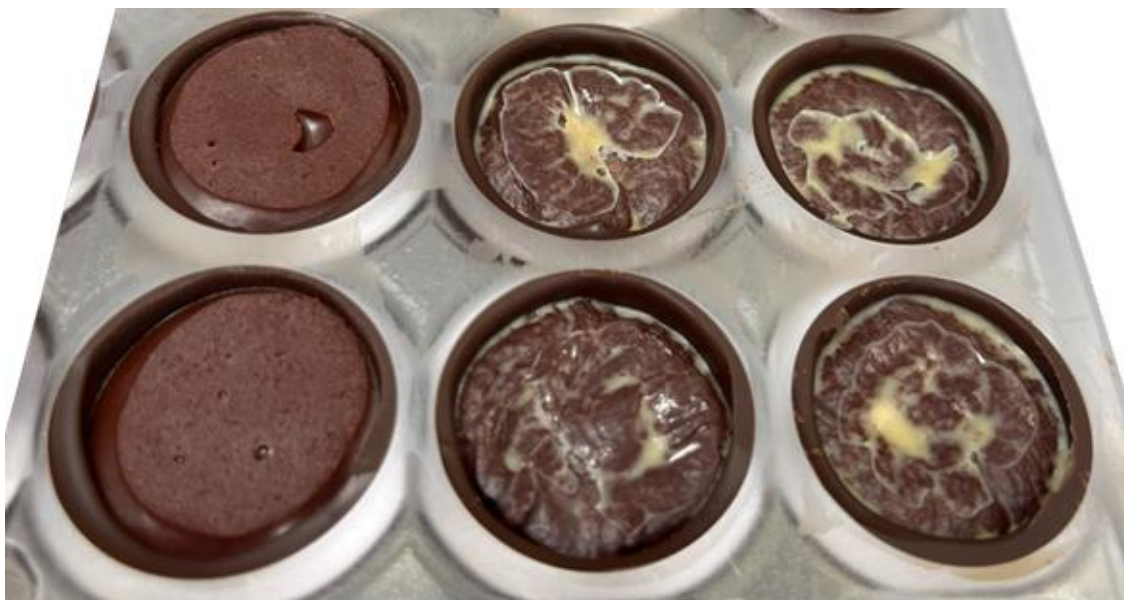
Během první sady měření pouze jediný vzorek vykázal rozpad emulze, a to vzorek guar. V další sadě měření se centrifugovaly pouze vzorky, u kterých byla předpokládána nižší stabilita na základě ostatních měření a vědomostí. Vzorek guar a základ byly pro zkoušku centrifugovány podruhé, další separace se neprojevila. Stabilita emulze společně s hmotnostním podílem oddělené tukové fáze vůči navážce vzorku je v tabulce 6.

*Tabulka 6: Centrifugací zjištěná stabilita emulze a hmotnostní podíl odděleného tuku*

Vzorek	Stabilita emulze (%)	Oddělený tuk (‰)
Guar	98,56	14,41
Bílkovina-	99,87	1,29
Bílkovina+	99,93	0,71
1min	99,96	0,39
Emulgátor	99,96	0,38
Základ	99,97	0,33

Výsledky tabulky 6 bereme jako orientační, neboť separace tak malých hmotností jako je 0,01 g je zatížena velkou chybou. Závěrem je, že všechny emulze jsou stabilní, až na emulzi s guarovou gumou. Pouze u vzorku guar byla zřetelně oddělena tuková fáze nad hladinou zbytku ganáže po centrifugaci. Ve spodu vialky nebyla u žádného vzorku oddělena vodná fáze.

Rozpad emulze guar se projevil při tomto měření, při reologickém měření a také se markantně projevil během výroby pralinek, viz obrázek 15. Ihned po výrobě i během skladování byla emulze v pořádku. Můžeme říci, že ganáž s guarovou gumou není teplotně reverzibilní.



*Obrázek 15: Výroba pralinek: skořápky jsou naplněny a vychlazeny. Nalevo ganáž B-, napravo guar. Při rozehrátí guar došlo k separaci fází, po zatuhnutí oddělené tukové fáze tvoří v pralince bílé oblasti.*

## 7.8 Mikroskopie

Rozdílné reologické a texturní chování vzorků ganáží značí rozdíly ve vnitřní struktuře a vlastnostech emulzí. Optickým mikroskopem byly pořízeny snímky pro další interpretaci předchozích výsledků. Na obrázku 16 jsou uvedeny snímky z optického mikroskopu pro vzorky připravených ganáží, 400x zvětšeno.

Emulgátor – kapičky jsou větší v porovnání se základním vzorkem. Emulgátor je v této emulzi nadbytečný, viz např. výsledky reologie, až škodlivý, co se týče chtěných vlastností emulze.

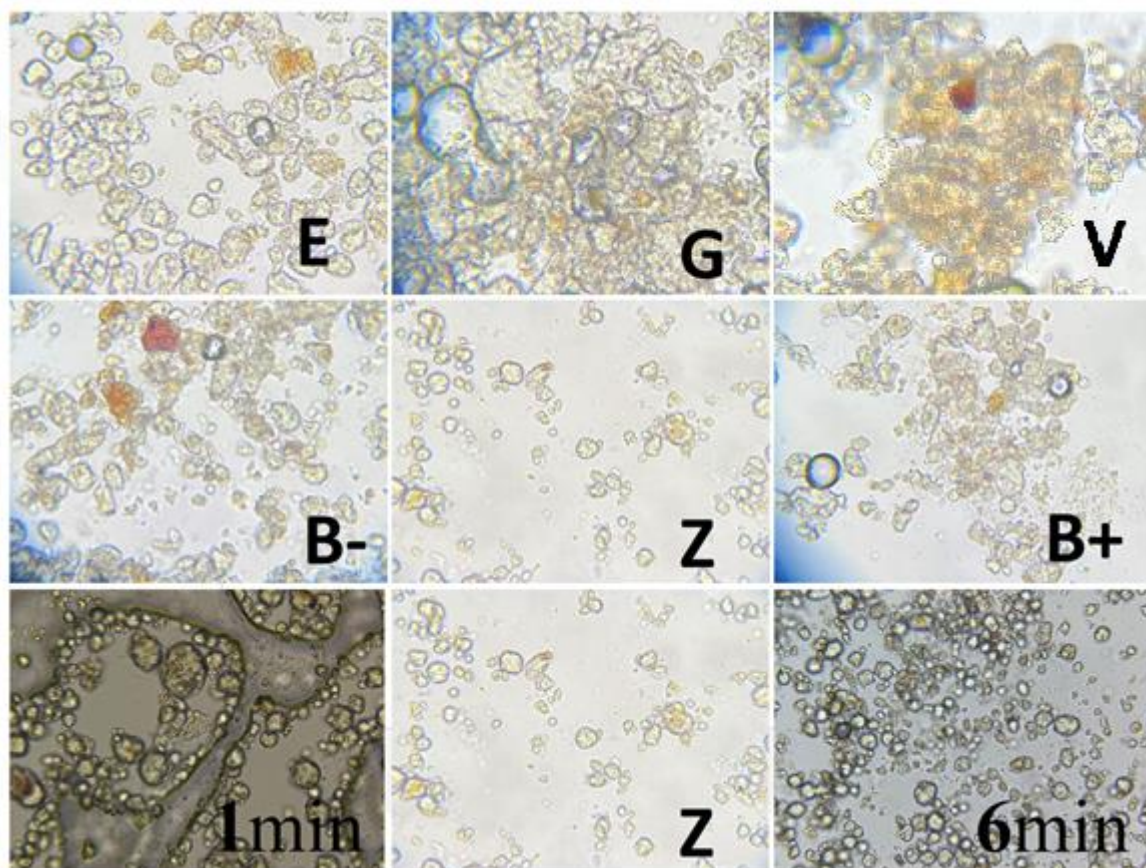
Guar – na snímku lze vidět mnohem hutnější strukturu a větší shluky. Hydrokoloid drží vodu a tím i součásti emulze svým dlouhým řetězcem. Kompaktnější struktura odpovídá větší tuhosti zjištěné posuzovateli při senzoričké analýze i při měření texturního profilu.



Teplota – pohled na mikrostrukturu emulze nabízí vysvětlení pro výrazně nižší soudržnost, zjištěnou TPA. Pozorujeme, že kapénky jsou slity a dochází k tzv. částečné koalescenci. K tomuto došlo díky emulzifikaci za snížené teploty. Krystalický tuk protrhal ochranné filmy kapének a došlo ke koalescenci [35, 37]

Bílkovina – porovnáním vzorků B+ a B- oproti základnímu vzorku vidíme, že úbytek mléčné bílkoviny snížil kvalitu vytvořené emulze a kapičky tuku jsou větší. Po přidání sušeného mléka (B+) je velikost částic srovnatelná. Částice jsou ve shluku, došlo ke flokulaci. Kaseinové bílkoviny jsou v sušeném mléku přítomny v micelách, které se úzce váží na fázové rozhraní a tvoří hutnější emulze. Pokud jejich koncentrace není dostatečná (např. naředěním) jsou nestabilní a podléhají tzv. můstkové flokulaci [68]. Toto může být vysvětlením zdánlivé nestability emulze B+ na snímku v porovnání se stabilní emulzí dle jiných měření.

Doba emulzifikace – v souladu s ostatními měřeními, můžeme opět zopakovat, že 3 minuty (vzorek Z) je ideální doba emulzifikace pro naše ganáže. Kratší doba (1 min) je nedostatečná a na snímku to vypadá, že ke spojení fází došlo jen velmi hrubě a emulze není homogenní. Naopak prodloužení emulzifikace z 3 na 6 minut nepřineslo žádný rozdíl.



Obrázek 16: Vodou 10x ředěná ganáž, snímek z optického mikroskopu, zvětšení 400x

## 7.9 Měření pH

Tabulka 7: Výsledky měření pH společně s výsledky stanovení obsahu vody

Vzorek	pH (-)	Obsah vody (%)
Vakuum	4,54 ± 0,01	26,6 ± 0,3
Bílkovina-	4,61 ± 0,02	26,8 ± 0,1
Emulgátor	4,62 ± 0,01	23,5 ± 0,3
Guar	4,63 ± 0,02	25,0 ± 0,4
80-20	4,637 ± 0,005	23,4 ± 0,8
Základ	4,69 ± 0,05	24,0 ± 0,2
Bílkovina+	4,70 ± 0,06	23,3 ± 0,6
6min	4,70 ± 0,03	22,9 ± 0,3
1min	4,73 ± 0,03	24 ± 1

Výsledky měření pH vzorků, jako průměr tří měření jsou v tabulce 7, následuje diskuze kyselosti výrobku a její variace. V receptuře ganáže je malinové pyré nejkyselější složkou, jeho pH se pohybuje v rozmezí pH 2,7 až 3,4 [67, 68]. Další ingredience jsou v porovnání s malinami zanedbatelné, co se kyselosti týče: máslo pH 6,1-6,4 [69], čokoláda pH 6-6,8 [70]. Voda je největší složkou použitého 100% malinového pyré, refraktometrická sušina pyré je 11 °Brix [71]. Nižší pH u vzorků vakuum a bílkovina tak můžeme vysvětlit větším obsahem malinového pyré, to je v souladu s větším obsahem vody, viz tabulka 5. Obsah vody ve vzorku B- (26,84 %) byl stanoven větší než ve vzorku V (26,61 %), pH V je nižší (4,54), důvodem je absence másla ve vzorku B-, které má nižší pH než přidaná voda.

Vzorek s emulgátorem má nižší obsah vody a zároveň vyšší kyselost. Obdobně vzorek 1 min má vyšší obsah vody a zároveň kyselost nižší. Vysvětlením by mohla být dispergace a velikost vodných kapiček ve vzorcích. To by ovlivnilo kontakt kyselé složky se sondou pH metru a tím ovlivnilo výsledek.

U ostatních vzorků je relativní odchylka hodnoty pH od jejich průměru hodnoty pH menší než 0,1 % a nejsou proto diskutovány.

## **7.10 Senzorická analýza**

Senzorická analýza je disciplína hodnotící nejen potraviny pomocí lidských smyslů (zrak, čich, chuť, hmat i sluch). Jejím účelem je porozumět tomu, jak spotřebitelé vnímají potravinové výrobky a identifikovat vlastnosti, které ovlivňují jejich přijetí nebo odmítnutí. Tyto informace jsou cenné zejména pro výrobce potravin a další potravinářské podniky, stejně tak pro nás a tuto práci.

Pro senzorickou analýzu byly stanoveny následující cíle: určit posuzovateli nejvíce preferovanou ganáž a tento výsledek porovnat s vlastností tuhost ganáž. Protože ze všech organoleptických vlastností byly texturní vlastnosti, zejména tuhost, nejvíce odlišné u našich vzorků. Dalším krokem pak bylo zjistit, zdali se tyto výsledky přenesou i do hotového produktu, čokoládového bonbonu plněného ganáží. Nakonec porovnat výsledky senzorické analýzy s dalšími měřeními.

## Výsledky senzoričké analýzy

Zdali se výsledky liší, bylo určeno Friedmanovým testem. Stanovili jsme hypotézu H: mezi vzorky neexistují statisticky významné rozdíly v hodnocené vlastnosti a alternativní hypotézu A: mezi vzorky existuje alespoň jedna dvojice, která se statisticky významně liší ve sledované vlastnosti.

Hypotéza H je nepravdivá právě tehdy když platí následující vztah:

$$Q_{1-\alpha}(R, n) \leq FR = \frac{12}{n \cdot R \cdot (R + 1)} \cdot \sum T_i^2 - 3n(R + 1),$$

kde  $Q_{1-\alpha}$  je kritická hodnota Friedmanova testu,  $\alpha = 0,05$  hladina významnosti,  $FR$  testové kritérium Friedmanova testu,  $n = 12$  počet posuzovatelů,  $R = 5$  počet hodnocených vzorků,  $T_i$  součet hodnocení pro vzorek  $i$ .

Z tabulek [72]  $Q_{1-0,05}(5, 12) = 9,29$ .

Zkouška tuhosti ganáží:  $FR = 17,27$ .

Zkouška preference ganáží:  $FR = 24,4$ .

Zkouška preference pralinek:  $FR = 21,93$ .

Pro všechny tři zkoušky konstatujeme, že hodnota testového kritéria padla do kritického oboru. Hypotézu H tedy zamítáme a přijímáme alternativu A. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi pěticí vzorků existuje alespoň jeden, který se liší od jiného nebo jiných.

Dle Nemenyioho metody vícenásobného porovnání je mezi vzorky  $T_i$  a  $T_j$  statisticky významný rozdíl, pokud platí nerovnost:

$$q_{1-\alpha}(R, n) \leq |T_i - T_j|,$$

kde  $q_{1-\alpha}$  je kritická hodnota Nemenyioho testu. Hodnota  $q_{1-0,05}(5, 12) = 21,1$  byla zjištěna z tabulek [72]. Výsledky jsou v tabulce 8.

S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že ganáž guar je více tuhá než ganáž základní, emulgátor, bílkovina- nebo bílkovina+.

S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že ganáž guar je méně preferovaná než ganáž základní, emulgátor nebo bílkovina-.

S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že pralinka s ganáží guar je méně preferovaná než pralinky základní, emulgátor nebo bílkovina-.

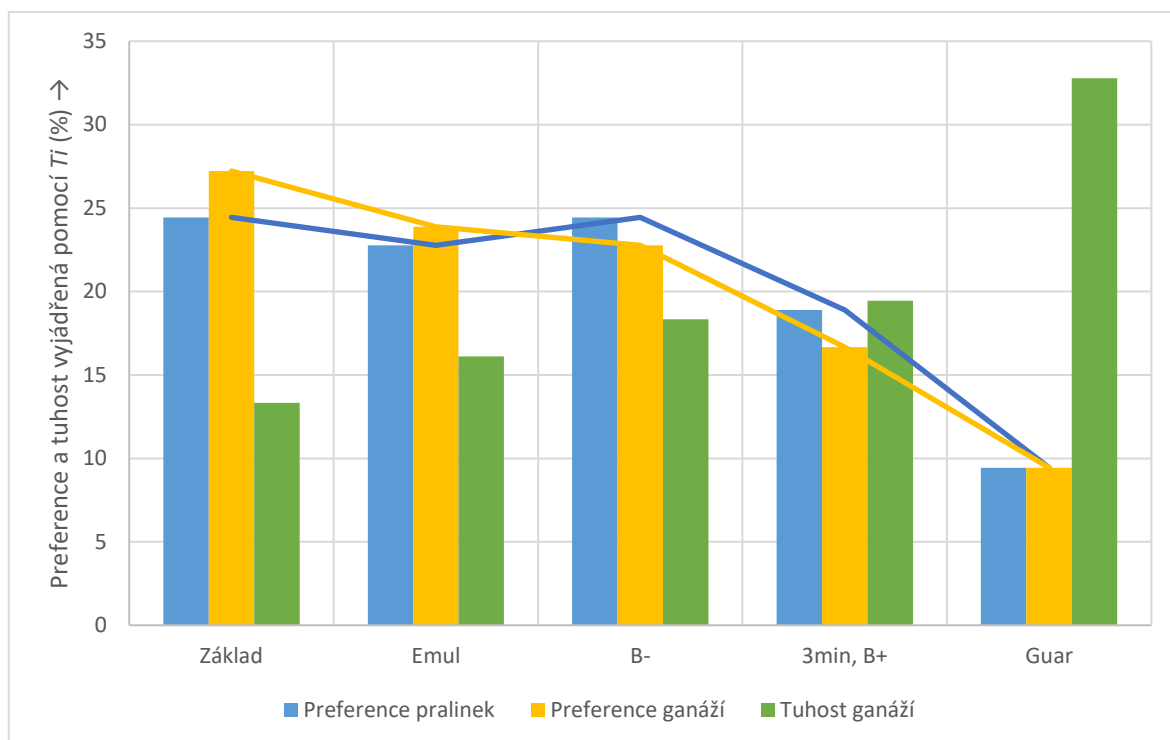
*Tabulka 8: Výsledky Nemenyihovo metody vícenásobného porovnání pro tři zkoušky mezi jednotlivými vzorky  $i$  a  $j$ , zvýrazněny jsou páry, kde je statisticky významný rozdíl na 95 % hladině významnosti*

$i$ $j$	Guar Zák	Guar Emul	Guar B-	Guar B+	Zák B+	Emul B+	B- B+	Emul B-	Emul Zák	B- Zák
Tuhost ganáže	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	11	6	2	4	5	9
Preference ganáže	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	13	20	13	10	3	7	10
Preference pralinky	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	17	10	7	10	3	3	0

Z výsledků senzoričského hodnocení plyne, že statisticky významný rozdíl vykazuje pouze vzorek s guarovou gumou. Je zde jasná spojitost, guarová guma dělá ganáž nebo pralinku více tuhou a proto jsou jiné ganáže nebo pralinky preferovány. Do kritického oboru téměř padla dvojice základ a B+. Ganáž základ je více preferovaná než B+, ovšem ne na 5% hladině významnosti, tj. s 95 % pravděpodobností.

Celkový součet  $T_i$  je roven 180. Pro další interpretaci byly hodnoty  $T_i$  pro jednotlivé zkoušky normovány na celkovou sumu 100, tedy na procenta a zakresleny do grafu vůči stoupající tuhosti ganáží, viz obrázek 17.

Z obrázku 17 je patrné, že s rostoucí tuhostí ganáže klesá preference pralinky i ganáže. Určitou odchylku od tohoto trendu vidíme u vzorků základ a B-. Dalším, ovšem statisticky nevýznamným, trendem je, že u více tuhých ganáží je preferovanější pralinka. Jinými slovy bychom mohli říct, že větší tuhost ganáže se v pralince ze senzoričského hlediska neprojeví. V našich vzorcích pralinek bylo průměrně 60,6 % hm. ganáže a zbytek tvořila hořká čokoláda.



Obrázek 17: Výsledky třech zkoušek senzoričké analýzy vyjádřené jako procenta součtu hodnocení  $T_i$ , vyšší hodnoty  $T_i$  znamenají vyšší preference a vyšší tuhost

## 7.11 Mikrobiologie

Výsledky předchozích kapitol dávají cenné informace pro potravinářský průmysl. O jejich reálném využití ovšem rozhoduje také stálost výrobků připravených použitými technikami. Problém vytvoření mikrobiologicky bezpečných potravin s přijatelnou trvanlivostí a kvalitou pro spotřebitele je pro potravinářský průmysl stálou výzvou a zároveň povinností danou zákonem.

Na základě ČSN 55 9609: mikrobiologická kritéria pro potraviny, principy stanovení a aplikace, bylo rozhodováno o bezpečnosti a udržitelnosti vyrobených čokoládových bonbonů, pralinek. Výsledky jsou v tabulce 9, výsledky pro testování po osmi týdnech od výroby budou získány až po odevzdání této práce.

Tabulka 9: Celkové počty mikroorganismů (CPM) a přítomnost patogenních mikroorganismů pro 5 vzorků pralinek, vzorky byly skladovány při 4 °C a 20 °C, zkouška proběhla po 1 a 4 týdnech od výroby, třetí zkouška proběhne po odevzdání práce

Vzorek	1. týden		4. týden		8. týden	
	4 °C		20 °C		20 °C	
	10 <sup>2</sup> (CPM/g)	10 <sup>2</sup> (CPM/g)	10 <sup>2</sup> (CPM/g)	10 <sup>2</sup> (CPM/g)	10 <sup>2</sup> (CPM/g)	10 <sup>2</sup> (CPM/g)
Bílkovina+	5,3	5,9	6,5	-	-	-
Bílkovina-	2,5	3,4	4,2	-	-	-
Emulgátor	1,3	1,5	2,8	-	-	-
Základní	1,2	2,0	3,2	-	-	-
Guar	2,9	3,2	3,5	-	-	-
<i>Enterobacteriaceae</i>	nepřítomnost	nepřítomnost	nepřítomnost	-	-	-
<i>Salmonella</i> sp.	nepřítomnost	nepřítomnost	nepřítomnost	-	-	-
Plísně	nepřítomnost	nepřítomnost	nepřítomnost	-	-	-
Koliformy	nepřítomnost	nepřítomnost	nepřítomnost	-	-	-
Koagulázapozitivní stafylokoky	nepřítomnost	nepřítomnost	nepřítomnost	-	-	-

Hledané patogenní bakterie a plísně nebyly nalezeny v žádném ze vzorků napříč všemi provedenými stanoveními. Norma ČSN 55 9609 dává nenulová kritéria pro *Enterobacteriaceae*, koagulázapozitivní stafylokoky, koliformní bakterie a plísně. Ve vyrobených pralinkách byla prokázána jejich nepřítomnost. Dle normy je pro čokoládu a čokoládové cukrovinky kritériem celkový počet mikroorganismů  $< 5 \cdot 10^5$  /g. Největší CPM měla pralinka plněná ganáží s přidanou bílkovinou po 4 týdnech od výroby a skladování při 20 °C a to  $6,5 \cdot 10^2$  /g. Nejvyšší nález je stále o 3 řády menší než dané kritérium. Toto jsou více než pozitivní výsledky. Proto bylo následující testování naplánováno až za další čtyři týdny. Výsledky budou až po publikaci této práce. Zatím můžeme říct, že údržnost pralinek je alespoň 4 týdny při pokojové teplotě 20 °C a po tuto dobu je vyrobená potravina bezpečná. Při porovnání s použitými zdroji, ganáž vydržela podstatně déle. Naše vzorky měly  $A_w = 0,89-0,90$ . Pro tuto hodnotu je predikovaná teoretická údržnost méně než 2 týdny [73] nebo 2-4 týdny [74].

Byla testována také použitá čokoláda, která tvoří součást náplně a skořápku pralinek. U ní byla prokázána nepřítomnost vybraných mikroorganismů a CPM byl roven  $1,0 \cdot 10^2$  /g, tzn. také pod limitem.

Při pohledu na výsledky stanovení CPM, viz tabulka 9, vidíme očekávaný nárůst s rostoucím časem a teplotou skladování. Pralinka s ganáží B+ má evidentně vyšší hodnoty CPM oproti ostatním pralinkám. Důvodem je přídavek sušeného mléka. Tato recepturní složka navíc

pravděpodobně zanesla další mikroorganismy nebo látky pro jejich výživu. Vyšší CPM má taky pralinka guar a bílkovina-

Nejvíce zajímavý je vývoj počtu mikroorganismů v čase, viz tabulka 10. Přestože vzorky guar a B+ měly vyšší počáteční hodnoty CPM, měly nejlepší schopnost zpomalení růstu mikroorganismů. Mezi prvním a čtvrtým týdnem se zvýšil CPM u základní ganáže o 167 %, zatímco u guar pouze o 21 % a u B+ o 23 % při skladovací teplotě 20 °C. Toto jsou velmi podstatná zjištění. Výsledky predikují mnohem delší údržnost těchto pralinek. Se stejnou recepturou jsme schopni prodloužit údržnost i bez přidání konzervantů a zachovat i vlastnosti výrobku a jeho preferenci. Tedy alespoň v případě B+. Výsledky odkrily nový směr pro další výzkum. Přílišné tuhosti nebo destabilizaci, kterou způsobila guarová guma by se dalo vyvarovat jiným dávkováním, technologickým postupem nebo volbou jiného hydrokoloidu. Jeden z cílů práce a také hypotéza byly splněny. Hydrokoloid má skutečně předpoklady navýšit údržnost čokoládové cukrovinky. Stejný potenciál má i mléčná bílkovina. Výsledky korelují s vodní aktivitou, viz obrázek 14, a se znepřístupněním vody v emulzi pro mikroorganismy.

*Tabulka 10: Procentuální nárůst celkového počtu mikroorganismů za 3 týdny skladování při 4 °C a při 20 °C*

Počáteční CPM ↓ + 3 týdny	Základní		Guar		Bílkovina+	
	4 °C	20 °C	4 °C	20 °C	4 °C	20 °C
	+ 67 %	+167 %	+ 10 %	+21 %	+ 11 %	+23 %



## ZÁVĚR

Čokoláda byla, je a bude oblíbenou pochoutkou napříč generacemi. Otázkou je, zdali toto tvrzení bude platit i pro čokoládu, tak jak ji známe dnes. Potravinářský průmysl, a zejména ten zabývající se cukrovinkami a čokoládovými výrobky, následuje trendy, které vytvářejí spotřebitelé. Dnes je poptávka po zajímavějších, zdravějších a udržitelnějších produktech větší, než tomu bylo doposud. Tato práce je věnována náplni pro čokoládové bonbony s obsahem vody, tzv. ganáž.

Bylo ověřeno, že vyrobené ganáže jsou emulzemi typu O/V. V receptuře základní ganáže bylo 50 % hm. čokolády tvořící většinu tukové fáze a 32 % hm. malinového pyré, které tvořilo většinu vodné fáze emulze. V porovnání s čistě tukovou náplní přidání malinového pyré snížilo energetickou hodnotu výrobku o 42 % a bylo tak vyhověno současným trendům odvětví. Všechny ganáže můžeme charakterizovat jako pseudoplastické kapaliny s viskoelastickým chováním a s mezí toku. Průměrná teplota tání stanovená DSC při profilu tání byla 29,95 °C. Průměrná aktivita vody 0,903 a obsah vody 24,4 %. S rostoucí tuhostí klesala pružnost emulzí. Ganáže byly také použity pro výrobu čokoládových bonbonů, ty byly testovány senzorycky a mikrobiologicky.

Senzorickou analýzu provedlo 12 vybraných posuzovatelů, kteří velmi dobře akceptovali hotový výrobek. Analýza odhalila, že preferovanější jsou měkčí náplně, zejména při testování samotných náplní.

Během doby skladování se neprojevily žádné známky ztráty kvality a výsledky předčily očekávání z hlediska mikrobiologické doby skladovatelnosti. Ve vzorcích nebyly přítomny *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* sp., koagulázapozitivní stafylokoky, koliformní bakterie a plísně. Celkový počet mikroorganismů byl nižší, než udává mikrobiologické kritérium dle ČSN 55 9609, a to i po 4 týdenním skladování při 20 °C. Výrobky jsou bezpečné.

Bylo vyrobeno 9 různých ganáží, každá byla jednou změněna buď v receptuře nebo v technologii přípravy. Takto byly naplněny cíle práce. Níže jsou závěry a souvislosti pro jednotlivé změny v porovnání se základní ganáží.

1 minuta emulzifikace nebyla dostatečná, taková ganáž měla poloviční dynamickou viskozitu (4,4 Pa·s) při 31 °C, špatnou mikrostrukturu prokázala viskoelastická měření a mikroskopie. V texturní profilové analýze (TPA) měla nevyhovující dvojnásobnou tuhost (6,41 N). Délka emulzifikace 3 minuty byla optimální. Prodloužení na 6 minut nepřidalo lepší vlastnosti a je zbytečné.

U vzorku, kde byla vodná složka během emulzifikace přidávána postupně, byla naměřena nejnižší hodnota tangens fázového úhlu a soudružnosti i tuhosti u TPA. To predikuje méně pevnou vnitřní strukturu emulze. Tato vlastnost je chtěná pro náplň bonbonu a je to výhodná technologická změna.

Příprava za podmínek sníženého tlaku a nižší teploty (24,6 °C oproti 30,6 °C) způsobila nežádoucí změny. Reologická měření a mikroskopie prokázaly tzv. částečnou koalescenci.

Role mléčných bílkovin v emulzním systému je velmi komplexní. To vystihuje analýza hlavních komponent, která ukázala, že oba vzorky s přidanou i odebranou mléčnou bílkovinou se znatelně liší od základního vzorku, oba mají vyšší tuhost a další odlišnosti. Emulze bez mléčné bílkoviny je patrně méně stabilní a má nekvalitní vnitřní strukturu, to se projevilo přílišným ztekucováním při smykovém namáhání, slitím tukových kapiček nebo menší soudružností. Z tohoto a ze vzorku vakuum vyslovujeme další závěr, že větší tukové kapičky v emulzi korelují s vyšší tuhostí. Emulze s přidanou bílkovinou je více stabilní, ale možná až příliš tuhá na základě TPA a senzorické analýzy. Při stejném obsahu vody měla nejnižší hodnotu vodní aktivity (0,885 v porovnání se základní 0,902) při stejném obsahu vody. To mělo pozitivní dopad na zpomalení růstu mikroorganismů: 23% nárůst oproti základní ganáži (167% nárůst) po třech týdnech.

Přídavek směsi MAG a DAG jako emulgátoru do základní receptury neměl, kromě vodní aktivity, znatelný výsledek při žádném z provedených měření. Takový vzorek měl nižší hodnotu vodní aktivity (0,895 oproti 0,902). Jeden z cílů práce byl tedy naplněn. Závěrem je, že přítomné emulgující složky ganáže jako mléčné bílkoviny, lecitin v čokoládě nebo kakaová vláknina mají dostatečné účinky pro vytvoření stabilní emulze. Výsledkem stability je, že všechny emulze jsou stabilní, až na emulzi s gumou guar.

Emulze s gumou guar byla na základě práce s ganáží, mikroskopie a všech reologickým měření vyhodnocena jako teplotně irreverzibilní a nestabilní. Ganáž byla nejméně preferovanou kvůli extrémně vysoké tuhosti (2,8 N oproti 0,3 N). Zajímavost se projevila při DSC, kdy tato emulze měla nejvyšší hodnoty teplot tání i přes nejnižší entalpii tání. Byla stanovena hypotéza, že hydrokoloid vázáním vody narušuje vnitřní uspořádanost systému. Vazba vody se potvrdila i nižší hodnotou vodní aktivity a zároveň vyšším procentuálním obsahem vody. Celkový počet mikroorganismů se navýšil po 3 týdnech výrazně méně (+21 % oproti +167 %). Závěrem je, že se jedná o emulzi, se kterou je třeba specificky zacházet, ale má potenciál být déle skladovatelná a stabilnější.

Cíle práce byly kombinací výsledků měření naplněny. Některé otázky, např. stabilní veganská ganáž, zůstaly otevřené a je třeba vyzkoušet další varianty ganáží. Tato práce poskytuje mnoho podnětů pro další výzkum a vývoj a může být chápána jako pilotní studie do problematiky spotřebitelsky zajímavějších čokoládových náplní.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Top Chocolate Trends for 2023 and Beyond. *Barry Callebaut* [online]. Švýcarsko: Barry Callebaut, 2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.barry-callebaut.com/en-GR/manufacturers/trends-insights/top-chocolate-trends>
- [2] GREGOR, Pavel. Zboží&Prodej 10/2021: Sladkosti o Vánocích lákají premiumizací. *ZaP web* [online]. Praha: ATOZ Marketing Services, spol. s r.o., 21.10.2021 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.zboziaprodej.cz/2021/10/21/zboziprodej-10-2021-sladkosti-o-vanocich-lakaji-premiumizaci/>
- [3] BAINS, Roshini. Innovations, trends, and chocolate. *International Confectionery* [online]. United Kingdom: Hand Media International LTD 2021, 31.1.2022 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://in-confectionery.com/innovations-trends-and-chocolate/>
- [4] Top 4 Innovations in Chocolate Ingredients, Flavors & Products [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.fortunebusinessinsights.com/thoughtleadership/top-4-innovations-in-chocolate-ingredients-products-10258>
- [5] RODRÍGUEZ, Anna Raventós. New Chocolate Trends 2023: Uncovering Consumer Preferences through Concept Testing. *Zinklar* [online]. Spain: Zinklar, 10.2.2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://zinklar.com/new-chocolate-trends/>
- [6] Chocolate Market Size & Share Analysis - Industry Research Report - Growth Trends. *Mordor Intelligence* [online]. India: Mordor Intelligence, 2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/chocolate-market>
- [7] FERRER, Benjamin. Sweet for the planet: Green innovations in chocolate production and drone-enabled crop protection. *Food Ingredients First* [online]. Netherlands: CNS Media BV, 5.10.2022 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://fif.cnsmedia.com/a/Q6REli59AbE=>
- [8] Hottest Chocolate Trends for 2023 - Puratos. *Puratos Food Innovation for Good* [online]. Belgium: Puratos Group, 28.6.2022 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.puratos.com/blog/taste-tomorrow/Hottest-Chocolate-Trends-for-2023>
- [9] Cargill leverages technology to improve transparency in pursuit of a thriving cocoa sector. *Snack Food and Wholesale Baker* [online]. USA: Snack Food and Wholesale Baker, 26.5.2020 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.snackandbakery.com/articles/94695-cargill-leverages-technology-to-improve-transparency-in-pursuit-of-a-thriving-cocoa-sector>
- [10] 6 trends for chocolate, confectionery and spreads. *Snack Food and Wholesale Baker* [online]. USA: Snack Food and Wholesale Baker, 2023 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.snackandbakery.com/articles/101774-ofi-6-trends-for-chocolate-confectionery-and-spreads>
- [11] Chocolate confectionery trends: plant-based, healthy indulgence and texture innovation. *Itac Professional* [online]. Spain: Importaco s.a., 13.10.2021 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.itac-professional.com/en/blog/chocolate-confectionery-trends>
- [12] SAPUTRO, Arifin Dwi, Davy VAN DE WALLE, Bobby Antan CAIQUO, Michael HINNEH, Martina KLUCZYKOFF a Koen DEWETTINCK. Rheological behaviour and microstructural properties of dark chocolate produced by combination of a ball mill and a liquefier device as small scale chocolate production system. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2019, 100(February 2019), 10-19 [cit. 2023-05-03]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2018.10.039
- [13] DEOU, Janine, Hela BESSAIES-BEY, Fabien DECLERCQ, Paul SMITH, Stephane DEBON, Joel WALLECAN a Nicolas ROUSSEL. Decrease of the amount of fat in chocolate at constant viscosity by optimizing the particle size distribution of chocolate. *Food*

*Structure* [online]. 2022, January 2022, 31(January 2022), 100253 [cit. 2023-05-04]. ISSN 22133291. Dostupné z: doi:10.1016/j.foostr.2022.100253

[14] Cargill™ soluble fiber. *Cargill* [online]. USA: Cargill, Incorporated, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.cargill.com/food-beverage/emea/sweeteners/cargill-soluble-fiber>

[15] Vyhláška č. 76/2003 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. <https://www.zakonyprolidi.cz> [online]. Zlín: AION CS, 2003 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-76>

[16] TALBOT, Geoff. *Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*. USA: CRC Press [u.a.], 2009. ISBN 978-1-84569-643-6.

[17] BECKETT, S. T., Mark FOWLER a Gregory R. ZIEGLER, ed. *Beckett's industrial chocolate manufacture and use*. Fifth edition. United Kingdom: John Wiley, 2017. ISBN 978-1-118-78014-5.

[18] MODIMM COMPACT chocolate moulding line. In: Hacos - The chocolate machine factory [online]. Belgium: Hacos, 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.hacos.com/chocolate-machinery/modimm-compact-chocolate-moulding-line/>

[19] Aasted Midi/Maxi - modular system moulding line. In: *Aasted* [online]. Denmark: Aasted, 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://brochure.aasted.eu/Aasted/EnglishBrochures/ChocolateBrochures/TheQualityLinesofChocolateProduction/?page=12>.

[20] Automatic Chocolate Shell Moulding Line. In: *Memak / Professional machine* [online]. Turkey: Memak, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [http://www.memak.com/en/chocolate\\_machines-12/moulding\\_lines-54/automatic\\_chocolate\\_shell\\_moulding\\_line-205.html](http://www.memak.com/en/chocolate_machines-12/moulding_lines-54/automatic_chocolate_shell_moulding_line-205.html)

[21] ISO 9000:2015(en), Quality management systems — Fundamentals and vocabulary. *Online Browsing Platform (OBP)* [online]. 2015 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:en:term:3.10.1>.

[22] STEELE, R., ed. *Understanding and measuring the shelf-life of food*. United Kingdom: CRC Press ; Woodhead Pub, 2004. ISBN 978-0-8493-2556-4.

[23] ESKIN, Michael a David S. ROBINSON, ed. *Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes*. 1. USA: CRC Press, 2000. ISBN 978-0-429-12180-7.

[24] MOHOS, Ferenc Á. Water Activity, Shelf Life and Storage. In: *Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications*. USA: John Wiley, 2016, s. 579-603. ISBN 978-1-118-93974-1.

[25] CARTER, Brady. Shelf Life Simplified: A Water Activity Based Approach. *Neutec group Inc* [online]. USA: Neu-tec Group, [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.neutecgroup.com/resource-library/water-activity/white-papers/228-shelf-life-simplified-a-water-activity-based-approach>

[26] KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM, ed. *Food and beverage stability and shelf life*. United Kingdom: WP, Woodhead Publ, 2011. ISBN 978-0-85709-254-0.

[27] NORTON, J.E., P.J. FRYER, J. PARKINSON a P.W. COX. Development and characterisation of tempered cocoa butter emulsions containing up to 60% water. *Journal of Food Engineering* [online]. 2009, 95(1), 172-178 [cit. 2023-05-05]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.04.026

[28] Ganache. In: *Wikipedia* [online]. USA: Wikimedia Foundation, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z:

[https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ganache&oldid=202238815#cite\\_note-Herm%C3%A9-7](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ganache&oldid=202238815#cite_note-Herm%C3%A9-7)

- [29] KIM, Sun Min, Jung Hee WOO, Hyun Woo KIM a Hyun Jin PARK. Formulation and evaluation of cold-extruded chocolate ganache for three-dimensional food printing. *Journal of Food Engineering*. 2022, 314(II. 2022), 110785. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2021.110785
- [30] MCGILL, Jade a Rich W. HARTEL. Investigation into the Microstructure, Texture and Rheological Properties of Chocolate Ganache: Investigation of chocolate ganache.... *Journal of Food Science*. 2018, 93(3), 689-699. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/1750-3841.14053
- [31] MERACHLI, Fadi, Julia DEVIENNE, Romain DELMAS, Laurent PLAWINSKI, Fernando LEAL-CALDERON a Mathieu DELAMPE. Impact of cocoa fibers on the stability and rheological properties of chocolate ganaches. *LWT - Food Science and Technology*. 2021, 139(III- 2021), 110505. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.110505
- [32] SAGLIO, Aurelie, Julien BOURGEAY, Romain SOCRATE, Alexis CANETTE a Gerard CUVELIER. Understanding the structure of ganache: Link between composition and texture. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2018, 13(10/2018), 29-37. ISSN 1878450X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijgfs.2018.05.003
- [33] MORATÓ, Ramon, JM RIBE, Raul BERNAL, Miguel GUARRO. *Four in one. On the boundaries of chocolate*. Spain: Grupo Vildo, 2016. ISBN 978-84-946323-0-3.
- [34] MORATÓ, Ramon. *Chocolate*. Spain: Grupo Vildo, 2008. ISBN 978-84-922443-6-2.
- [35] LEAL-CALDERON, F., F. THIVILLIERS a V. SCHMITT. Current Opinion in Colloid & Interface Science. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2007, 12(4-5), 206-212. ISSN 13590294. Dostupné z: doi:10.1016/j.cocis.2007.07.003
- [36] GREWELING, Peter P. a Ben FINK. Chocolate confectionery trends: plant-based, healthy indulgence and texture innovation. In: *ITAC PROFESSIONAL* [online]. Spain: Importaco s.a., 13.10.2021 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.itac-professional.com/en/blog/chocolate-confectionery-trends/>
- [37] MCCLEMENTS, David Julian. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. Third. USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-1-4987-2668-9.
- [38] BUŇKA František. *Mlékárenské technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [39] KUCHYŇOVÁ, Jitka. *Studium stability emulzí pomocí fyzikálně-chemických a optických metod*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [40] MOHOS, Ferenc Á. Stability of Food Systems. In: *Confectionery and Chocolate Engineering*. Second. USA: John Wiley, 2016, s. 604-608. ISBN 978-1-118-93974-1
- [41] MCMULLEN, Roger L., Mihaela GORCEA a Susan CHEN. Emulsions and their Characterization by Texture Profile Analysis. In: *Handbook of Formulating Dermal Applications*. USA: John Wiley, 2016, s. 129-153. ISBN 978-1-119-36422-1
- [42] LAMBRECHTS, Aurelia. How to Fix & Prevent Split/Oily/Grainy Chocolate Ganache. In: *Philosophy of yum: Home Bakery Business Tips & Courses* [online]. website: PHILOSOPHY OF YUM, 2016 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://philosophyofyum.com/grainy-ganache-fix-prevent/>
- [43] Broken Ganache. *Chocolate Academy* [online]. website: Chocolate Academy, 2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.chocolate-academy.com/en/artisan-chef-support/troubleshooting/broken-ganache>

- [44] Sugars, granulated (SR Legacy, 169655). *Agricultural Research Service (ARS) : U.S. Department of Agriculture's (USDA)* [online]. USA: USDA, 2019 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169655/measures>
- [45] VINCOVÁ, Anna, Kristýna ŠANTOVÁ, Vendula KŮROVÁ, et al. The Impact of Divergent Algal Hydrocolloids Addition on the Physicochemical, Viscoelastic, Textural, and Organoleptic Properties of Cream Cheese Products. *Foods* [online]. 2023, 12(8), [cit. 2023-05-08]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12081602.
- [46] LAPČÍKOVÁ, Barbora, Lubomír LAPČÍK, Tomáš VALENTA a Tereza KUČEROVÁ. Functional and Quality Profile Evaluation of Butters, Spreadable Fats, and Shortenings Available from Czech Market. *Foods*. 2022, 11(21), all. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11213437
- [47] Overview of TPA: Texture Profile Analysis. *Texture Technologies Corp.* [online]. USA: Texture Technologies, 2012 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis>
- [48] KAMENÍK, Josef, Bohumíra JANŠTOVÁ a Alena SALÁKOVÁ. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu*. Brno, 2014. Dostupné také z: <https://fvhe.vfu.cz/files/technologie-a-hygiena-potravin-zivocisneho-puvodu.pdf>. Skripta. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- [49] NIKZADE, V., M. Mazaheri TEHRANI a M. SAADATMAND-TARZJAN. Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids* [online]. 2012, 28(2), 344-352 [cit. 2023-05-08]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2011.12.023.
- [50] CHOI, Seung Jun, Jong Won WON, Kyung Min PARK a Pahn-Shick CHANG. A New Method for Determining the Emulsion Stability Index by Backscattering Light Detection. *Journal of Food Process Engineering*[online]. 2014, 37(3), 229-236 [cit. 2023-05-08]. ISSN 01458876. Dostupné z: doi:10.1111/jfpe.12078
- [51] OPUSTILOVÁ, Kristýna, Barbora LAPČÍKOVÁ, Lubomír LAPČÍK, Shweta GAUTAM, Tomáš VALENTA a Peng LI. Physico-Chemical Study of Curcumin and Its Application in O/W/O Multiple Emulsion. *Foods* [online]. 2023, 12(7) [cit. 2023-05-08]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12071394.
- [52] GONÇALVES, Estela Vidal a Suzana Caetano da Silva LANNES. Chocolate rheology. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [online]. 2010, 30(4), 845-851 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0101-2061. Dostupné z: doi:10.1590/S0101-20612010000400002.
- [53] WHITCOMB, Kevin. Determining the Linear Viscoelastic Region in Oscillatory Measurements. *TA Instruments* [online]. website: TA Instruments, 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.tainstruments.com/pdf/literature/RH107.pdf>.
- [54] MOHOS, Ferenc Á. The Rheology of Foods and Sweets. In: *Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications*. USA: John Wiley, 2016, s. 579-603. ISBN 978-1-118-93974-1
- [55] ABBOTT, Steven. *The Abbott Guide to Rheology* [online]. website: Prof. Steven Abbott, 2019 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.stevenabbott.co.uk>.
- [56] MCCLEMENTS, D.J. The rheology of emulsion-based food products. In: *Texture in Food*. United Kingdom: Woodhead Publishing Limited, 2003, s. 3-35. ISBN 978-1-85573-673-3.
- [57] AHMED, Jasim a Mohammad SHAFIUR RAHMAN, ed. *Handbook of Food Process Design* [online]. website: Wiley, 2012 [cit. 2023-05-08]. ISBN 9781444330113. Dostupné z: doi:10.1002/9781444398274.

- [58] How to Measure Cohesiveness: Texture Analyser Test. *Stable Micro Systems* [online]. United Kingdom: Stable Micro Systems, 2023 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.stablemicrosystems.com/MeasureCohesiveness.html>
- [59] VANHOUTTE, Bert, Koen DEWETTINCK, Brecht VANLERBERGHE a André HUYGHEBAERT. Monitoring milk fat fractionation: Effect of agitation, temperature, and residence time on physical properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [online]. 2002, 79(12), 1169-1176 [cit. 2023-05-08]. ISSN 0003021X. Dostupné z: doi:10.1007/s11746-002-0622-3
- [60] PALAV, T.S. Chemistry of Cake Manufacturing. In: *Reference Module in Food Science* [online]. Second. website: Elsevier, 2016, 2016, s. 367-374 [cit. 2023-05-08]. ISBN 9780081005965. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.00156-6.
- [61] GÓMEZ, R. a J. FERNÁNDEZ-SALGUERO. Water activity and chemical composition of some food emulsions. *Food Chemistry*. Spain, 2019, 45(91-93), 91-93. Dostupné z: doi:10.1016/0308-8146(92)90015-T
- [62] HORSTMANN, S.W., C. AXEL a E.K. ARENDT. Water absorption as a prediction tool for the application of hydrocolloids in potato starch-based bread. *Food Hydrocolloids*. 2018, 81(october 2018), 129-138. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2018.02.045
- [63] KARAMAN, Safa, Yusuf KESLER, Meryem GOKSEL, Mahmut DOGAN a Ahmed KAYACIER. Rheological and some Physicochemical Properties of Selected Hydrocolloids and their Interactions with Guar Gum: Characterization using Principal Component Analysis and Viscous Synergism Index. *International Journal of Food Properties*. 2014, 17(8), 1655-1667. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1080/10942912.2012.675612.
- [64] TORRES, María D., Ramón MOREIRA, Francisco CHENLO a María J. VÁZQUEZ. Water adsorption isotherms of carboxymethyl cellulose, guar, locust bean, tragacanth and xanthan gums. *Carbohydrate Polymers*. 2012, 89(2), 592-598. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2012.03.055
- [65] GUNASEKARA, Dewni, Ashani BULATHGAMA, Indira WICKRAMASINGHE a Karthik POTHYAPPAN. Comparison of Different Hydrocolloids on the Novel Development of Muffins from “Purple Yam” (*Dioscorea alata*) Flour in Sensory, Textural, and Nutritional Aspects. *International Journal of Food Science*. 2021, 2021(3), 1-7. ISSN 2314-5765. Dostupné z: doi:10.1155/2021/9970291.
- [66] KINSELLA, John E., Patrick F. FOX a Louis B. ROCKLAND. Water sorption by proteins: milk and whey proteins. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1986, 24(2), 91-139. ISSN 0099-0248. Dostupné z: doi:10.1080/10408398609527434.
- [67] AB, Rodge, Sonkamble SM a Salve RV. Effect of Hydrocolloid (guar gum) Incorporation on the Quality Characteristics of Bread. *Journal of Food : Processing & Technology*. 2012, 03(02), all. ISSN 21577110. Dostupné z: doi:10.4172/2157-7110.1000136.
- [68] WANG, Xin, Quanquan LIN, Aiqian YE, Jianzhong HAN a Harjinder SINGH. Flocculation of oil-in-water emulsions stabilised by milk protein ingredients under gastric conditions: Impact on in vitro intestinal lipid digestion. *Food Hydrocolloids* [online]. 2019, 88(march 2019), 272-282 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2018.10.001
- [69] Food and Foodstuff - pH Values. *The Engineering ToolBox* [online]. website: The Engineering ToolBox, 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: [https://www.engineeringtoolbox.com/food-ph-d\\_403.html](https://www.engineeringtoolbox.com/food-ph-d_403.html).
- [70] IQBAL, Muhamad. Is Chocolate Acidic?. *Hard choco : Taste the chocolates* [online]. website: Hard choco, 2023, 11.3.2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://hardchoco.com/is-chocolate-acidic>.



- [71] Frozen fruit purée 100% : Raspberry. *Les vergers Boiron* [online]. France: Les vergers Boiron, 2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.my-vb.com/us/products/frozen-fruit-purees/frozen-fruit-puree-100-raspberry>.
- [72] KRÍŽ, Oldřich, František BUNKA a Jan HRABĚ. *Senzorická analýza potravin II. : Statistické metody*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2007. ISBN 978-80-7318-494-0.
- [73] VAN DER VEKEN, Erik. Balancing technological sugars in ganaches: Introduction to the use of technological sugars in ganaches. In: *Arcane Chocolate by Erik Van Der Veken* [online]. Ireland: Arcane Chocolates, 2019 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://arcanechocolate.com/ganache-formulation>
- [74] COPPEL, Melissa. Technical tips from Melissa Coppel. *Cacao Barry* [online]. USA: Cacao Barry, 2023 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.cacao-barry.com/en-US/cocoa-cacaocollective/news-recipes-stories/technical-tips-melissa-coppel>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Použité zkratky pro vzorky, viz tabulka 1.

Aw Vodní aktivita

CBE Eqivalent kakaového másla

CPM Celkový počet mikroorganismů

DSC Diferenciální skenovací kalorimetrie

E471 Emulgátor mono (MAG) a diglyceridy (DAG) mastných kyselin

PCA Analýza hlavních komponent, PC hlavní komponenta

SAFA Nasycené mastné kyseliny

TAG Triacylglycerol

TPA Texturní profilová analýza