

Termická analýza a její využití v potravinářství

Bc. Klára Hrubá

Diplomová práce



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Klára Hrubá**
Osobní číslo: **T16552**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Termická analýza a její využití v potravinářství**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část:

1. Co je termická analýza?
2. Přehled metod termické analýzy.
3. Aplikace metod termické analýzy v potravinářství.

II. Praktická část:

1. Měření vybraných vzorků potravin metodami DTA/TG a DSC.
2. Vyhodnocení a diskuze výsledků.
3. Formulace závěrů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HATAKEYAMA, T. a F. X. QUINN. Thermal analysis: fundamentals and applications to polymer science. 2nd ed. Chichester: John Wiley, 1999, viii, 180 s. ISBN 0-471-98362-4.

[2] BLAŽEK, Antonín. Termická analýza. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1972, 294 s. Moderní metody v chemické laboratoři.

[3] SLOBODIAN, Petr. Termická analýza materiálů. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 153 s. ISBN 978-80-7454-403-3.

[4] Food. Collected Applications. Thermal Analysis. Mettler Toledo.

[5] LUDGER O. FIGURA, ARTHUR A. TEIXEIRA. Food Physics, Physical Properties Measurement and Applications. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2007. ISBN 978-3-540-34191-8.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Mgr. Barbora Lapčíková, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

2. února 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

25. dubna 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: HRUBÁ VLÁRA

Obor: TECHNOLOGIE POTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 24.4.2018

.....
.....

⁴¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²¹⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³¹⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je představit využití Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC) a Termogravimetrie (TG) v potravinářství. Z fyzikálně – chemického hlediska popsat vliv účinku teploty na jednotlivé složky potravin. Vybrané druhy potravin zastupovaly tři základní složky potravin. Bílkoviny, u kterých sledujeme denaturaci. Sacharidy, u kterých sledujeme degradaci. Procesy tání a krystalizace byly pozorovány u lipidů.

Klíčové slova: termická analýza, proteiny, lipidy, sacharidy

ABSTRACT

The aim of this thesis was characterized the use of Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Thermogravimetry (TGA) in the food industry. From physicochemical point of view has been described the influence of temperature on the basic ingredients. Selected food categories represented three basic food ingredients. We monitor denaturation for proteins and monitor degradation in carbohydrates. Melting and crystallization processes have been observed with lipids.

Keywords: thermal analysis, proteins, lipids, carbohydrates

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí diplomové práce paní doc. Mgr. Barboře Lapčíkové, Ph.D. za její cenné rady a trpělivost při vedení diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Tomáši Valentovi za jeho ochotu a čas, který mi věnoval při měření vzorků.

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

Obsah

ABSTRAKT	6
ÚVOD	11
1 TERMICKÁ ANALÝZA.....	13
2 METODY TERMICKÉ ANALÝZY	14
2.1 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ PRO TERMICKOU ANALÝZU.....	14
2.2 TERMOGRAVIMETRIE (TG)	14
2.2.1 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	15
2.3 DIFERENČNÍ TERMICKÁ ANALÝZA (DTA).....	16
2.3.1 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	17
2.4 TERMOMECHANICKÁ ANALÝZA (TMA).....	18
2.4.1 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	18
2.5 DIFERENČNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE (DSC).....	19
2.5.1 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	19
3 APLIKACE TERMICKÉ ANALÝZY V POTRAVINÁŘSTVÍ	21
3.1 BÍLKOVINY V POTRAVĚ.....	21
3.1.1 CHEMICKÉ A FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ VLASTNOSTÍ BÍLKOVIN	21
3.1.2 VÝZNAM BÍLKOVIN VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA	21
3.1.3 ZMĚNY BÍLKOVIN VLIVEM TEPLoty	22
3.2 SACHARIDY V POTRAVĚ.....	23
3.2.1 CHEMICKÉ A FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ VLASTNOSTÍ SACHARIDŮ.....	23
3.2.2 VÝZNAM SACHARIDŮ VE VÝŽIVĚ	25
3.2.3 ZMĚNY SACHARIDŮ VLIVEM TEPLoty	26
3.3 LIPIDY V POTRAVĚ.....	26
3.3.1 CHEMICKÉ A FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ VLASTNOSTI LIPIDŮ	27
3.4 VLIV TEPLoty NA LIPIDY.....	28

3.4.1	KRYSTALIZACE TRIACYLGLYCEROLŮ	28
3.4.2	TÁNÍ A TUHNUTÍ LIPIDŮ	28
3.4.3	OXIDAČNÍ REAKCE.....	29
3.4.4	ČOKOLÁDA.....	29
3.4.5	ARAŠÍDOVÝ OLEJ.....	30
3.4.6	SLUNEČNICOVÁ OLEJ	31
3.4.7	ŘEPKOVÝ OLEJ.....	32
3.4.8	OLIVOVÝ OLEJ	32
3.4.9	SÓJOVÝ OLEJ	33
4	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A VZORKY POTRAVIN.....	35
4.1	PŘÍSTROJE	35
4.2	MĚŘENÉ VZORKY VYBRANÝCH POTRAVIN	35
4.2.1	MLÉČNÁ ČOKOLÁDA FIGARO.....	35
4.2.2	DELUXE CHOCOLATE	36
	VÝROBCE: CARLA SPOL. S. R. O	36
4.2.3	SÓJOVÝ OLEJ	36
4.2.4	OLIVOVÝ OLEJ	37
4.2.5	SLUNEČNICOVÝ OLEJ	37
4.2.6	ŘEPKOVÝ OLEJ.....	38
4.2.7	ARAŠÍDOVÝ OLEJ.....	38
4.2.8	VAJEČNÝ BÍLEK	39
4.2.9	BRAMBOROVÝ ŠKROB SOLAMYL	39
4.2.10	KUKUŘIČNÝ ŠKROB GUSTIN	40
4.2.11	CUKR BÍLÝ.....	40
4.2.12	VEPŘOVÉ, KUŘECÍ A HOVĚZÍ MASO	41
5	VYHODNOCENÍ A DISKUZE VÝSLEDKŮ	42
5.1	MLÉČNÁ ČOKOLÁDA FIGARO	42
5.2	DELUXE CHOCOLATE.....	43
5.3	BRAMBOROVÝ ŠKROB SOLAMYL	44
5.4	KUKUŘIČNÝ ŠKROB GUSTIN.....	45
5.5	VAJEČNÝ BÍLEK.....	46
5.6	ARAŠÍDOVÝ OLEJ.....	47
5.7	OLIVOVÝ OLEJ.....	48
5.8	ŘEPKOVÝ OLEJ	49
5.9	SLUNEČNICOVÝ OLEJ	50
5.10	SÓJOVÝ OLEJ.....	51

5.11 KRUPICE CUKR BÍLÝ	52
5.12 HOVĚZÍ MASO, KUŘECÍ MASO A VEPŘOVÉ MASO	53
6 ZÁVĚR.....	57
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
8 SEZNAM TABULEK	63
9 SEZNAM OBRÁZKŮ	64

ÚVOD

Metody termické analýzy jsou experimentální metody a své uplatnění nacházejí v široké oblasti výzkumu a výroby. Mezi tuto skupinu metod zahrnujeme experimentální metody, u kterých sledujeme probíhající fyzikální a chemické jevy v závislosti na teplotě a čase, ale také fyzikální změny. Mezi takové fyzikální změny patří změny hmotnosti nebo objemu zkoumaného vzorku, uvolňování a pohlcování energie, vývoj a pohlcování plynů apod. Během ochlazování či zahřívání zkoumaného vzorku dochází k uvolňování nebo vstřebávání tepla. Z naměřených hodnot, poté získáme základní informace o vlastnostech různých látek rostlinného a živočišného původu, ale i syntetického materiálu. Termická analýzy se osvědčila také při hodnocení kvality potravin a jejich hlavních složek, jako jsou bílkoviny, sacharidy a lipidy.

Pomocí metod termické analýzy můžeme optimalizovat technologický postup výroby, podmínky během skladování a dopravy. Metody termické analýzy nám umožní sledovat fyzikální změny potravin během ochlazování, či zahřívání. Potraviny jsou vlivu tepelných změn vystaveny již od počátku výroby, balení, skladování, expedice až po dopravu ke konečnému spotřebiteli. Během teplotních vlivů na potraviny dochází k řadě chemických reakcí jako je denaturace, mazovatění, krystalizace, tání a vypařování. Tyto změny jsou doprovázeny změnou hmotnosti a objemu výrobku, které se promítají do kvality konečného produktu.

Mezi hlavní techniky využívané při optimalizaci funkčních vlastností a procesních podmínek se řadí Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) a termogravimetrická analýza (TG). DSC umožňuje zkoumat postupy vaření a mražení s ohledem na teplo a čas. Lze ji využít také ke stanovení jiných vlastností potravinářských produktů a jejich složek.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TERMICKÁ ANALÝZA

Termická analýza je skupina materiálově – chemických metod, které analyzují změny složení a vlastností látek, a jejich směsí působením definovaných teplotních změn, jejichž výsledky jsou zaznamenávány společně s teplotou. Metody termické analýzy se používají ke studiu fázových přeměn, tepelných rozkladů, určení teplot tání nebo sublimace, určení čistoty látek a ke studiu reakcí v pevné fázi [1,2].

Základním jevem důležitým pro metody termické analýzy je změna entalpie (ΔH). Každou látku lze charakterizovat obsahem volné entalpie (G), která je dána výrazem

$$G = H - TS, \quad (1)$$

kde H je entalpie, T absolutní teplota a S entropie.

Každý systém má při dané teplotě snahu dosáhnout stavu, který odpovídá nižšímu obsahu volné entalpie. Příkladem může být přechod látky z jedné krystalické formy do druhé, která má při dané teplotě menší obsah volné entalpie, čímž je stálejší. Změna fáze nebo chemické reakce bývá doprovázená změnou hmotnosti, změnou entalpie, změnou objemu atd. [2].

Využití termické analýzy v potravinářství souvisí převážně se změnou vlastností potraviny během výroby, přepravy, skladování, přípravy a spotřeby, jako je např. pasterizace, sterilizace, odpařování, vaření, mražení, chlazení apod. Změny teploty způsobují změny fyzikálních a chemických vlastností potravinových složek, které ovlivňují celkové vlastnosti konečného produktu, např. chuť, vzhled, struktura a stabilita. Mohou se podporovat chemické reakce, jako jsou tavení, želatinace, denaturaci, obsahu vody, krystalizaci, oxidaci. Všechny tyto parametry jsou v dnešním potravinářském průmyslu zásadní. Získané údaje jsou nezbytné pro optimalizaci návrhu, manipulace, zpracování a balení výrobků. Lepší pochopení těchto procesů je nezbytné v potravinářském průmyslu [4-5].

Výhodou metod termické analýzy je jejich poměrná jednoduchost, možnost automatizace a rychlost termického rozboru i u dosti složitého materiálu. Nevýhodou je poměrná složitost zařízení [3].

2 METODY TERMICKÉ ANALÝZY

2.1 Měřicí zařízení pro termickou analýzu

Pro termickou analýzu se používají speciální přístroje a zařízení, které mají obecně společné rysy. Zkoumaný vzorek je umístěn v tavicím kelímku, pánvičce atd., který je dále umístěn v peci, čímž je vzorek podroben danému teplotnímu programu. Během procesu jsou sledovány vlastnosti vzorku, které jsou pomocí převaděče měněny na elektrickou veličinu, jako je napětí a proud. Signál z převaděče je zesilován a zpracován počítačem. Počítač prostřednictvím řídicí jednotky reguluje změnu teploty. Následně lze sestavit termoanalytickou křivku, která představuje závislost vlastnosti (tepelný tok, teplotní rozdíl, hmotnost vzorku, délka vzorku atd.) na nějakém proměnném parametru (teplota, čas, frekvence mechanického zatěžování atd.) [6].

U popisu křivek se používají základní termíny:

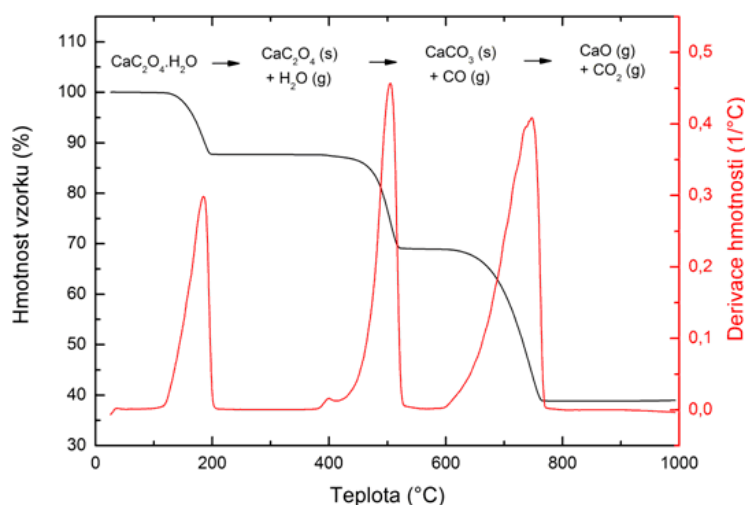
- základní linie (baseline) - odpovídá nulovému rozdílu měřené veličiny mezi referenčním a měřeným vzorkem,
- pík – nachází se na křivce DTA, DSC nebo na derivační TG křivce (DTG), u DTA a DSC odpovídá rozdílu měřené vlastnosti mezi referenčním a analyzovaným vzorkem, tzn., že u měřeného vzorku dochází k tepelně zabarveným procesům (exotermním nebo endotermním) a díky nim má příslušná křivka jiný průběh než základní linie,
- plato-na TG křivce, je to oblast termické stability měřeného vzorku, kdy se nemění jeho hmotnost,
- zlom-hmotnostní úbytek nebo hmotnostní nárůst-oblasti změny hmotnosti [7].

2.2 Termogravimetrie (TG)

Termogravimetrie je experimentální metoda, která měří změnu hmotnosti nebo rychlost změny hmotnosti zkoumaného vzorku při jeho ohřevu. Podle způsobu ohřevu vzorku hovoříme o izotermní termogravimetrii, kdy dochází k postupnému zahřívání nebo o izotermické gravimetrii, která je za přesně definovaných podmínek. Důležitými parametry jsou zejména volba atmosféry (inertní, oxidační), rychlost ohřevu a teplotní gradienty [2,8,9].

Termogravimetrická křivka, vyjadřující závislost změn hmotnosti na teplotě podává informace o složení výchozího vzorku, o jeho tepelné stálosti nebo tepelném rozkladu i o produktech, jež při rozkladu vznikají. Podle způsobu, který sledujeme, může termogravimetrickou křivku vyjadřovat jako:

- a) závislost změny hmotnosti na teplotě nebo čase, vyjádřenou normální termogravimetrickou křivkou,
- b) závislost rychlosti změny hmotnosti na teplotě nebo čase, vyjádřenou diferenciální termogravimetrickou křivkou [2].



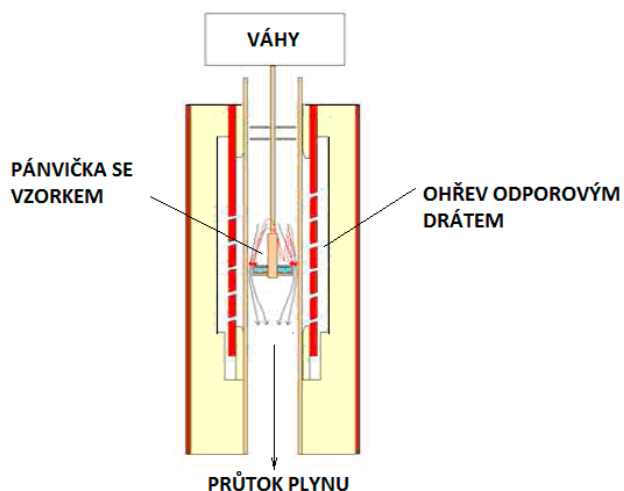
Obr. 1 Termogravimetrická křivka [10]

2.2.1 Přístrojové vybavení

Přístroje pro TG se skládají z elektrické pece, analytických vah, nosičů vzorků, zařízení pro měření a řízení teploty a počítače. Vlastní termogravimetrická analýza probíhá na termováhách. Používají se tři upořádání, resp. umístění termovah vůči peci:

- vertikální se vzorkem položeným na mechanismu termovah-plnění shora,
- vertikální se vzorkem zavěšeným na mechanismu termovah,
- horizontální.

Nejpoužívanější je mechanismus, který zajišťuje stálou polohu vzorku v zóně pece v průběhu změny jeho hmotnosti. Jedná se o elektro-optické zařízení s klapkou umístěnou na rameně váhy, která je částečně vložena do cesty světlemu paprsku z lampy směřujícího do fotočlánku. Pohyb ramene změny intenzity dopadajícího světla a pomocí elektromagnetického mechanismu se zařízení vrací do nulové polohy [6,7].



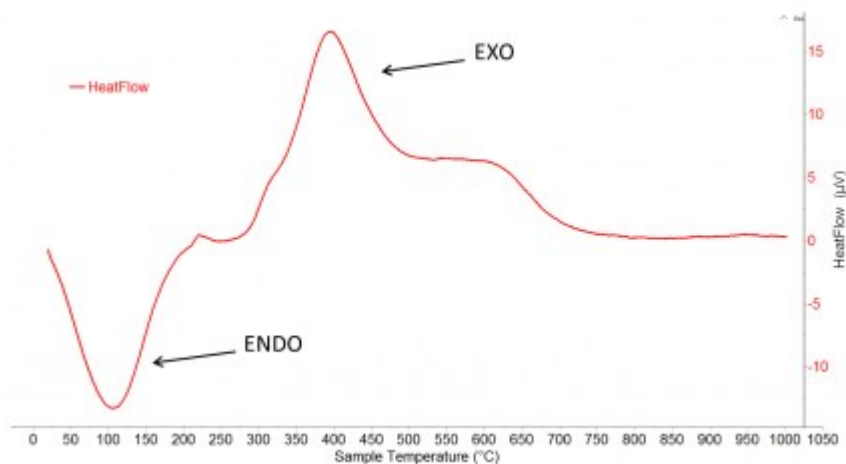
Obr. 2 Uspořádání termogravimetrické váhy [10].

2.3 Diferenční termická analýza (DTA)

Diferenčně termická analýza je dynamická tepelně analytická metoda, při níž se sledují teplotní efekty zkoumaného vzorku, spojeného s jeho fyzikálními nebo chemickými změnami při jeho plynulém, lineárním ohřevu nebo ochlazování. Sledovanou veličinou u této metody je teplotní rozdíl mezi analyzovaným vzorkem a referenční látkou [2,11].

V průběhu každé chemické reakce a fyzikální změny dochází k uvolnění nebo pohlcení energie, což vyvolává zjistitelnou změnu teploty vzorku.

Výsledkem diferenční termické analýzy je DTA-křivka, která graficky znázorňuje závislost rozdílu teplot mezi studovaným a referenčním vzorkem (v jednotkách elektrického napětí, běžně μV resp. mV , jelikož je tento rozdíl snímán jako rozdíl napětí na termočláncích pod studovaným a referenčním vzorkem) na teplotě příp. na čase. Na DTA křivce pozorujeme oblasti nulových hodnot, kdy neprobíhá žádný děj, a píky. Píky kladných hodnot jsou dány exotermickými ději a nazývají se exoefekty, zatímco píky sahající do záporných hodnot, tzv. endoefekty, jsou vyvolány ději endotermickými [2,12].



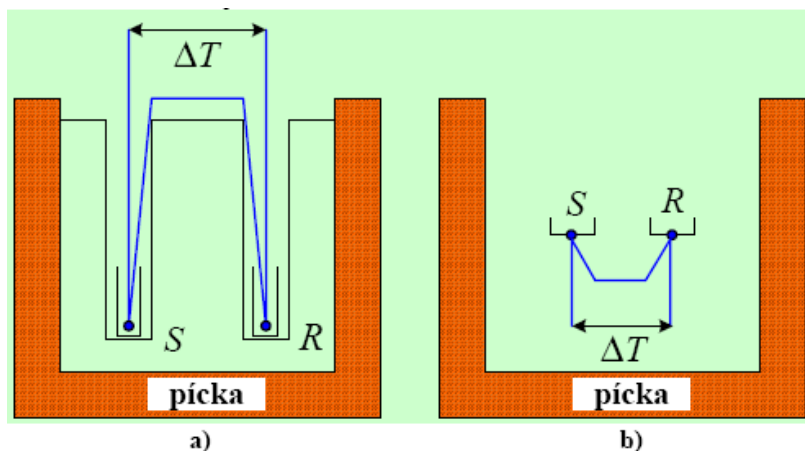
Obr. 3 DTA – křivka, endo a exo píky [13].

2.3.1 Přístrojové vybavení

Zařízení pro diferenční termickou analýzu se skládá ze tří základních částí:

- elektrické pece (popř. kryostatu),
- měřicí hlavy – součástí jsou termoelektrické články pro měření teploty a teplotních rozdílů vzorků a nosiče vzorků jak měřeného, tak referenčního (bloky, kelímky, misky s víčky atd.),
- regulátoru teploty a počítače.

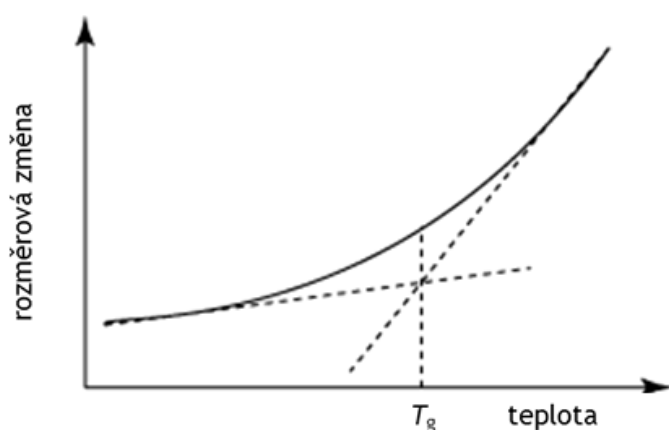
Správná interpretace výsledků DTA závisí na přesném vyhodnocení teplot. K posouzení souladu mezi naměřenou a skutečnou hodnotou jsou používány standardy, které vykazují při dané teplotě přeměnu spojenou s vhodným tepelným efektem, vytvářející na křivce DTA pík. Srovnávací vzorek musí mít určité vlastnosti. Neměl by podléhat termickým změnám v daném teplotním rozmezí, nesmí reagovat s nádobkou, popř. držákem, ve kterém je umístěn a jeho tepelná vodivost a kapacita by měla být co nejbližší analyzovanému vzorku. Příkladem srovnávací látky pro anorganické vzorky může být Al_2O_3 nebo SiC a pro organické polymery silikonový olej [6,14].



Obr. 4 Uspořádání měřicí cely DTA: a) konvenční provedení, b) dnešní podoba DTA [15].

2.4 Termomechanická analýza (TMA)

Termomechanická analýza představuje soubor více termoanalytických metod, kterými se zjišťuje roztažnost, pokřivení, penetrace, expanze a komprese studovaného vzorku v závislosti na teplotě nebo zatížení. Velkou výhodou této metody je aplikace přímo na vyrobený výrobek různých tvarů nebo jejich částí. TMA sleduje také proces krystalizace i stanovení krystalického podílu, teplotu tání, objemovou i lineární roztažnost. Podle použité metody měření lze také stanovit průběh koeficientu tepelné roztažnosti v závislosti na teplotě, bod měknutí a tání materiálu, teplotu skelného přechodu, viskozitu tuhých látek, moduly pružnosti, změna viskoelastických vlastností látek a další [6,12,16].



Obr. 5 Stanovení teploty skelného přechodu pomocí TMA [16].

2.4.1 Přístrojové vybavení

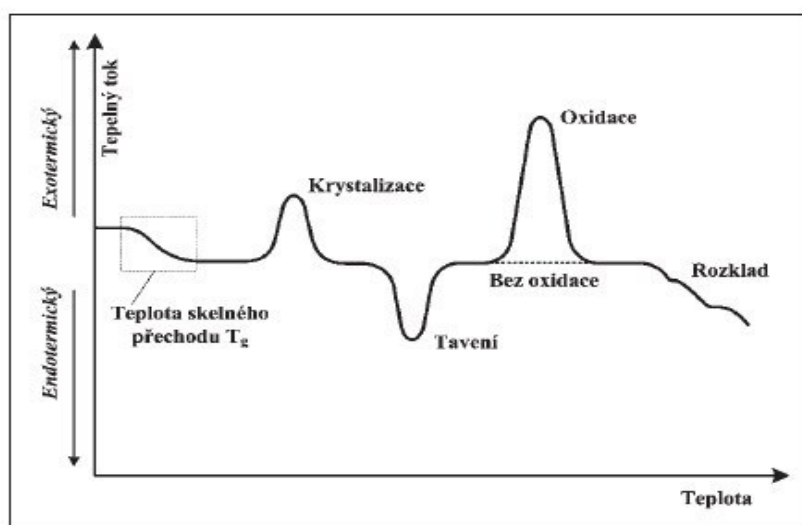
Při vlastním sledování je zkoušený vzorek umístěn v ochranném obalu (křemenná destička nebo misťička), který zajišťuje ochranu proti slepení vzorku a je umístěn v temperační komoře, ve které je udržován předdefinovaný teplotní program pomocí čidla a termočlánu umístěného v bezprostřední blízkosti

vzorku. Pro měření roztažnosti je sonda přiložena na vzorek s minimálním tlakem. Měření s konstantní silou umožňují stanovení penetrace, ohybu, napětí, smršťování, bobtnání a creepu. Volba vhodné sondy závisí především na tom, co od měření očekáváme, ale i na dalších faktorech, mimo jiné i na povaze vzorku [16-18].

2.5 Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC)

Během diferenční skenovací kalorimetrie se vzorek podrobuje lineárnímu ohřevu, či chlazení vzorku. Získávají se, kalorimetrická data měřením rozdílu tepelného toku do vzorku a reference při zachování nulového teplotního rozdílu mezi nimi. Přenos měření DSC je oproti DTA vyšší [2,6].

DSC měří endotermní a exotermní efekty, které se projevují při poklesu anebo vzrůstu entalpie vzorku. Termický jev se potom projeví na teplotní nebo časové závislosti jako stupňovitá změna anebo jako pík [6].

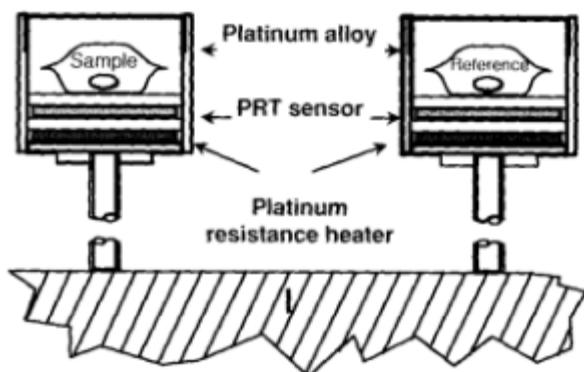


Obr. 6 Křivka diferenční skenovací kalorimetrie [7].

2.5.1 Přístrojové vybavení

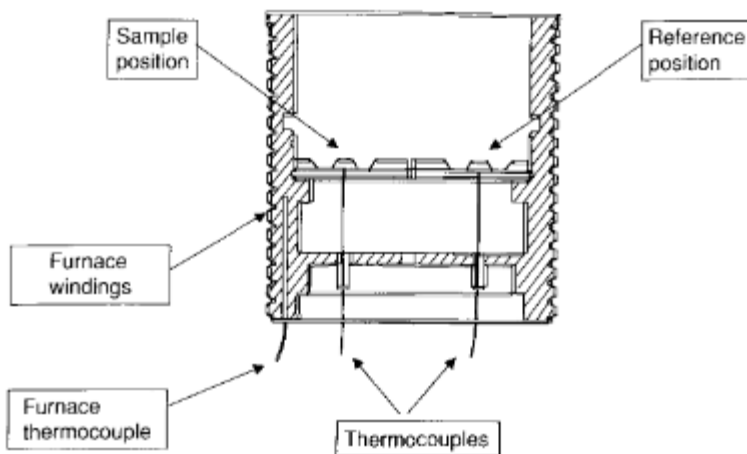
Používají se dva typy analyzátorů. DSC s kompenzačním příkonem a DSC s tepelným tokem.

DSC s kompenzačním příkonem se skládá ze dvou oddělených obvodů. První obvod je kontrolní, který měří průměrnou teplotu vzorků a automaticky vyrovnává tepelný výkon zvyšováním průměrné teploty lineárně. Druhý obvod je řídicí a zaznamenává teplotní rozdíly mezi srovnávacím a měřeným vzorkem. Určuje, který ze vzorků má vyšší teplotu a automaticky kompenzuje tyto teplotní rozdíly. Studovaný i referenční vzorek mají své nosiče, které obsahují teplotní čidla a topná tělíska. Vzorky jsou od sebe dokonale izolovány, aby nedošlo k tepelnému toku mezi nimi.



Obr. 7 Schéma diferenčního skenovacího kalorimetru s kompenzací příkonu.

DSC s tepelným tokem je složeno z měřicí hlavy s držákem pro vzorek a srovnávací látku, pece, termostatu, zdroje plynů a zdroje napětí, regulátoru teploty a záznamového zařízení. U tohoto typu DSC lze použít vzorky malých hmotností (1 až 100 mg). Vzorky se vkládají do keramických nebo kovových misek nebo do folií, aby se docílilo dokonalého kontaktu s topným tělískem a teplotními čidly [7,12].



Obr. 8 Schéma diferenčního skenovacího kalorimetru s tepelným tokem.

3 APLIKACE TERMICKÉ ANALÝZY V POTRAVINÁŘSTVÍ

3.1 Bílkoviny v potravě

3.1.1 Chemické a fyzikálně chemické vlastnosti bílkovin

Makromolekulární látky složené z velkého počtu aminokyselinových zbytků. V přírodě se nachází stovky aminokyselin, ale pouze dvacet jich je geneticky kódovaných a tvoří přirozené bílkoviny. Molekuly bílkovin tvoří různě dlouhé řetězce aminokyselin spojené vzájemně peptidovou vazbou –CO–NH– vznikající mezi –OH skupinou z karboxylového konce jedné aminokyseliny a –NH₂ skupinou druhé aminokyseliny za současného odštěpení vody. Některé bílkoviny obsahují vázané anorganické ionty nebo organické sloučeniny.

Bílkoviny jsou stavebním materiálem tkáni a pletiv. V metabolismu hrají klíčovou roli. Jsou součástí všech buněk a musí být neustále obnovovány. U člověka je tvorba bílkovin závislá výhradně na příjmu aminokyselin z potravy. Aminokyseliny rozdělujeme na esenciální, semiesenciální a neesenciální, které je lidský organismus schopen vytvořit z ostatních aminokyselin. Bílkoviny slouží také jako zdroj energie, při nedostatečném příjmu sacharidů.

Struktura bílkovin je nezbytná pro jeho správnou funkci a popisuje se ve čtyřech úrovních. Primární struktura bílkovin je daná pořadím aminokyselin v řetězci. Sekundární strukturou rozumíme prostorové uspořádání polypeptidového řetězce v jeho určitých místech. Popisem terciární struktury se postihuje celkové prostorové uspořádání bílkovinné molekuly. Kvarterní struktura popisuje vzájemné uspořádání. Mnohé proteiny se skládají z více samostatných polypeptidových řetězců-podjednotek [19,20].

3.1.2 Význam bílkovin ve výživě člověka

Z výživového hlediska se jednotlivé typy bílkovin dělí na plnohodnotné a neplnohodnotné. Plnohodnotné bílkoviny obsahují všechny esenciální aminokyseliny. Jedná se o bílkoviny živočišného původu. Neplnohodnotné bílkoviny obsahují jen některé aminokyseliny. Jedná se o bílkoviny rostlinného původu. Potřeba bílkovin je ovlivněna věkem, pohlavím, zdravotním stavem apod. Dospělý člověk potřebuje denně minimálně 0,5-0,6 g plnohodnotného proteinu na 1 kg hmotnosti těla. V lidském organismu se asi za 160 dnů vymění všechny bílkoviny. Při nižším příjmu mohou vznikat vážné poruchy, např. snížení odolnosti vůči infekcím, zhoršení hojení ran po úrazech, poruchy duševního a tělesného vývoje. Dlouhodobější nedostatek bílkovin zpomaluje růst a vývoj organismu, způsobuje poruchy ústřední nervové soustavy, atrofii svalstva, smrt.

Podle WHO je běžně doporučovaná spotřeba 0,8 g na 1 kg tělesné hmotnosti, větší spotřebu proteinů mají děti v období růstu, kojící ženy, rekonvalescenti, aktivní sportovci aj. (2,4 g/kg).

Příjem 15 g vysoce hodnotného proteinu denně se nazývá "absolutní proteinové minimum". Vyrovnaný příjem proteinů, tzv. "bilanční fyziologické proteinové minimum", je dvojnásobek, tj. 30 g.

Proteiny se získávají z různých druhů živin: proteiny mléčné, vaječné, pšeničné, z masa aj. Směs dvou proteinů má vždy vyšší biologickou hodnotu než protein samotný.

Nadměrný příjem proteinů jako zdroj energie je nevhodný a pro organismus značně zatěžující. Při deaminaci se uvolňuje amoniak, který se přeměňuje na močovinu a je vylučován ledvinami. Tento pochod je pro organismus značně zatěžující [20-22].

3.1.3 Změny bílkovin vlivem teploty

Denaturace

Bílkoviny podléhají během technologického zpracování řadě změn a reakcí. Jedná se o rozkladné reakce, během kterých může docházet ke změnám funkčních a fyzikálních vlastností, ovlivnění nutriční hodnoty nebo tvorbě dalších vonných a chuťových látek.

Účinkem zvýšených teplot nebo nízkých mrazírenských teplot dojde ke změně prostorového uspořádání molekuly bílkoviny a ke ztrátě biologických funkcí. Tyto změny nejčastěji postihují kvarterní a terciální strukturu, ale v případě razantnějších zásahů postihují také primární a sekundární strukturu. Tento proces je nazýván denaturace. Během denaturace dojde ke ztrátě nativní funkce bílkovin a ztrátě biologické aktivity. Za určitých podmínek může být denaturace vratná, dojde-li k odstranění denaturačního vlivu a molekula bílkoviny opět zaujme nativní konformaci.

Z výživového hlediska je denuraci možno považovat za žádoucí, protože při porušení nativní funkce bílkovin se zlepší přístup proteolytických enzymů k funkčním skupinám proteinů a tím se zlepší jejich stravitelnost. Dochází také k denuraci některých antinutričních a přirozených toxických látek, enzymů a bílkovinné struktury organismů.

Denaturace bílkovin má vliv na sensorické vlastnosti potravin, kdy dojde ke změně barvy, textury, konzistence, chuti a vůně [20,23,24].

3.2 Sacharidy v potravě

3.2.1 Chemické a fyzikálně chemické vlastností sacharidů

Sacharidy jsou organické sloučeniny, jejichž obecný vzorec je $C_m(H_2O)_n$. Společně s bílkovinami, tuky a jejich deriváty, patří sacharidy mezi základní neboli hlavní složky potravin. Z hlediska výživy, jsou jedním z hlavních zdrojů energie přijímaných v potravě. V potravinách také významně ovlivňují jejich chuť, barvu a texturu, nebo trvanlivost.

Využitelné, stravitelné sacharidy mají přímý vliv na hladinu glukosy v krvi a udržení acidobazické rovnováhy v buňkách lidského těla. Využitelnými sacharidy jsou glukosa, fruktóza, sacharóza, maltóza, laktóza, škrob a glykogen.

Větší část nevyužitelných sacharidů se nazývá vláknina. Jedná se o sloučeniny, které nepodléhají enzymové degradaci trávicími šťávami tenkého střeva, ale jsou alespoň zčásti rozkládaný mikroorganismy přirozeně se vyskytující v tlustém střevě člověka. Mezi nevyužitelné sacharidy patří manóza, celulóza, hemicelulózy, pektiny, rezistentní škrob, mikrobiální polysacharidy, rostlinné gumy a slizy.

Sacharidy jsou obecně děleny na monosacharidy, které obsahují pouze jednu cukernou jednotku, oligosacharidy obsahující dvě až deset různých nebo stejných monosacharidových jednotek, polysacharidy obsahující více než deset různých nebo stejných monosacharidových jednotek a komplexní sacharidy, které ve své molekule obsahují navíc i jiné sloučeniny např. peptidy, proteiny a lipidy. Cukerné jednotky jsou navzájem spojeny glykosidickými vazbami [20].

Monosacharidy

Monosacharidy jsou základní stavební jednotky všech sacharidů. Jsou to bílé krystalické látky obsahující karbonáty buď ve formě aldehydové skupiny ($H-C=O$), nebo keto skupiny ($C=O$), podle které je můžeme rozdělit do dvou hlavních kategorií na aldózy a ketózy. Jednoduché sacharidy se mohou spojovat za vzniku disacharidů, trisacharidů, atd. Aldosy a ketosy se podle počtu atomů uhlíků dělí na triosy, tetrosy, pentosy, hexosy, heptosy, atd.

Monosacharidy glukóza a fruktóza jsou obsaženy hlavně v ovoci, medu a v některých druzích zeleniny, například v karotce. Med obsahuje cca 35 % glukózy a stejně tak i fruktózy, sumární množství glukózy, fruktózy a sacharózy v jednotlivých druzích čerstvého ovoce je 10-12 %. Nermalou část z celkových sacharidů v naší potravě tvoří disacharidy, zejm. sacharóza. Průměrná spotřeba sacharózy je 100-120 g na osobu a den, samozřejmě zde existují individuální rozdíly. Obecně se sacharidy vyskytují více v potravinách rostlinného původu než v potravinách původu živočišného [20,25].

Oligosacharidy

Oligosacharidy jsou oligomery nejméně dvou monosacharidových jednotek spojených O – glykosidovou vazbou. Oligosacharidy mohou obsahovat podobné nebo odlišné cukry, propojené různými konstrukcemi a mohou být lineární, nebo větvené. Některé oligosacharidy jsou rozpustné ve vodě, nebo fyziologickém roztoku. Podle umístění glykosidické vazby se disacharidy dělí na redukující, které jsou schopny redukovat oxidační činidla, nebo na neredukující, které této redukce nejsou schopny. Sacharosa patří mezi neredukující cukry. Vzniká kondenzací glukosy a fruktosy. Sacharosa se získává z cukrové řepy a třtiny. Zahříváním karamelizuje. Další oligosacharidem je Laktosa tvořena monosacharidy galaktosou a glukosou, má redukční účinky. Tento cukr nalezneme v mléce savců, mateřském i kravském. Maltosa vzniká kondenzací dvou glukos, připravuje se enzymatickou hydrolýzou škrobu [20,26,27].

Polysacharidy

Spojením monosacharidových jednotek do dlouhých řetězců vznikají polysacharidy. Podle struktury a funkce rozlišujeme polysacharidy zásobní, které slouží rostlině jako zásoba a zdroj energie (škroby, imunin). Ty jsou stravitelné i pro člověka a jsou cenným zdrojem energie i v lidské výživě. U živočichů je zásobním polysacharidem glykogen. Polysacharidy stavební tvoří buněčné stěny v rostlinných pletivech, slouží jako mechanická ochrana buněk a pro člověka jsou nestravitelné. Patří sem celulóza, hemicelulóza, pektiny. Celulóza tvoří základní stavební jednotku rostlinných buněk; patří mezi nejrozšířenější organické molekuly na zemi. Je složena z D-glukózových jednotek spojených za sebou do dlouhých řetězců. Ve dřevě je celulóza doprovázena dalšími složkami (ligninem a hemicelulózami). Celulóza je pro člověka nestravitelná a ve vodě zcela nerozpustná.

Nejvýznamnějším polysacharidem je škrob. Škrob je nejvíce zastoupenou složkou ve všech obilovinách, bramborách a v dalších rostlinných surovinách. Škrob se vyskytuje ve formě škrobových zrn. Škrob se skládá z amylosy a amylopektinu, jejichž základní stavební jednotka je glukosa. V molekulách amylosy jsou molekuly glukosy vázány především $\alpha - 1,4$ glykosidovou vazbou. V molekulách amylopektinu se vyskytují také $\alpha - 1,6$ glykosidové vazby, na kterých dochází k větvení [20,27,28].

Bramborový škrob

Lilek brambor je důležitá zemědělská plodina. Především se jedná o významnou potravinu, která má pro člověka velký význam. Patří mezi základ výživy lidstva. Brambory se však využívají také k výrobě škrobu a lihu, ke krmným účelům pro hospodářská zvířata. Brambory pocházejí z Jižní Ameriky, konkrétně předchůdce našeho lilku bramboru z Chile. Do Evropy byly přivezeny v 16. století, nejdříve do Anglie.

Výroba bramborového škrobu spočívá v izolaci škrobových zrn od ostatních látek obsažených v bramborové hlíze. Děje se tak v principu mechanickým způsobem, tj. vypíráním škrobu z otevřených buněk a jeho dalším čištěním za použití značného množství vody [29,30].

Kukuřičný škrob

Kukuřice je plodina, která v našich podmínkách obsahuje u zrna nejvyšší obsah škrobu. Škrob vyplňuje převážnou část zrna a vyznačuje se specifickými vlastnostmi.

Kukuřice zbavená všech nečistot se máčí ve vodě obsahující kyselinu siřičitou. Máčením zrna se uvolní rozpustné látky a navlhčí se zrno. Koncentrovaná voda (kukuřičný extrakt) se podle potřeby odvádí a zahušťuje v odparkách. Kukuřice se dopravuje na loupací mlýny, kde se zrno mele pro uvolnění klíčků od zrna. Vzniklá směs se vede na separátor, kde se v prostředí škrobového mléka oddělí klíčky od kukuřičné drti první. Po vyprání postupuje kukuřičná drť na kamenné mlýny, odkud se vede jemně rozemletý šrot na extraktéry, kde se oddělí škrob od hrubé vlákniny. Jemná vláknina se odděluje na hedvábných žebrech a přidává se k hrubé vláknině. Po vylisování a usušení vznikne kukuřičné mláto. Škrob se od bílkovin a zbytků jemné vlákniny odděluje na odstředivkách. Získané škrobové mléko se rafinuje a před-souší [29,30]

3.2.2 Význam sacharidů ve výživě

Sacharidy jsou důležitou a přirozenou součástí potravin. Obsah sacharidů ve stravě může značně kolísat. Doporučuje se, aby příjem sacharidů byl mezi 50 a 500 g denně. Při úplném vyloučení sacharidů z potravy dochází k značnému odbourávání tuků a v krvi se hromadí oxosloučeniny. Výrazně se také odbourávají tkáňové proteiny. Člověk skladuje mírné rezervy sacharidů v játrech a ve svalech ve formě polysacharidu a glykogenu. Při snížení obsahu glukosy v krvi se glykogen často odbourává, aby se glykemie udržovala konstantní.

Konzumace většího množství řepného cukru má řadu nevýhod. Obsahuje hodně kalorií a podporuje vznik zubního kazu, podílí se na zvyšování dlouhodobého rizika vzniku závažných onemocnění (cukrovka, choroby srdce, obezita atd.). Diabetes mellitus je nejčastější příčinou oslepnutí, amputací končetin, srdečního infarktu a selhání ledvin s nutnou dialýzou.

Z průzkumů obyvatelstva prováděných po celém světě vyplývá, že obezita úzce souvisí právě s nadbytkem rafinovaných potravin (především rafinovaného cukru). Během 19. století spotřeba rafinovaného cukru a bílé mouky vzrostla a zároveň s tím začalo přibývat i diabetiků [23,31].

3.2.3 Změny sacharidů vlivem teploty

Mazovatění škrobu (želatinace)

Škrob je ve studené vodě nerozpustný, pouze omezeně absorbuje vodu, což má za následek malé zvětšení objemu škrobových granulí. Výsledkem je tvorba škrobové suspenze. Jedná se o reverzibilní děj. Pokud je škrobová suspenze zahřívána, pokračuje adsorpce vody a také pokračuje mírné bobtnání škrobových granulí. Až do teploty 60 °C zůstávají škrobové granule nepoškozeny a děj je stále reverzibilní. Po dosažení uvedené teploty, která se nazývá počáteční teplota mazovatění, začínají granule prudce zvětšovat svůj objem a uvolněná amyulóza difunduje do roztoku. Při dalším zvyšování teploty nabobtnané granule ztrácejí soudržnost a dochází k jejich praskání v důsledku rozpadu vodíkových můstku mezi molekulami amyulózy a amylopektinu. Dochází k mazovatění škrobu, které je ireverzibilní [31].

Retrogradace

Při ochlazování škrobových mazů dochází ke zpětné tvorbě vodíkových vazeb mezi molekulami amyulózy a amylopektinu. Vzniká spojitá, pevná trojrozměrná síť obsahující velké množství vody (škrobový gel). Pokud je koncentrace škrobu nízká, vznikají viskózní pasty, nebo viskózní koloidní roztoky. Škrobový gel, viskózní pasty a koloidní roztoky nejsou stabilní a po určité době se mění jejich vlastnosti na stabilnější. Pokračuje tvorba vodíkových můstku, především mezi molekulami amyulózy. Výsledkem je dvoufázový systém pevná látka-kapalina. Tento děj se označuje jako retrogradace a je důležitým faktorem, který ovlivňuje tvorbu textury pečiva, ale také jeho stárnutí [31].

3.3 Lipidy v potravě

Lipidy jsou nejčastěji definované jako přírodní sloučeniny obsahující ve své molekule estericky vázanou mastnou kyselinu, která obsahuje nejméně 4 atomy uhlíku. Lipidy jsou často doprovázeny dalšími látkami, které sice po chemické stránce definici nevyhovují, ale jejich fyzikální vlastnosti jsou obdobné. Tyto látky se nazývají doprovodnými látkami lipidů a jsou běžně považovány za lipidy, ovšem v širším slova smyslu. Lipidy jsou podle konzistence děleny na tuky a oleje, které jsou dle skupenství kapalné nebo pevné. Většina živočišných tuků je pevná a většina rostlinných olejů je kapalná. Fyzikální stav lipidů závisí především na složení mastných kyselin a na teplotě. Kvůli tomu se některé rostlinné tuky vyskytují v pevném skupenství (např., palmový olej, kakaové máslo, kokosový tuk) [20,32].

3.3.1 Chemické a fyzikálně – chemické vlastnosti lipidů

V potravinách se vyskytuje víc jak 90 % lipidů ve formě triacylglycerolů, dále pak fosfolipidů, glykolipidů, sterolů, vitaminů apod. Lipidy můžeme z chemického hlediska rozdělit na heterolipidy a homolipidy. Heterolipidy jsou estery mastných kyselin a jednofunkčních alkoholů nebo vícefunkčních alkoholů a obsahují navíc další kovalentně vázanou složku. Homolipidy jsou estery mastných kyselin a jednofunkčních nebo vícefunkčních alkoholů. Dále lipidy obsahují komplexní lipidy a doprovodné látky [33].

Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou nejvýznamnější složkou lipidů. Za mastné kyseliny se považují karboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem s počtem atomů uhlíku větším než čtyři. Dělí se na nasycené a nenasycené mastné kyseliny.

Nasycené mastné kyseliny neobsahují se svém řetězci žádnou dvojnou vazbu. V přírodních tucích se vyskytují převážně kyseliny se sudým počtem uhlíků. Fyzikálně chemické vlastnosti lipidů se odvíjí od délky uhlíkatého řetězce. Mastné kyseliny s nižším počtem atomů uhlíků mají nižší bod tání než mastné kyseliny s vyšším počtem atomů uhlíku (např. kyselina laurová +45 °C a kyselina stearová +72 °C). V přírodě je nejčastěji zastoupená kyselina palmitová.

V mléčném tuku a mase přežvýkavců se vyskytují i rozvětvené nasycené mastné kyseliny. Tyto kyseliny jsou ve většině případů monomethylované v poloze iso (iso-heptadekanová kyselina) nebo anteiso (anteiso-heptadekanová kyselina). Tyto kyseliny mají fyziologický význam a výzkumy naznačují jejich anti-karcinogenní aktivitu [33].

Nenasycené mastné kyseliny se dělí na monoenové, které obsahují jednu dvojnou vazbu a na polyenové obsahující dvě a více dvojných vazeb. Nejrozšířenější nenasycenou mastnou kyselinou je kyselina olejová. Nenasycené mastné kyseliny se od nasycených mastných kyselin liší bodem tání. Bod tání nenasycených kyselin je nižší a klesá s počtem dvojných vazeb.

Esenciální mastné kyseliny jsou kyseliny, které si lidské tělo nedokáže vytvořit. Tyto kyseliny mají pro tělo fyziologický význam a musí je proto přijímat potravou (rostlinné oleje, ovoce, ořechy, mořské ryby).

Acylglyceroly

Mastné kyseliny se v tucích a olejích nacházejí především ve formě triacylglycerolů (TAG). Jejich hydrolyzou mohou vznikat diacylglyceroly a monoacylglyceroly. V TAG se mohou vyskytovat různé mastné kyseliny nebo pouze jeden typ mastné kyseliny, což závisí na tom, o jaký tuk či olej se jedná.

Fosfolipidy jsou amfifilní sloučeniny (obsahují nepolární i polární část ve své molekule), které se nacházejí jak v buněčných membránách a nervových tkáních, tak v mléce i vaječném žloutku. Fosfolipidy se vyskytují ve formě glycerofosfolipidů nebo sfingofosfolipidů.

Steroly

Cholesterol a fytosteroly se z chemického hlediska řadí do skupiny steroidů. Cholesterol je majoritní sterol živočišného původu, který se podílí na výstavbě buněčných membrán, kde zajišťuje určitou pevnost. V živočišných tkáních se vyskytuje během transportu v lipoproteinových částích.

Fytosteroly jsou rostlinného původu. Nejdůležitějším fytosterolem je β -sitosterol. Ten se nachází v buněčných rostlinných membránách, ale i v rostlinných olejích [33,34].

3.4 Vliv teploty na lipidy

3.4.1 Krystalizace triacylglycerolů

Triacylglyceroly jsou polymorfní, což vede ke vzniku několika krystalických modifikací. Triacylglyceroly se rozlišují na základní krystalické modifikace:

- Krystalická modifikace α – nestabilní modifikace – hexagonální uspořádání
- Krystalická modifikace β' - metastabilní modifikace – ortorombické upořádání
- Krystalická modifikace β – stabilní modifikace – triklinické uspořádání

Při krystalizaci TAG nejdříve vzniká α modifikace s nízkou hustotou, která následně přechází na metastabilní β' modifikaci a posléze ve stabilní β modifikaci s nejvyšším bodem tání a hustotou. Jednoduché tuhé TAG krystalizují nejprve v α modifikaci, které mají tzv. ladičkovou strukturu. Ladičková struktura se vyskytuje i ve struktuře β' , rozdíl struktur je ve sklonu řetězců kyselin vůči rovině krystalu. Ve struktuře α jsou řetězce kolmé, zatímco ve struktuře β jsou řetězce skloněny. Krystaly jednoduchých TAG v β struktuře mají židličkovou konformaci [33,34,35].

3.4.2 Tání a tuhnutí lipidů

Body tání nasycených mastných kyselin závisí na počtu uhlíku v řetězci, jedná-li se u sudý nebo lichý počet atomů uhlíku a na krystalové modifikaci. V případě nejstálejší modifikace se bod tání s rostoucím počtem uhlíků zvyšuje.

Bod tání nenasycených mastných kyselin je závislý na počtu dvojných vazeb v molekule, jejich konformaci a jejich umístění. Bod tání stabilních modifikací odpovídají přibližně bodu tání přítomné mastné

kyseliny v případě monoacylových TAG. Daleko problematičtější jsou body tání přírodních tuků a olejů, ve kterých se vyskytuje směs TAG společně s dalšími látkami, které mohou vytvářet různá eutektika [33,34].

U čokolád je bod tání 32-34 °C, takže se čokoláda dobře rozpouští v ústech. Při příliš vysokém bodu tání vzniká vosková pachut' a čokoláda se v ústech nerozpouští úplně. Je-li bod tání příliš nízký, může být výrobek nestabilní během skladování a létě či horkém klimatu. Tání tuků je v rámci tepelného rozmezí, a tak při teplotách pod bodem tání jsou tuky z části tekuté a z části pevné [36].

3.4.3 Oxidační reakce

Během zpracování či skladování tuků mohou probíhat různě oxidační změny jako autooxidační reakce vzdušným kyslíkem, oxidace hydroperoxydy či peroxidem vodíku, oxidace singletovým kyslíkem, oxidace katalyzovaná enzymy, oxidace těžkými kovy, chinony a příbuznými sloučeninami.

Autooxidace

Autooxidace je nejběžnějším typem oxidace. Probíhá při běžné i zvýšené teplotě. Reakce se zúčastňují jen nenasyčené mastné kyseliny. K autooxidaci nasycených mastných kyselin dochází ve významnější míře jenom při zvýšených teplotách. Autooxidace uhlíkového řetězce probíhá podle mechanismu radikálové řetězové reakce, která se skládá ze tří kroků – iniciace, propagace, terminace.

První stupeň reakce vede ke vzniku volného radikálu R· a vodíkového radikálu H·. energii potřebnou ke štěpení vazby je třeba dodat např. UV zářením, teplem, viditelným světlem za přístupu vzduchu. Vzniklý R· je velmi reaktivní, takže se snadno sloučí s přítomným kyslíkem za vzniku vysoce reaktivního peroxylového radikálu. Peroxylový radikál je schopen reagovat s dalším RH za vzniku velmi reaktivního R· a hydroperoxydu. Reakce ROO· s dalším RH vede k růstu řetězce za vzniku sloučeniny o vysoké molekulové hmotnosti. Pokud je v systému velká koncentrace radikálů, může jejich vzájemnou reakcí dojít k ukončení reakce [34,35].

3.4.4 Čokoláda

Pro výrobu čokoládové hmoty se používá kakaová hmota, která se získá drcením pražených kakaových bobů. Kakaové boby pocházejí ze stálezeleného tropického stromu Kakaovníku pravého – *Theobroma cacao* L.

Kakaové hmota se smíchá s cukrem, kakaovým máslem a přísadami (vanilín, mléko, káva) v hnětacích strojích, kde dojde k vytvoření čokoládové hmoty. Čokoládová hmota se dále zjemňuje ve válcovacích stolicích. Teplota hmoty ve válcích je udržována v rozmezí 32-35 °C. Dále následuje konšování, kdy dojde ke zjemnění a zlepšení senzoričkových vlastností. Hlavním cílem je vývin optimálního čokoládového aroma. Teplota po konšování činí 60-90 °C, proto se musí uskladnit v duplikátorových vyhřívaných nádržích. V nádržích je teplota okolo 50 °C. Při temperaci se jedná o vytvoření co největšího počtu krystalických center stabilní krystalické modifikace kakaového másla. Kakaové máslo je polymorfní a má víc než 6 krystalických forem, ze kterých jen forma α nebo beta má potřebnou tepelnou odolnost a vlastnosti tání. K zaručení, že během cukrářské výroby dojde k tvorbě pouze stálých beta krystalů, musí být čokoládová hmota správně vytemperována před ztuhnutím. Správné vytemperování zaručí vyrovnanou trvanlivost. U β modifikace dochází při zchlazení k největší kontrakci, která je důležitá pro vyklepnutí čokolády z formy. Po dokončení temperování následuje formování a chlazení čokoládových výrobků.

Při výrobě je však možné využít pouze tuky s velmi podobným složením, které mají obdobné vlastnosti. Takové tuky se nazývají obdoby kakaového másla. Náhrada části kakaového másla obsaženého v čokoládě ekvivalentním tukem zlepšuje tepelnou stálost. V zemích s teplým klimatem přídavek těchto obdób může význačně zlepšit trvanlivost čokoládových výrobků. Rovnocennými obdobami kakaového másla jsou tuky získané z palmového a máslovníkového tuku, které jsou chemicky a fyzikálně velice blízké kakaovému máslu. Rovnocenné obdoby kakaového másla mohou být kvalitnější v tepelné odolnosti proti kakaovému máslu [36,37].

Mléčná čokoláda je složena z kakaové hmoty, kakaového másla, cukru, sušeného nebo kondenzovaného mléka. Obsah kakaových součástí je mezi 18–55 %. Kvalitní mléčná čokoláda by měla obsahovat nejméně 30 % kakaových součástí.

Hořká čokoláda se skládá z kakaové hmoty, kakaového másla, cukru. Obsah kakaového se pohybuje mezi 35-99 %. Kvalitní hořká čokoláda by měla obsahovat nejméně 50 % kakaových součástí. [37].

3.4.5 Arašídový olej

Podzemnice olejná je jednoletá rostlina, pro jejíž plody je typické, že dozrávají pod zemí, i když rostlina kvete a plody se postupně vyvíjejí nad zemí. Neloupaná jádra jsou známá jako burské oříšky, loupaná a rozemletá jsou používána jako pomazánka (peanut butter). Produkce podzemnice olejné neustále roste, protože se jedná o komplexní plodinu. Mezi největší producenty patří Indie a Čína. Významní výrobci jsou dále USA a některé africké státy. Více než třetina světové produkce je konzumována přímo. Podzemnicový

olej je získáván lisováním, horší druhy extrakcí. Semena podzemnice obsahují přibližně 50 % oleje. Složení podzemnicového oleje je velmi variabilní v závislosti na odrůdě a podmínkách pěstování. Největší zastoupení mají kyselina olejová (40-65 %), kyselina linolová (15-40 %) a kyselina palmitová (8-15 %). Z dalších kyselin jsou zastoupeny, kromě kyseliny stearové, i vyšší nasycené kyseliny (C20:0 – C24:0). Kyselina linolenová je přítomna pouze ve stopách. Vzhledem k složení je podzemnicový olej využíván pro tepelné úpravy jídel, lze jej využít i jako salátový olej. Nevýhodou oleje je jeho cena [38,39,40].

3.4.6 Slunečnicový olej

Slunečnice (*Helianthus annuus* L.) pochází z Ameriky, odkud se přes Evropu rozšířila do dalších částí světa. Převážná část se pěstuje v bývalých státech Sovětského svazu, dále v jižních oblastech Evropy a z mimo-evropských států v Argentině a Turecku. Slunečnice patří k nejdůležitějším olejninám. Produkce oleje, získávaného lisováním nebo extrakcí upravených semen, je srovnatelná s produkcí řepkového oleje. Existuje řada odrůd slunečnice, které se od sebe liší tloušťkou slupky, obsahem oleje, a v posledních letech i jeho kyselinovým složením. Obsah oleje v semeni se pohybuje kolem 50 %. Ve vlastním jádru přesahuje 60 %. Pozornost je věnována semenům s tenkou slupkou, která mohou být zpracovávána bez loupání. V zásadě existují dva typy slunečnicového oleje. První, klasický, je typický vysokým obsahem kyseliny linolové (až 70 %), nízkým obsahem nasycených mastných kyselin (cca 10 %) a pouze stopovým množstvím kyseliny linolenové. Tento olej svojí dietetickou hodnotou předčí jak sójový, tak olivový olej. Jeho složení jej předurčuje především k aplikaci ve studené kuchyni. Tzv. olejový slunečnicový olej se objevil v posledním desetiletí jako důsledek genetického vývoje slunečnice v bývalém Sovětském svazu. V tomto oleji je zvýšený obsah kyseliny olejové na úkor kyseliny linolové. Srovnání složení obou olejů je ukázáno v tab. 1.

Tabulka 1 Složení standardního a olejového slunečnicového oleje

Kyselina	Standardní slunečnicový olej [%hm.]	Slunečnicový olej se zvýšeným obsahem C18:1 [%hm.]
Palmitová	7	3
Stearová	4	5
Olejová	15	83
Linolová	70	10

Z přehledu je vidět, že slunečnicový olej se zvýšeným obsahem kyseliny olejové se svým složením blíží spíše řepkovému nebo olivovému oleji. Jeho výhodou je vyšší tepelná stabilita, čímž se rozšiřují i možnosti jeho využití [39,41,42,43].

3.4.7 Řepkový olej

Řepka olejná je hlavní surovinou střeoevropského regionu. Řepka olejná patří mezi brukvovité rostliny podobně jako hořčice, zelí apod. Největšími pěstiteli řepky jsou Kanada, Čína a Evropa (Polsko). Ve střední Evropě se pěstují výlučně podzimní odrůdy. Pro účely izolace oleje se využívá semen řepky, které obsahují přibližně 40 % oleje. Olej se získává běžně extrakcí vhodně upravených semen rozpouštědlem. Pro všechny brukvovité rostliny je typické, že jejich olej obsahuje vysoké množství vyšších mono- a poly-nenasycených kyselin, zejména erukové (40-50 %) a eikosenové (cca 10 %). Toto složení není vhodné pro běžné využití ve výživě. Proto byly vyšlechtěny nové druhy bezerukové řepky (Kanada), které jsou v současné době pěstovány. U posledních šlechtění byl snížen i obsah kyseliny linolenové, takže došlo k podstatnému zlepšení tepelné odolnosti řepkových olejů.

Nutno ovšem připomenout, že se ve světě i u nás pěstuje řada bezerukových odrůd, jejich oleje se mohou od sebe lišit zejména obsahem kyseliny linolové a linolenové (až 10 %). Řepkový olej současně vyšlechtěných odrůd patří z dietetického hlediska mezi velmi cenné oleje. Snížený obsah kyseliny linolenové umožňuje jeho využití i v teplé kuchyni. Zde je řepkový olej často používán ve směsích s dalšími typy olejů (např. sójový). Řepkový olej, respektive částečně hydrogenovaný, je využíván jako součást tukové násady margarínů [35,39,43].

3.4.8 Olivový olej

Olivovník je starý kulturní strom roste převážně v oblastech kolem Středozevního moře. Mezi největší pěstitele Evropy patří Španělsko, Řecko a Itálie. Existují v podstatě dva typy olivovníků lišící se způsobem využití plodů, které se nazývají olivy. První vytvářejí větší plody pro přímý konzum, druhý s menšími plody sloužícími pro získávání oleje. Olivovník evropský náleží mezi nejstarší kulturní rostliny. Získává se z ní především velmi kvalitní olej, plody jsou pochutina oblíbená v řadě zemí. V olivovníku evropském byly zjištěny aldehydy (hexanal) s antimikrobiální aktivitou. Zralé olejdárné olivy obsahují kolem 20 % oleje. Průmyslově se zpracovává pouze dužnina. Existuje řada druhů olivového oleje. Mezinárodní standardy pro olivový olej rozlišují následující druhy oleje:

- panenský olivový olej (virgin oil), který se dále dělí na extra, fine a semi-fine olej především podle jejich kyselosti a některých dalších kritérií (peroxidové číslo, adsorbance při 270 nm, vůně, chuť, barva, vzhled – tedy senzoričké vlastnosti),
- rafinovaný olivový olej, tj. olej, který byl podroben běžné rafinaci,

- rafinovaný olej získaný extrakcí hmoty oliv vhodným rozpouštědlem,
- různé typy směsí předchozích olejů.

Nejkvalitnější oleje (virgin oil, popřípadě rafinovaný olivový olej) jsou získávány lisováním olivové hmoty. Složení olivového oleje je závislé na druhu oleje a především regionu, kde jsou olivovníky pěstovány. Běžný olivový olej obsahuje asi 8-14 % kyseliny palmitové a 3-6 % kyseliny stearové. Obsah dalších nasycených kyselin je minoritní. Z nenasycených kyselin je nejvýznamnější obsah kyseliny olejové (60-80 %) a kyseliny linolové (3-14 %). Obsah kyseliny linolenové obvykle nepřevyšuje 1 %. V nezmýdelnitelných látkách olivového oleje jsou kromě β -sitosterolu obsaženy minoritní látky typu alkoholů, aldehydů, ketonů, esterů aj., které hrají důležitou roli v aroma panenských olejů. Olivový olej má široké použití v potravinářském průmyslu jak v teplé, tak v studené kuchyni. Horší druhy jsou využívány pro technické účely. Malé množství olivového oleje je spotřebováno ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu [39,41,43].

3.4.9 Sójový olej

Sója je stará kulturní plodina. Pro přípravu oleje se využívají semena, tzv. boby. Obsah oleje v bobech je relativně nízký a nepřevyšuje 25 %. Sója je velmi komplexní surovinou. Kromě oleje semena obsahují 40-45 % velmi hodnotných bílkovin, 4-8 % vlákniny a 4 % fosfolipidů. Všechny uvedené součásti bobů jsou průmyslově zpracovávány a využívány ve výživě lidí i zvířat. Nezanedbatelná část bobů je využívána pro přímý konzum. Sójový olej se získává z upravených semen extrakcí. Vzhledem ke komplexnímu zpracování surovin a výborným dietetickým účinkům oleje, je jeho produkce největší ze všech olejů a pohybuje se mezi 25-30 % z celkové produkce. Vysoký obsah kyseliny linolové a nízký obsah nasycených kyselin předurčuje sójový olej z dietetického hlediska k nejkvalitnějším olejům vůbec [38,42,43].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A VZORKY POTRAVIN

4.1 Přístroje

V této diplomové práci byly vzorky měřeny na přístrojích DTG-60 Shimadzu a DSC 1 STAR^o Systém.

4.2 Měření vzorky vybraných potravin

Jednotlivé analyzované vzorky byly použity tak, aby zastupovali tři zásadní oblasti potravin, mezi které se řadí lipidy, sacharidy a bílkoviny. Testované vzorky byly čokoláda, vybrané druhy olejů, kukuřičný a bramborový škrob, hovězí maso, vepřové maso, kuřecí maso.

4.2.1 Mléčná čokoláda Figaro

Výrobce: Mondelez

Složení čokolády: Cukr, Kakaová hmota, Kakaové máslo, Sušené odstředěné mléko, Sušená syrovátka (z mléka), Rostlinné tuky (palmový olej, bambucký tuk), Mléčný tuk, Emulgátory (sójový lecitin, E 476, slunečnicový lecitin), Aroma, Vedle kakaového másla obsahuje rostlinné tuky, V mléčné čokoládě obsah kakaové sušiny nejméně 25 %.

Výživové hodnoty:

Tabulka 2 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků.

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	2185 kJ/520 kcal
Tuky	28 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	17 g
Sacharidy	59,5 g
Z toho cukry	59 g
Vláknina	2,4 g
Bílkoviny	5,8 g
Sůl	0,38 g

4.2.2 Deluxe Chocolate

Výrobce: Carla spol. s. r. o

Složení čokolády: kakaová hmota, cukr, kakaový prášek se sníženým obsahem tuku, kakaové máslo, emulgátory (sójový lecitin, polyglycerol-polyricin-oleát), vanilkový extrakt BOURBON MADAGASCAR.

Výživové hodnoty:

Tabulka 3 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	2262 KJ/546 kcal
Tuky	40 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	25 g
Sacharidy	31 g
Z toho cukry	27 g
Vláknina	12 g
Bílkoviny	8,6 g
Sůl	0,03 g

4.2.3 Sójový olej

Výrobce: Émile Noël

Složení oleje: Olej sójový z prvního lisování za studena

Výživové hodnoty:

Tabulka 4 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	3700 KJ/900 kcal
Tuky	100 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	14 g
Sacharidy	0 g
Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

4.2.4 Olivový olej

Výrobce: Balleste

Složení: Extra panenský olivový olej

Výživové hodnoty:

Tabulka 5 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	3780 KJ/890 kcal
Tuky	100 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	14 g
z toho mononenasycené mastné kyseliny	76 g
z toho polynenasycené mastné kyseliny	10 g
Sacharidy	0 g
Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

4.2.5 Slunečnicový olej

Výrobce: Olijar

Složení oleje: Slunečnicový olej

Výživové hodnoty:

Tabulka 6 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	3460 KJ/827 kcal
Tuky	91,9 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	2,8-9,6 g
Sacharidy	0 g
Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

4.2.6 Řepkový olej

Výrobce: Glencore Agriculture Czech s.r.o.

Složení oleje: Řepkový olej nízkoeurukový

Výživové hodnoty:

Tabulka 7 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	3404 KJ/813 kcal
Tuky	92 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	7,4 g
Sacharidy	0 g
Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

4.2.7 Arašídový olej

Výrobce: MVDr. Jiří Pantůček

Složení oleje: Arašídový olej

Výživové hodnoty:

Tabulka 8 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	3367 KJ/805 kcal
Tuky	91 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	11 g
Z toho mononenasycené mastné kyseliny	28 g
Z toho polynenasycené mastné kyseliny	52 g
Sacharidy	0 g
Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

4.2.8 Vaječný bílek

Vaječný bílek je jedna ze stavebních součástí vajec. Slouží jako ochranné prostředí, které zabraňuje poškození vejce a vyživuje vejce. Vaječný bílek má optimální zastoupení esenciálních mastných kyselin. Denaturace vaječného bílku nastává při teplotách nad 40 °C. Vaječný bílek obsahuje více než 40 různých proteinů, které se řadí mezi globuliny, glykoproteiny a fosfoproteiny [35].

Výživové hodnoty:

Tabulka 9 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	202 kJ
Tuky	0,3 g
Sacharidy	0,7 g
Z toho cukry	0,4 g
Bílkoviny	11 g
Sůl	0,5 g

4.2.9 Bramborový škrob Solamyl

Výrobce: Natura

Složení: Bramborový škrob

Výživové hodnoty:

Tabulka 10 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	1370 kJ 322 kcal
Tuky	0,6 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,4 g
Sacharidy	80 g
Z toho cukry	<0,5 g
Bílkoviny	<0,5 g
Sůl	0,32 g

4.2.10 Kukuřičný škrob Gustin

Výrobce: Dr. Oetker, s.r.o. ČR

Složení: Kukuřičný škrob

Výživové hodnoty:

Tabulka 11 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	1513kJ/ 356 kcal
Tuky	0,6 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,0 g
Sacharidy	88 g
Z toho cukry	0,0 g
Bílkoviny	0,5 g
Sůl	0,18 g

4.2.11 Cukr bílý

Cukr bílý krupice je výrobek krystalické textury, obsahuje hlavně sacharózu v množství nejméně 99,7 %, patří do skupiny přírodních sladidel. Je barvy bílé, sladké chuti, v roztoku čirý nebo jen slabě opalizující. Cukr bílý krupice je směs menších nebo rozdrcených krystalů stejnoměrného zrnění, volně sypká.

Krupice cukr bílý

Výrobce: Tereos TT

Výživové hodnoty:

Tabulka 12 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

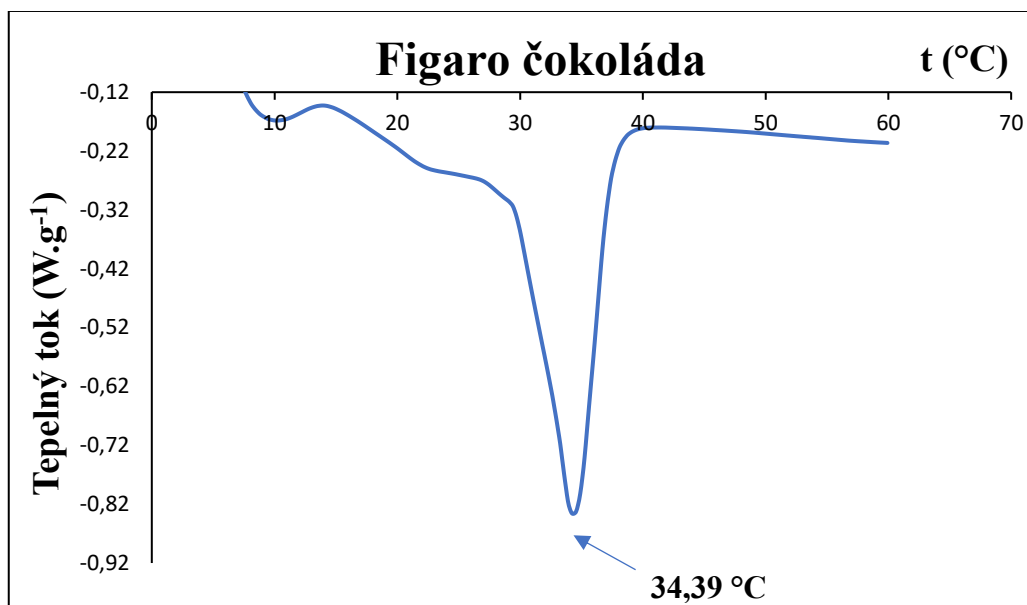
Výživové údaje	Ve 100 g výrobků
Energetická hodnoty	1700 kJ/ 400 kcal
Tuky	0 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0 g
Sacharidy	100 g
Z toho cukry	100 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

4.2.12 Vepřové, kuřecí a hovězí maso

Z vepřového masa byla k analýze použita část plecko. Z kuřecího masa byla použita část stehenní a z hovězího masa byla použita část roštěná. Staří všech masa bylo 1 den zakoupené v selském řeznictví.

5 VYHODNOCENÍ A DISKUZE VÝSLEDKŮ

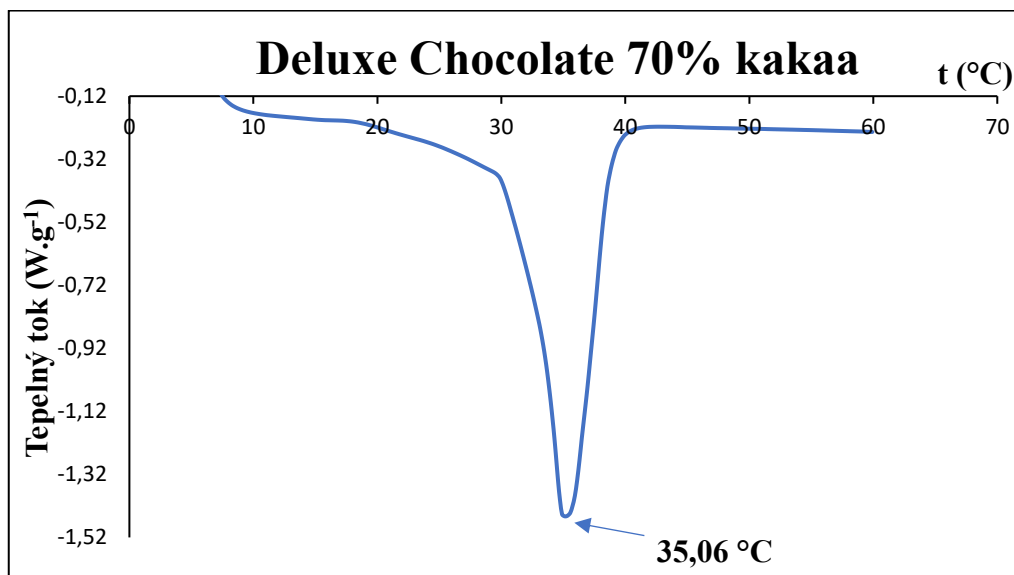
5.1 Mléčná čokoláda Figaro



Obr. 9 DSC křivka – Mléčná čokoláda Figaro

Z obrázku č. 9 znázorňující DSC křivku byl stanoven endotermní pík při teplotě 34,39 °C a odpovídající hodnotě entalpie $\Delta H = 26,25$ J/g. Zahřívání probíhalo za přítomnosti dusíku při rychlosti 10 °C/min v rozmezí teplot 25-80 °C. K tání kakaového másla dochází dle odborné literatury v rozmezí teplot 32-36 °C. Mléčná čokoláda Figaro obsahovala také mléčný tuk, palmové a bambucké máslo. Přídavek mléčného tuku do čokolády snižuje její bod tání. Palmový a bambucký tuk má podobné fyzikálně-chemické vlastnosti jako kakaové máslo, a proto jsou využívány jako ekvivalenty kakaového másla. Tyto tuky mohou zvýšit bod tání takto upravené čokolády. Bod tání se u této čokolády i přesto nacházel v uvedeném intervalu, z čehož je zřejmé, že přítomnost daných tuků nijak výrazně neovlivnila bod tání a čokoláda vykazuje i přesto dobrou kvalitu. [36,44].

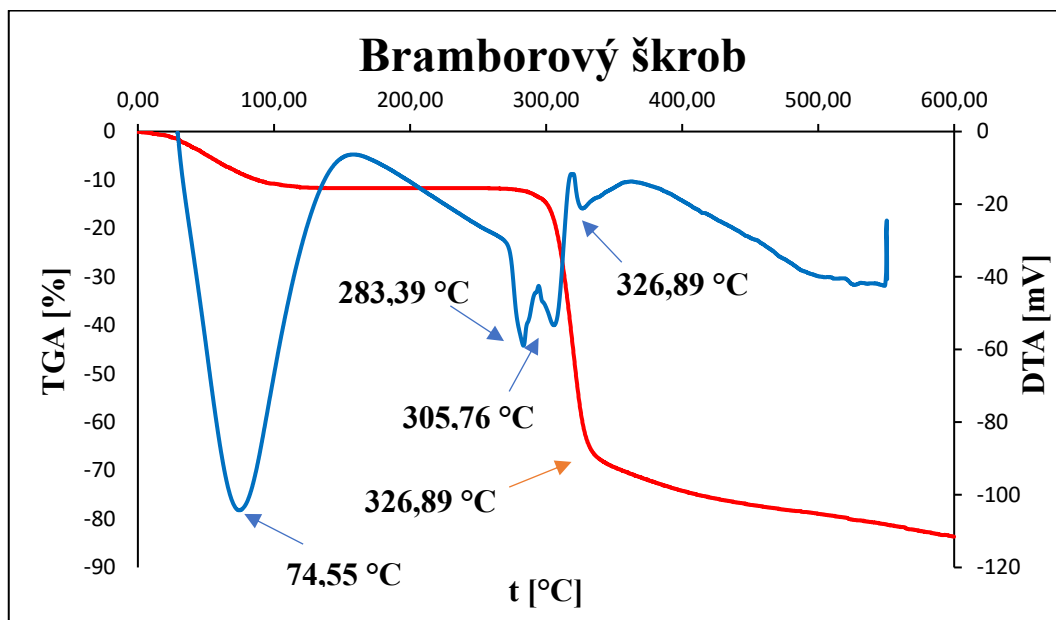
5.2 Deluxe chocolate



Obr. 10 DSC křivka – Deluxe chocolate

Z obrázku č. 10 znázorňující DSC křivku byl stanoven endotermní pík při teplotě 35,06 °C a odpovídající hodnotě entalpie $\Delta H = 41,35$ J/g. Zahřívání probíhalo za přítomnosti dusíku při rychlosti 10 °C/min v rozmezí teplot 25-80 °C. Hořká čokoláda obsahovala 70 % kakové sušiny. Kakaové máslo obsahuje 37,2 % kyseliny olejové, 34,5 kyseliny stearové a vyšších kyselin, 26,1 % kyseliny palmitové a nižších kyselin a 2,2 % kyseliny linolové. Teplota tání kakaového másla 35,06 °C se nachází v rozmezí uvedeném v literatuře, a proto ji lze považovat za čokoládu s velmi dobrou kvalitou. Ve srovnání s odbornou literaturou, kde byla pomocí DSC analyzovaná hořká čokoláda, která obsahovala kokosové máslo byla teplota bodu tání 37,01 °C [45,46].

5.3 Bramborový škrob Solamyl

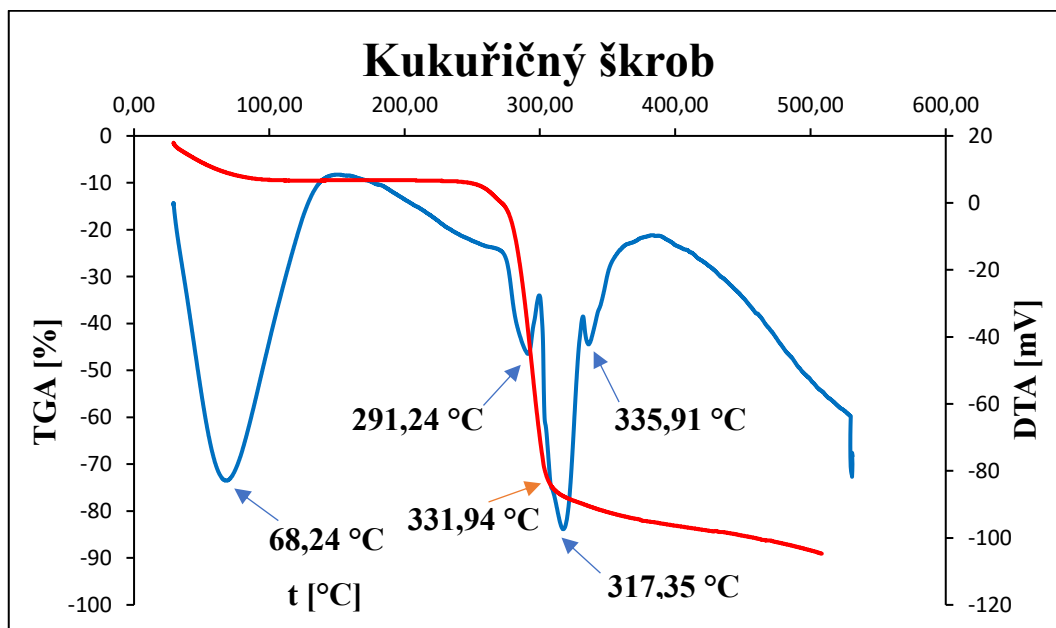


Obr. 11 TGA křivka – Bramborový škrob Solamyl

Na obrázku č. 11 znázorňující TGA křivku byly stanoveny endotermní píky. První endotermní pík na DTA křivce odpovídá teplotě 74,58 °C, při které došlo k mazovatění škrobu. Škrob je přírodní biopolymer vyskytující se v rostlinách obsahující rozvětvený amylopektin a lineární amylosu. Bramborový škrob má nakypřelé, velké a polydisperzní zrna. Obsah škrobu v bramborách se pohybuje v rozmezí 17-24 % a obsah amylosy je 17-99 %. Počáteční teplota želatinace bramborového škrobu je 61 °C a konečná teplota želatinace je 71 °C. Teploty jsou ovlivněny podílem amylopektinu a amylosy, pH prostředím a přítomností dalších látek. Ve srovnání s literaturou, ve které byl také analyzovaný bramborový škrob, byla teplota mazovatění 63 °C. Druhý endotermní pík byl stanoven při teplotě 283,39 °C, kdy dochází k rozkladu polysacharidické struktury $C_m(H_2O)_n$. Poslední endotermní píky byly stanoveny při teplotách 305,76 °C a 326,89 °C, kdy už došlo k degradaci složek škrobu. [35,47,48].

Na TGA křivce byl sledován úbytek hmotnosti vlivem ztráty vlhkosti. Při teplotách 30-200 °C došlo k úbytku hmotnosti, který činil 11,49 %. Při těchto teplotách došlo k vypařování volné vody ze škrobu. V rozmezí teplot 30-550 °C byla ztráta hmotnosti 83,40 %. Po úplném spálení vzorku zůstal jen čistý popel a minerální látky.

5.4 Kukuřičný škrob Gustin

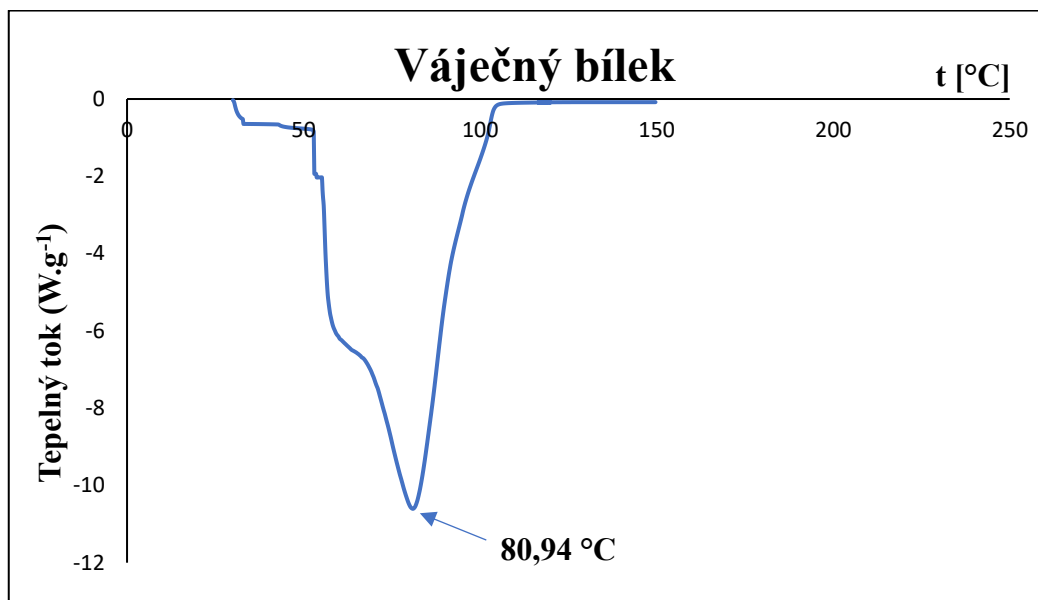


Obr. 12 TGA křivka – Kukuřičný škrob Gustin

Na obrázku č.12 znázorňující TGA křivku byly stanoveny endotermní píky. První endotermní pik byl při teplotě 68,24 °C, kdy došlo k mazovatění škrobu. Kukuřičný škrob má malé a monodisperzní zrna. Obsah škrobu v kukuřici je v rozmezí 65-75 a obsah amylosy je 24-26 %. Počáteční želatinační teplota kukuřičného škrobu je 62 °C a konečná teplota je 72°C. Při srovnání odborné literatury, kde byl také zkoumán kukuřičný škrob byla teplota mazovatění 75 °C. Druhý endotermní pik při teplotě 291,24 °C pravděpodobně odpovídá teplotě, kdy dochází k uvolnění volně vázané vody. Další endotermní píky byly stanoveny při teplotách 331,94 °C, 317,35 °C a 335,91 °C kdy už docházelo k degradaci struktur škrobu. Tepelným účinkem se přerušují vazby mezi jednotlivými složkami škrobu [35,48].

Na TGA křivce byl sledován úbytek hmotnosti vlivem ztráty vlhkosti. Při teplotách 30-200 °C došlo k úbytku hmotnosti, který činil 9,27 %. Při těchto teplotách došlo k vypařování vody ze škrobu. V rozmezí teplot 30-550 °C byla ztráta hmotnosti 90,71 %. Po úplném spálení vzorku zůstal jen čistý popel a minerální látky.

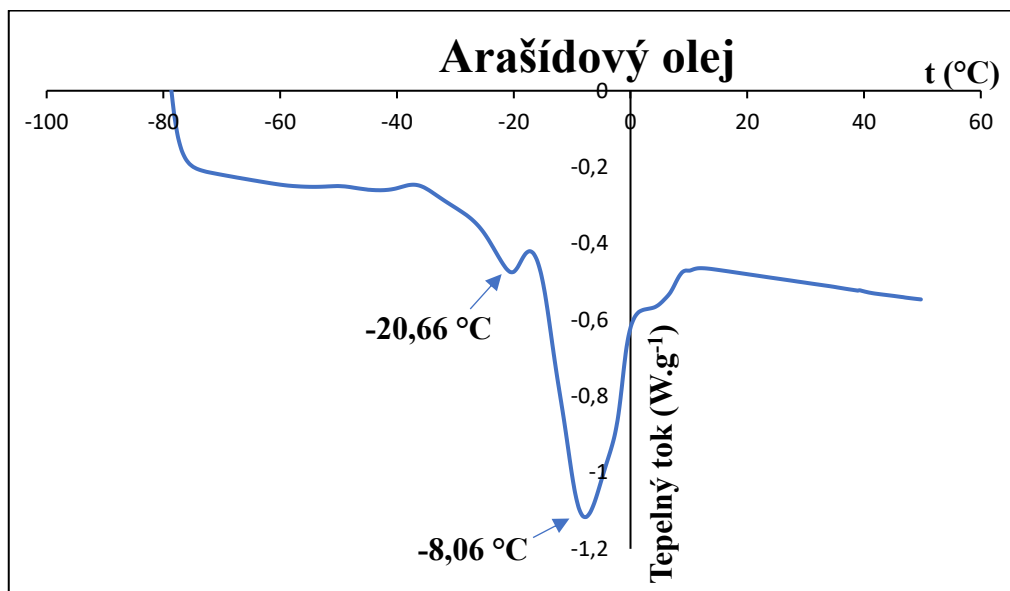
5.5 Vaječný bílek



Obr. 13 DSC křivka – Vaječný bílek

Na obrázku č. 13 znázorňující DSC křivku byl stanoven endotermní pík při teplotě 80,94 °C. Při této teplotě dochází k denaturaci bílkovin. Denaturace bílkovin je často doprovázená koagulací proteinů. Koagulace bílku probíhá při teplotách 57-80 °C. Přidáním cukru nebo zředěním bílku lze teplotu koagulace posunout výše. Dle odborné literatury, kde byla také zkoumaná teplota denaturace vaječného bílku byla teplota denaturace 74 °C. teplota denaturace je ovlivněna podmínkami měření, tj. rychlost ohřevu apod. Pokud jsou vaječné bílkoviny (bílek) vystaveny pozvolnému zahřívání, reaguje přítomný lyzin se zbytky glukózy a vzniká nežádoucí zabarvení a vůně. Proto je výhodné při tepelné úpravě vejce rychle zahřát na vyšší teplotu, aby proběhla co nejrychleji denaturace, a pak se tyto nežádoucí reakce projeví v menší míře [49,50].

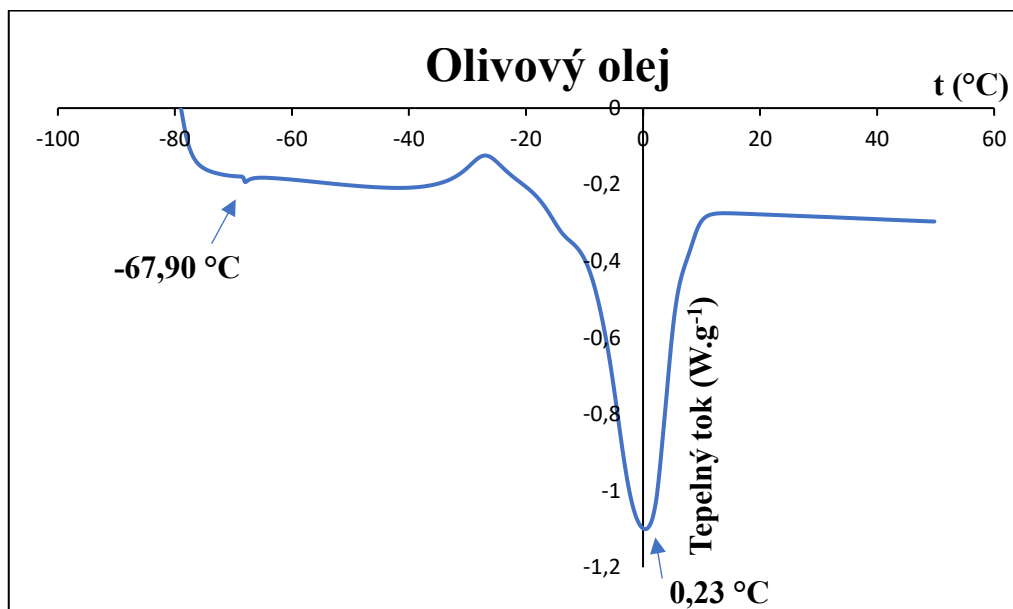
5.6 Arašídový olej



Obr. 14 DSC křivka – Arašídový olej

Na obrázku č. 14 znázorňující DSC křivku byly stanoveny endotermní píky při teplotě $-20,66\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-8,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ odpovídající hodnotě entalpie $\Delta H = 2,81\text{ J/g}$ a $\Delta H = 37,12\text{ J/g}$. Zahřívání probíhalo v hermeticky uzavřeném prostředí při rychlosti $10\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ v rozmezí teplot 50 až $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při teplotě $-20,66\text{ }^{\circ}\text{C}$ pravděpodobně došlo k tání a krystalizaci kyseliny olejové a linolové. Ve srovnání s odbornou literaturou byl první endotermní pík zachycen při teplotě $-5,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ a druhý endotermní pík byl stanoven při teplotě $-38,84\text{ }^{\circ}\text{C}$ [51].

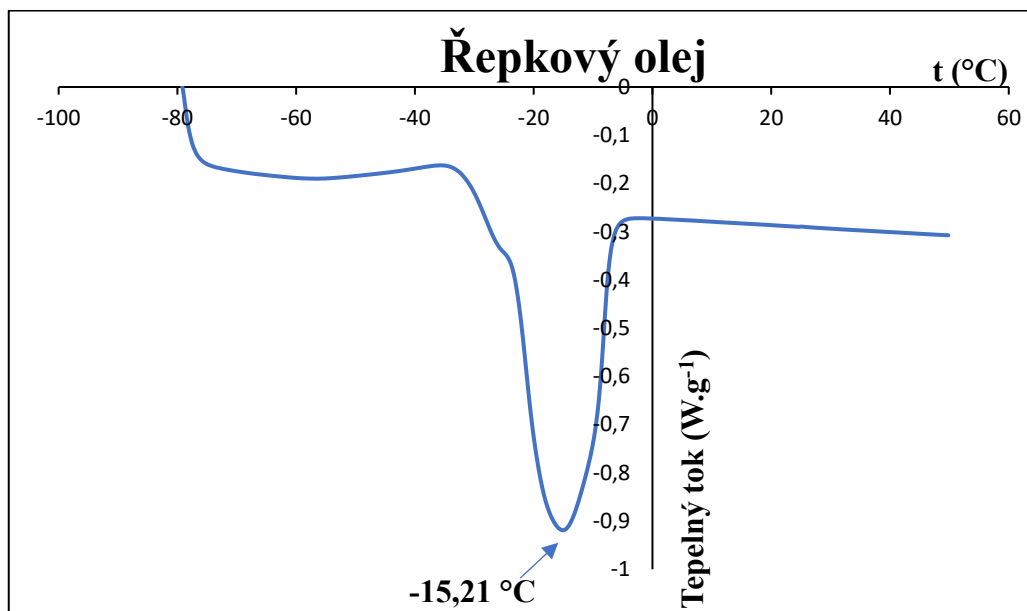
5.7 Olivový olej



Obr. 15 DSC křivka – Olivový olej

Na obrázku č. 15 znázorňující DSC křivku byly stanoveny endotermní píky při teplotě $-67,90\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ odpovídající hodnotě entalpie $\Delta H = 0,07833\text{ J/g}$ a $\Delta H = 67,04\text{ J/g}$. Zahřívání probíhalo v hermeticky uzavřeném prostředí při rychlosti $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ v rozmezí teplot 50 až $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Krystalizace je výrazně ovlivněna poměrem nasycených a nenasycených kyselin. V literatuře byla uvedena krystalizace olivového oleje pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při této teplotě dochází ke krystalizaci nasycených kyselin. Stanovená teplota byla vyšší, ale pohybuje v přijatelné blízkosti pod uvedenou teplotou. Teplota také závisí na struktuře oleje a přípravě oleje. Nenasycené mastné kyseliny krystalizují při teplotách do $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jedná se hlavně o kyselinu olejovou a linolovou [52,53].

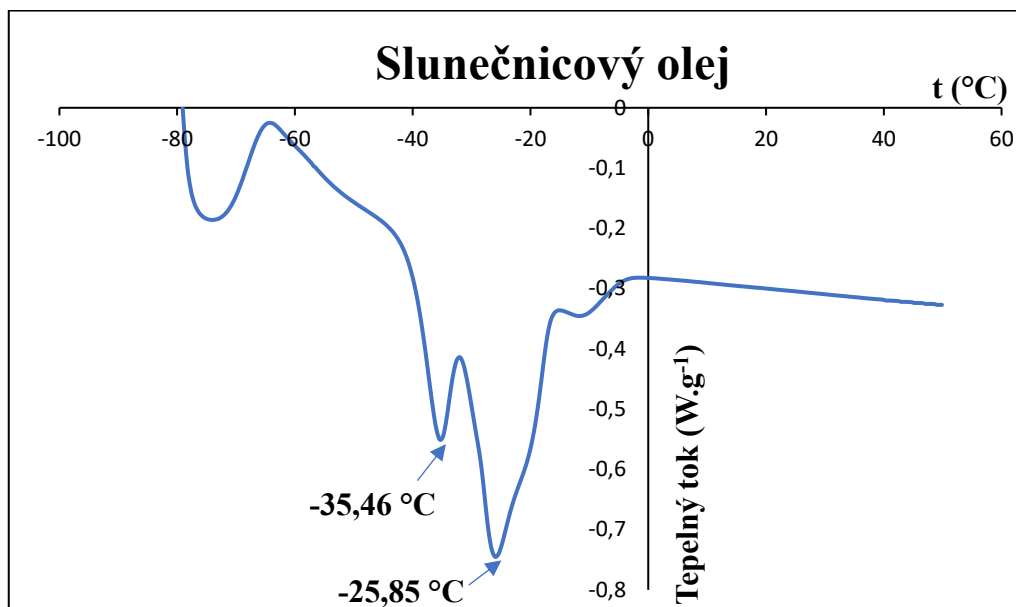
5.8 Řepkový olej



Obr. 16 DSC křivka – Řepkový olej

Na obrázku č. 16 znázorňující DSC křivku byl stanoven endotermní pík při teplotě $-15,21$ °C odpovídající hodnotě entalpie $\Delta H = 55,18 J/g$. Zahřívání probíhalo v hermeticky uzavřeném prostředí při rychlosti 10 °C/min v rozmezí teplot 50 až -100 °C. Řepkový olej se skládá z různých druhů triacylglycerolů. V literatuře je uváděná teplota krystalizace -20 až -40 °C. Zjištěná teplota je patrně vyšší, což mohlo být způsobeno jinými podmínkami měření. Řepkový olej krystalizuje v stabilní β modifikaci, pro niž jsou charakteristické velké krystaly propůjčující tuků zrnitou strukturu [52].

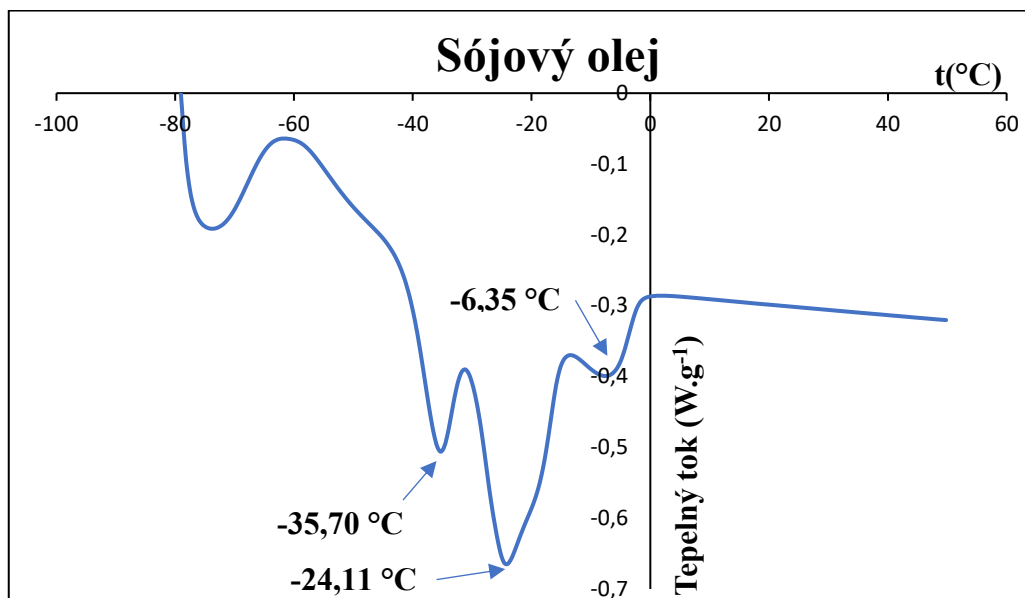
5.9 Slunečnicový olej



Obr. 17 DSC křivka – Slunečnicový olej

Na obrázku č. 17 znázorňující DSC křivku byly stanoveny endotermní píky při teplotě -35,46 °C a -25,85 °C. odpovídající hodnotám entalpie $\Delta H = 4,95 \text{ J/g}$ a $\Delta H = 18,71 \text{ J/g}$. Zahřívání probíhalo v hermeticky uzavřeném prostředí při rychlosti 10 °C/min v rozmezí teplot 50 až -100 °C. Ve srovnání s literaturou byla teplota krystalizace triacylglycerolu očekávaná při teplotě -40 °C. Teplota krystalizace je ovlivněná množstvím nenasycených mastných kyselin, převážně kyselino linolová a olejovou, které mají vliv na teplotu krystalizace [53].

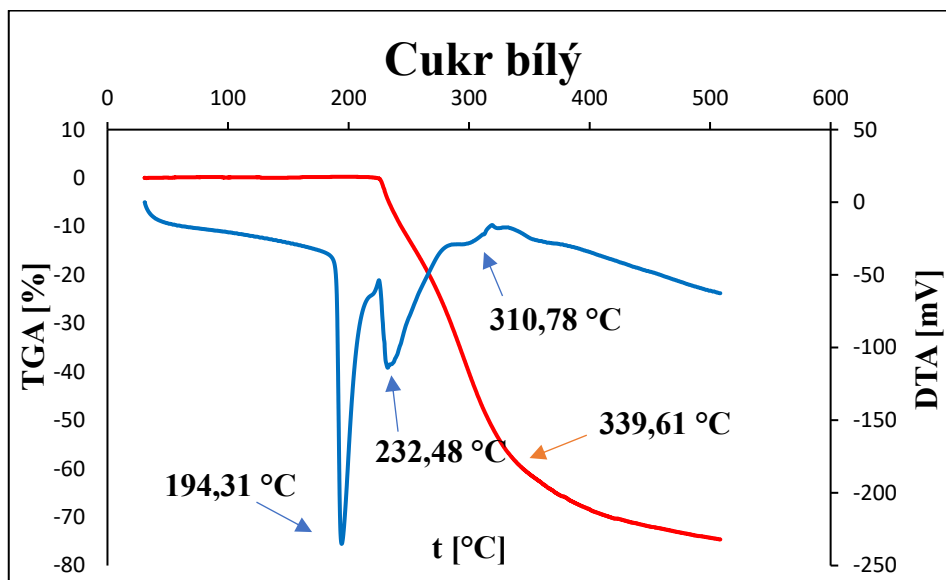
5.10 Sójový olej



Obr. 18 DSC křivka – Sójový olej

Na obrázku č. 18 znázorňující DSC křivku byly stanoveny endotermní píky při teplotě $-35,70^{\circ}\text{C}$ a $-24,11^{\circ}\text{C}$ odpovídající hodnotám entalpie $\Delta H = 5,49 \text{ J/g}$ a $\Delta H = 15,72 \text{ J/g}$. Zahřívání probíhalo v hermeticky uzavřeném prostředí při rychlosti $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ v rozmezí teplot 50 až -100°C . Teplota krystalizace nastává při teplotě -42°C a je ovlivněna přítomností kyseliny linolové [52].

5.11 Krupice cukr bílý

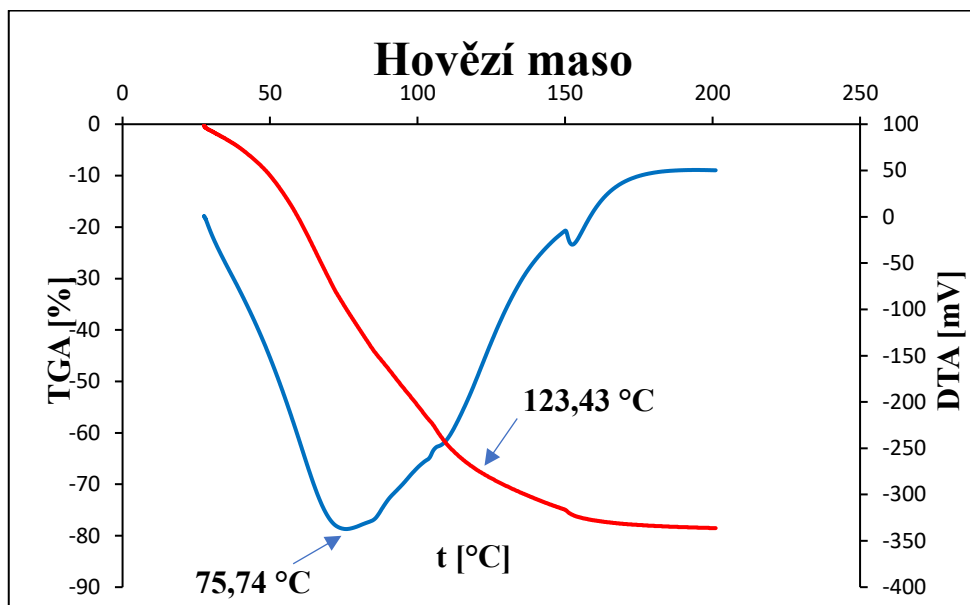


Obr. 19 TGA křivka – Cukr bílý Krupice

Z obrázku č. 19 znázorňující TGA křivku byly stanoveny endotermní píky. První endotermní pík na DTA křivce byl stanoven při teplotě 194,31 °C, při této teplotě došlo k tání sacharosy a následně ke karamelizaci. Karamelizace je proces, během kterého dochází ke vzniku hnědého až hnědočerného amorfního produktu různého složení nazývaný karamel. V jiných studiích byla teplota tání sacharosy stanovena při teplotě 190 °C. Tyto teploty si jsou velice blízké a lze předpokládat, že vzorek nebyl znečištěný organickými nebo anorganickými kontaminanty, v tom případě by nastala teplota karamelizace při nižších teplotách. Druhý endotermní pík byl stanoven při teplotě 232,48 °C, kdy začala degradace sacharosy. Při teplotě 310,78 °C už byl vzorek zcela rozložen [35,54].

Na TGA křivce byl sledován úbytek hmotnosti vlivem ztráty vlhkosti. Při teplotách 30-550 °C došlo k úbytku hmotnosti, který činil 76,36 %. Při těchto teplotách došlo k vypařování vody a CO₂, zůstatek tvořily minerální látky.

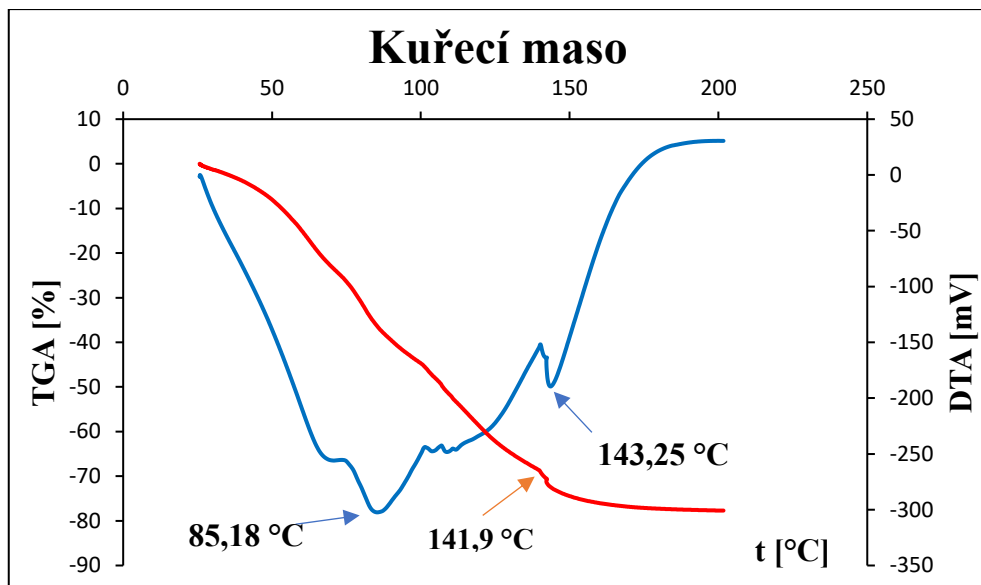
5.12 Hovězí maso, kuřecí maso a vepřové maso



Obr. 20 TGA křivka – Hovězí maso

Z obrázku č. 20 znázorňující TGA křivku hovězího masa byl stanoven endotermní pík. Na DTA křivce byl pík při teplotě 75,74 °C, při které dochází k denuraci proteinů. Hovězí maso obsahuje 13,1-27,0 % proteinů [35].

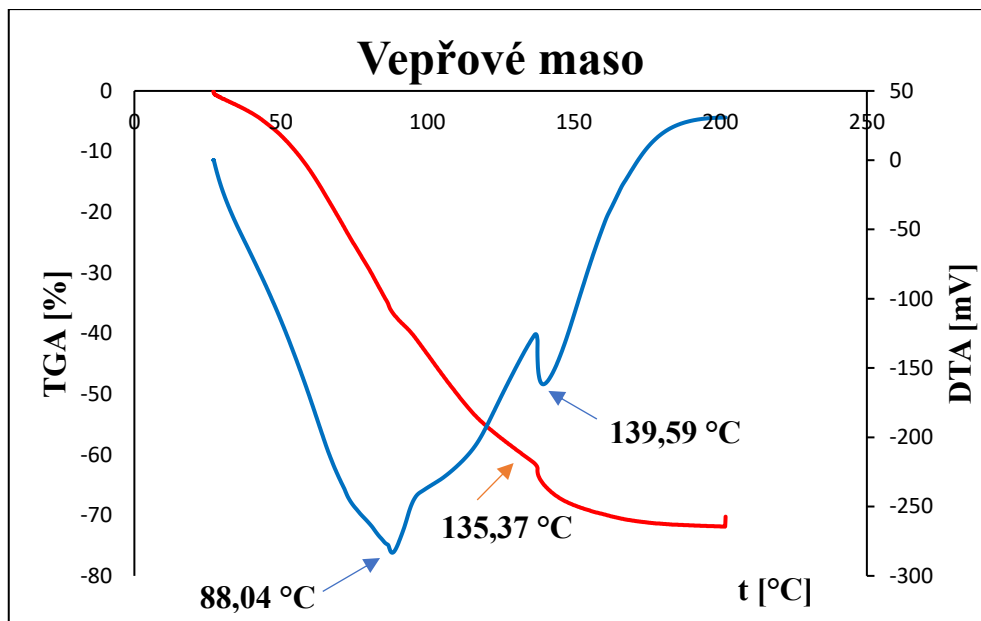
Na TGA křivce byl sledován úbytek hmotnosti vlivem ztráty vlhkosti. Při teplotách 30-200 °C došlo k úbytku hmotnosti, který činil 70,6 %. Při těchto teplotách došlo k vypařování vody ze vzorku.



Obr. 21 TGA křivka – Kuřecí maso

Na obrázku č. 21 znázorňující TGA křivku došlo k denaturaci bílkovin kuřecího masa při teplotě 85,18 °C. Kuřecí maso obsahuje 21,2-21,4 % proteinů. Byly stanoveny tři endotermní píky, první pík při teplotě 53 °C, kdy denaturoval myosin a zbylé dva píky byly při teplotě 70 °C a 79 °C, kdy podle odborné literatury dochází k denuraci sarkoplasmatických proteinů [35,55].

Na TGA křivce byl sledován úbytek hmotnosti vlivem ztráty vlhkosti. Při teplotách 30-200 °C došlo k úbytku hmotnosti, který činil 72,94 %.



Obr. 22 TGA křivka – Vepřové maso

Na obrázku č. 22 znázorňující TGA křivku vepřového masa byl endotermní pík zaznamenán při teplotě 88,04 °C. Hovězí maso obsahuje 9,1-20,2 % proteinů. Při srovnání s jinými studiemi, kde se zabývaly denaturací bílkovin vepřového masa byly stanoveny dva píky. Při teplotách 60 °C došlo k denaturaci myosinu a při teplotě 75 °C denaturovaly sarkoplasmatické proteiny. V naše případě oba píky splývají [35,56].

Na TGA křivce byl sledován úbytek hmotnosti vlivem ztráty vlhkosti. Při teplotách 30-200 °C došlo k úbytku hmotnosti, který činil 77,24 %. Při těchto teplotách došlo k vypařování vody ze vzorku.

V mase se nacházejí myofibrilární proteiny, sarkoplasmatické proteiny a stromatické proteiny. Sarkoplasmatické bílkoviny během tepelné úpravy masa denaturují. První změny konformace proteinů masa nastává při teplotě 35 °C, kdy zmíněné sarkoplasmatické proteiny asociují na nestabilní strukturu. Dochází ke snížení vaznosti masa a ke zvýšení tuhosti. Viditelné změny nastávají při teplotě 45 °C, kdy dochází vlivem denaturace myosinu ke zkrácení svalů. Při teplotě okolo 55 °C denaturuje aktomyozin a v rozmezí teplot 55-65 °C pak

sarkoplasmatické proteiny. Při těchto teplotách dochází také ke změnám konformace kolagenu. Při teplotách nad 80 °C jsou prakticky koagulovány všechny myofibrilární a sarkoplasmatické proteiny [35].

6 ZÁVĚR

V této diplomové práci byly popsány vybrané druhy metod termické analýzy, které se využívají v potravinářství a mohou poskytnout kvantitativní a kvalitativní informace týkajících se fyzikálních a chemických změn, které v potravine mohou probíhat vlivem zahřívání nebo ochlazování. Většina potravin je během skladování, výroby a přepravy vystavena různým tepelným vlivům, které mohou významně ovlivnit zmíněné fyzikálně-chemické a funkční vlastnosti hlavních potravinových složek, což ovlivňuje přijatelnost a kvalitu výrobků. V potravinářství se nejčastěji používá Diferenciální skenovací kalolimetrie a Termogravimetrie, která nám umožňuje sledovat úbytek hmotnosti ve vzorku vystaveného tepelnému účinku. Termická analýza se stala v potravinářství velmi využívána.

V praktické části byly analyzovány tři základní složky potravin, a to bílkovin, sacharidů a lipidů. Skupinu bílkovin tvořilo kuřecí maso, hovězí maso, vepřová maso a vaječný bílek. U těchto vzorků se sledovala teplota denaturace. U kuřecího masa byl denaturační pík zachycen při teplotě 85,18 °C, denaturace bílkovin v hovězím maso byla při teplotě 75,74 °C, u vepřového masa nastala denaturace bílkovin při teplotě 88,04 °C a denaturace bílkovin vaječného bílku nastala při teplotě 80,94 °C.

Skupinu sacharidů tvořil bramborový a kukuřičný škrob, kdy se sledovala želatinační teplota a cukr krystal, u kterého se sledovala teplota tání sacharosy a teplota karamelizace. U bramborové ho škrobu byla želatinační teplota zachycena při teplotě 74,55 °C a u kukuřičného škrobu při teplotě 68,24 °C. Teplota tání sacharosy ve vzorku cukru byla zachycena při teplotě 194,31 °C.

Skupinu lipidů tvořily dva druhy čokolád, u kterých se sledovala teplota tání kakaového másla a vybrané druhy jedlých olejů, u kterých se sledovala teplota krystalizace. U mléčné čokolády Figaro, která kromě kakaového másla obsahovala palmový a bambucký tuk, nastala teplota tání kakaového másla při teplotě 34,39 °C. U hořké čokolády Deluxe, které obsahovala 70 % kakaové sušiny, byla teplota tání kakaového másla při teplotě 35,06 °C. Ke krystalizaci tuků v arašídovém oleji došlo při teplotě -20,66 °C. V olivovém oleji nastala krystalizace při teplotě 0,23 °C. V řepkovém oleji byla teplota krystalizace zachycena při teplotě -15,21 °C. Ke krystalizaci u slunečnicové oleje došlo při teplotě -35,46 °C. V sójovém oleji nastala krystalizace při teplotě -35,70 °C.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *TERMICKÁ ANALÝZA* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.rcptm.com/wpcontent/uploads/manual>.
- [2] BLAŽEK, A. *Termická analýza*. Vydání první. Praha: nakladatelství SNTL, 1972, 296 str., ISBN 04-626-72.
- [3] ZÝKA, J. *Analytická příručka 2. 4., uprav. vyd.* Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1988. ISBN (váz.).
- [4] *Thermal Analysis of Foods* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://people.umass.edu/~mcclemen/581Thermal.html>.
- [5] *Thermal Analysis in the Food Industry* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://www.mt.com/cz/cs/home/library/on-demand-webinars/lab-analytical-instruments/Food_TA.html.
- [6] SLOBODIAN, P. *Termická analýza materiálů*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014. 153 s. ISBN 9788074544033.
- [7] KLOUŽKOVÁ, A., P. ZEMENOVÁ, J. KLOUŽEK a W. PABST. *Termická analýza*. Praha, 2012. Studijní materiál. VŠCHT.
- [8] *Thermal Analysis of Foods*. 1. Boston: Springer, 1994. ISBN 978-1-4615-7000-4.
- [9] *Termická analýzy a kalorimetrie* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.materials-research.cz/cz/laboratore/laborator-biokoloidu/termicka-analyza-a-kalorimetrie/metody-termicke-analyzy>.
- [10] *Termická analýza – termogravimetrie. Chempoint* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.materials-research.cz/cz/laboratore/laborator-biokoloidu/termicka-analyza-a-kalorimetrie/metody-termicke-analyzy>.
- [11] *Hutnická analytika*, Termická analýza, <http://www.fmmi10.vsb.cz> (15.12. 20007).
- [12] ŠTARHA, P. a Z. TRÁVNÍČEK. *Termická analýza*. Olomouc, 2011. Studijní materiál. UPOL.
- [13] *Laboratoře termické analýzy* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://clab.vscht.cz/ta/vysledky-ta?cookie%5Bonly_desktop%5D=1.

- [14] ROSICKÝ, J. *Termická analýza*. UK, Praha, 1989.
- [15] POLÁNSKÝ, R. *Diferenční termická analýza a její využití v elektrotechnologické diagnostice*. Plzeň, 2008.
- [16] *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/kzm/KZM_06.pdf
- [17] *Termické a chemické technologie* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://na-noed.tul.cz/course/view.php?id=40>
- [18] POLANSKÝ, R. *Teoretické a praktické aspekty termomechanické analýzy* [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika--elektrotechnologie/0/teoreticke-a-prakticke-aspekty-termomechanicke-analyzy/>
- [19] KLOUDA, P. *Biochemie zblízka*. 1. Ostrava: Pavko, 2012. ISBN 978-80-86369-2-1.
- [20] SLUKOVÁ, M. *Výroba potravin a nutriční hodnota*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-947-1. Dostupné také z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-947-1
- [21] Pi-centrum Ostrava. Bílkoviny – rozdělení a jejich funkce. *Pi-centrum.e-shoper.net* [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://pi-centrum.e-shoper.net/clanky/13-bilkoviny---rozdelni-a-jejich-funkce/>
- [22] *Elektronická učebnice: Biochemie* [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2474>
- [23] DAVÍDEK, J. Aminokyseliny, peptidy, bílkoviny [online]. [cit. 2018-04-12]. <https://el.lf1.cuni.cz/p51525121/>
- [24] PÁNEK, J., J. DOSTÁLOVÁ, J. POKORNÝ. *Základy výživy a výživová politika*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002. ISBN 80-7080-468-8.
- [25] Studijní materiály Masarykovy univerzity. Sacharidy. *IS.MUNI.CZ* [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1451/podzim2004/T085/SACHARID1.pdf>
- [26] ČOPÍKOVÁ, J. *Chemie a analytika sacharidů*, Vydání první. Praha: VŠCHT, 104 s. 1997, ISBN: 80-7080-306-1.

- [27] E-chembook. Sacharidy. *E-chembok.eu* [online]. ©2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://e-chembook.eu/sacharidy>
- [28] KUSHI, M. *Cukr a sůl, dva bílé jedy*. Olomouc: Votobia, 1997. ISBN 80-71982024.
- [29] Slavík, Bohumil a Jitka Štěpánková. *Květena České republiky 7*. Praha: Academia, 2005. ISBN: 80-200-1161-7.
- [30] DUDÁŠ, František. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. Praha: SZN, 1981. ISBN: 07-083-81.
- [31] BUREŠOVÁ, I., E. LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. 302 s. ISBN 9788074542787
- [32] BUBNÍK, Z. *Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnost využití pšeničného b-škrobu*. *Chemické listy* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_05_318-325.pdf
- [33] POKORNÝ, J. *Technologie tuků*. 1. SNTL, 1986.
- [34] ULLRICH, L. *Chémia a technológia jedlých tukov a olejov*. Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1963.
- [35] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. 1. Vyd. 2., upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-00-3.
- [36] HALIM, A., J. SELEMAT, S. MIRHOSSEINI a N. HUSSAIN. Sensory preference and bloom stability of chocolate containing cocoa butter substitute from coconut oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2017.
- [37] SALEK, R.N. *Technologie výroby čokolády*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [38] KARLESKIND, A., *Oil and Fats 1*. Intercept Ltd., 1996
- [39] MURAY, R.K., D.K. GRANNER, P.A. MAYES a V.W. RODWELL. *Harperova biochemie*. 1. H and H, 2002. ISBN 80-7319-013-3.
- [40] *Arašídový olej* [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://arasidovyolej.sk/services/vyroba/>
- [41] KARLESKIND, A., *Oil and Fats 2*. Intercept Ltd., 1996

- [42] SHAHIDI, Fereidoon, ed. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. N. Y: J. Wiley, 2005. ISBN 978-0-471-38460-1
- [43] KUBÁT, Karel. *Klíč ke květeně České republiky*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0836-5.
- [44] BECKETT, S. T. *The Science of Chocolate*. 2. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2008. ISBN: 0854049703
- [45] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 8090239153.
- [46] BISWAS, N., Y.L. CHEOW, CH.P. TAN a L.F. SIOW. Physical, rheological and sensory properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute. *LWT - Food Science and Technology*. 2017.
- [47] RANGELOV, A., L. ARNAUDOV, S. STOYANOV a T. SPASSOV. Gelatinization of industrial starches studied by DSC and TG. *Bulgarian Chemical Communications*,. 2017, **49**(2), 422 – 429.
- [48] *Measurements of Gelatinization of starch by TGA*. Application Brief. HiTachi High-Tech Science Corporation. [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.hitachi-hitec-science.com/>>
- [49] AKKOUICHE, Z., L. AISSAT a K. MADANI. Effect of Heat on Egg White Proteins. *International Conference on Applied Life Sciences*. 2012.
- [50] Obsah aminokyselin ve vejcích. *Galenus* [online]. 2008 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.galenus.cz/clanky/vyziva/aminokyseliny-obsah-aminokyselin-ve-vejcich>
- [51] TAN, C.P. a Y.B. CHE MAN. Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of Thermal Properties and Chemical Composition. *Phytochemical Analysis*. 2002, **13**, 191-141.
- [52] Crystallization of vegetable oils. METTLER TOLEDO Thermal Analysis Application Handbook Food. [online]. [cit. 2018-04-018]. Dostupné z WWW:<<http://mt.com/ta-handbooks/>>.
- [53] I WETTENA, L.A., A.W.VAN HERWAARDEN, R.SPLINTER R. BOERRIGTER-EENLING, S.M.VAN RUT. Detection of sunflower oil in extra virgin olive oil by fast differential scanning calorimetry. *Thermochimica Acta*. 2015, (603), 237-243.

[54] TGA of sugar and starch. Application Handbooks from the Technology Leader in thermal analysis. p. 30

[55] MURPHY, R.Y., B.P. MARKS a J.A. MARCY. Apparent Specific Heat of Chicken Breast Patties and their Constituent Proteins by Differential Scanning Calorimetry. *Journal of Food Science*. 1998, **63**(1), 88-91.

[56] *DSC measurements of Edible Meat*. Application Brief. HiTachi High-Tech Science Corporation. [online]. [cit. 2014-04-018]. Dostupné z WWW: <<http://www.hitachihitec-science.com/>>.

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Složení standardního a olejového slunečnicového oleje

Tabulka 2 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 3 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 4 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 5 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 6 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 7 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 8 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 9 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 10 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 11 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

Tabulka 12 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobků

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Termogravimetrická křivka
- Obr. 2 Uspořádání termogravimetrické váhy
- Obr. 3 DTA – křivka, endo a exo píky
- Obr. 4 Uspořádání měřicí cely DTA: a) konvenční provedení, b) dnešní podoba DTA
- Obr. 5 Stanovení teploty skelného přechodu pomocí TMA
- Obr. 6 Křivka diferenční skenovací kalorimetrie
- Obr. 7 Schéma diferenčního skenovacího kalorimetru s kompenzací příkonu.
- Obr. 8 Schéma diferenčního skenovacího kalorimetru s tepelným tokem.
- Obr. 9 DSC křivka – Mléčná čokoláda Figaro
- Obr. 10 DSC křivka – Deluxe chocolate
- Obr. 11 TGA křivka – Bramborový škrob Solamyl
- Obr. 12 TGA křivka – Kukuřičný škrob Gustin
- Obr. 13 DSC křivka – Vaječný bílek
- Obr. 14 DSC křivka – Arašídový olej
- Obr. 15 DSC křivka – Olivový olej
- Obr. 16 DSC křivka – Řepkový olej
- Obr. 17 DSC křivka – Slunečnicový olej
- Obr. 18 DSC křivka – Sójový olej
- Obr. 19 TGA křivka – Cukr bílý Krupice
- Obr. 20 TGA křivka – Hovězí maso
- Obr. 21 TGA křivka – Kuřecí maso
- Obr. 22 TGA křivka – Vepřové maso