

# Využití termické analýzy v potravinářství

Lada Řiháčková

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lada ŘIHÁČKOVÁ**  
Osobní číslo: **T10076**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Využití termické analýzy v potravinářství**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Úvod do termické analýzy.
2. Základní metody termické analýzy.
3. Aplikace termické analýzy v potravinářství.

### II. Praktická část

1. Přístroj pro měření- simultánní DTA/TG.
2. Popis měřených vybraných potravinářských vzorků.
3. Diskuse získaných výsledků a formulace závěrů práce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] ARANA, Ignacio J. **Physical properties of foods: Novel Measurement Techniques and Applications**. Boca Raton, FL: CRC Press, c2012, xiv, 406 s. ISBN 978-1-4398-3536-4.

[2] BLAŽEK, Antonín. **Termická analýza**. 2. opr. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974, 294 s.

[3] Mettler Toledo, **Collected Applications TA, Food**.

[4] HOLZBECHER, Z., CHURÁČEK J., **Analytická chemie**. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987, 663 s.

[5] DANIELS, T., **Thermal Analysis**. London: Kogan Page, 1973, 272 s.

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

Datum zadání bakalářské práce: **16. ledna 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2013**

Ve Zlíně dne 4. února 2013

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



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

Příjmení a jméno: ŘIHÁČKOVÁ LADA.....

Obor: CHTP.....

## 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 obhajoby<sup>1)</sup>;
- 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. 3<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> 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 § 60<sup>3)</sup> 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 13.5.2013.....

Řiháčková.....

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem metod termické analýzy a jejich využití při kontrole kvality potravin. Byly změřeny vzorky různých druhů potravin na DTA/TG analyzátoru z důvodu zjištění tepelné stability, čistoty a jejich složení. Měřené vzorky potravin byly vybrány tak, aby zastupovaly oblast lipidů, bílkovin a tuků.

Klíčová slova: Termická analýza, potravinářství.

## **ABSTRACT**

This work deals with overview of methods of thermal analysis and their use in quality control of foods. The samples of different kinds of food were measured by DTA/TG analyzer to investigate their thermal stability, purity and structure. Measured food samples were chosen to represent the main components in foods- lipids, proteins and fats.

Keywords: Thermal analysis, food.

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování doc. Mgr. Barboře Lapčíkové, Ph.D. za trpělivost, ochotu, cenné rady a čas, které mi věnovala při vedení mé bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TERMICKÁ ANALÝZA</b> .....	<b>12</b>
1.1 ÚVOD DO TERMICKÉ ANALÝZY .....	12
1.2 HISTORIE .....	13
1.3 ZÁKLADNÍ METODY TERMICKÉ ANALÝZY .....	14
1.3.1 Diferenční termická analýza, DTA .....	14
1.3.2 Diferenční skenovací kalorimetrie, DSC .....	16
1.3.3 Termogravimetrická analýza, TGA.....	17
1.3.4 Termomechanická analýza, TMA.....	18
<b>2 APLIKACE TERMICKÉ ANALÝZY V POTRAVINÁŘSTVÍ</b> .....	<b>19</b>
2.1 REAKCE A FÁZE V POTRAVINÁCH PŘI TERMICKÉM ZPRACOVÁNÍ .....	19
<b>3 SLOŽENÍ POTRAVIN</b> .....	<b>20</b>
3.1 PROTEINY.....	20
3.1.1 Stavba a struktura proteinů.....	20
3.1.2 Proteiny v potravinách .....	20
3.1.3 Výživové vlastnosti proteinů.....	21
3.1.4 Denaturace proteinů .....	21
3.1.5 Aplikace DSC a TGA měření .....	23
3.1.6 Bílkoviny vaječného bílku .....	23
3.2 SACHARIDY .....	24
3.2.1 Stavba a struktura sacharidů.....	24
3.2.2 Sacharidy v potravinách .....	24
3.2.3 Výživové vlastnosti sacharidů.....	24
3.2.4 Aplikace DSC a TGA měření .....	25
3.2.5 Škrob .....	25
3.2.6 Želatinace a retrogradace škrobu.....	26
3.2.7 Sacharosa.....	27
3.3 LIPIDY .....	29
3.3.1 Stavba a struktura lipidů.....	29
3.3.2 Lipidy v potravinách .....	29
3.3.3 Výživové vlastnosti lipidů.....	30
3.3.4 Aplikace DSC a TGA měření .....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>31</b>
<b>4 PŘÍSTROJ</b> .....	<b>32</b>
<b>5 MĚŘENÉ MATERIÁLY</b> .....	<b>34</b>
5.1 ČOKOLÁDA.....	34
5.2 VAJEČNÝ BÍLEK.....	39
5.3 KUKUŘIČNÝ ŠKROB .....	39
5.4 ŘEPNÝ CUKR MOUČKOVÝ .....	39
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>41</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>44</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>45</b>



<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>48</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>50</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>51</b>

## ÚVOD

Aplikace termické analýzy je v technologii potravin relativně novou záležitostí. V minulosti se termická analýza používala především pro charakteristiku polymerů. Potraviny mají složitou skladbu a při zpracování, výrobě, skladování a dopravě jsou zatěžovány mnohými změnami teploty. Příkladem tepelného zatížení potravin může být sterilace, pastérace, vaření nebo mražení. Všechny teplotní změny mají spolu s jinými faktory (čas, vlhkost prostředí) rozhodující vliv na kvalitu potravin. Procesy přeměny v potravinách nebo i v čistých složkách potravin (např. denaturace bílkovin) se často projevují změnami s velmi nízkou energií. Proto jsou kladeny vysoké nároky na měřicí přístroje a vyhodnocovací programy. Díky termické analýze můžeme vyšetřit interakce mezi složkami potravin, charakterizovat tepelné přeměny v potravinách, zjistit vhodnou dobu skladování, optimalizovat podmínky a parametry při tepelném zpracování potravin a zlepšit tak kvalitu daného výrobku.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TERMICKÁ ANALÝZA

## 1.1 Úvod do termické analýzy

Pod pojmem termická analýza rozumíme obecně takové experimentální analytické metody, při nichž se sledují některé fyzikální vlastnosti zkoumané látky v závislosti na čase nebo na teplotě. Jsou to tedy metody, které popisují změny fyzikálně chemických vlastností sledovaného systému (hmotnost, energie, rozměr, vodivost apod.) jako dynamickou funkci teploty. Základním jevem důležitým pro metody termické analýzy je změna entalpie ( $\Delta H$ ). Každou látku lze charakterizovat obsahem volné entalpie ( $G$ ), která je dána výrazem:

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

Kde  $H$  je entalpie,  $T$ - absolutní teplota,  $S$ - entropie.

Každý systém má za dané teploty snahu dosáhnout takový stav, který odpovídá nižšímu obsahu volné entalpie. Příkladem může být přechod látky z jedné krystalické formy do druhé, která má za dané teploty menší obsah volné entalpie a je tedy stářejší. K vytvoření stabilnější krystalické struktury nebo jiného stavu s nižší hodnotou volné entalpie může při ohřevu vzorku dojít i postupně přes jednotlivé mezistupně. Takovou přeměnou může být tání, var, sublimace, krystalická přeměna, chemická reakce apod. Přeměna je pak charakterizována teplotou a změnou entalpie. Změna entalpie může být provázena i změnou hmotnosti sledované látky, jako je tomu např. při chemickém rozkladu, dehydrataci, sublimaci nebo oxidaci. Při ohřevu nebo ochlazování látky dochází k reverzibilním nebo ireverzibilním změnám rozměrů, které závisí na počátečních rozměrech a teplotě [1]. Zahřívání látky vlivem rostoucí teploty v jejím okolí vede k rostoucímu tepelnému pohybu atomů, molekul, resp. iontů. Toto může vést ke změnám studované látky (tání, sublimace) nebo jejímu rozkladu na fragmenty. Ty mohou být těkavější než původní látka a při dané teplotě tak ze systému odcházejí [2].

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].

## 1.2 Historie

Za počátek termické analýzy lze považovat až rok 1887, ve kterém LeChatelier publikoval výsledky svého výzkumu termického chování jílovitých hornin tzv. *rating curve* metodou, která v podstatě odpovídá diferenční termické analýze (DTA) bez referenčního vzorku. Je sice známo, že i před ním lidé studovali vliv teploty na vlastnosti různých materiálů, nicméně až na konci 19. století byla k dispozici veškerá měřicí a přístrojová technika (teploměry, teplotní stupnice, termočlánky, pyrometry atd.) využitelná k definování teplotního programu a zaznamenání teploty a hodnoty studované vlastnosti, čímž byly položeny základy termické analýzy. První ze základních metod termické analýzy, která byla vyvinuta ještě před koncem 19. století a je používána dodnes, je výše zmíněná DTA, jejímž principem je měření rozdílu teplot mezi studovaným a referenčním vzorkem. V roce 1915 byly Hondou vynalezeny termovky, které zaznamenávají změnu hmotnosti vzorku v závislosti na definovaném teplotním programu, což je principem druhé ze základních metod termické analýzy diferenční skenovací kalorimetrie (DSC), jejíž využití se datuje od roku 1962. V následujících letech pak jako důsledek rozvoje automatizace kontroly měření a registrace dat dochází k rozvoji termické analýzy- zdokonalování již známých a vzniku nových metod přístrojů- vedoucí k širšímu využití termické analýzy jako takové [2].

V září roku 1965 se ve Skotsku (Aberdeen) konala První mezinárodní konference termické analýzy a vznikla zde Mezinárodní konfederace termické analýzy (the International Confederation for Thermal Analysis- ICTA). V roce 1992 byl její název změněn na Mezinárodní konfederaci termické analýzy a kalorimetrie (the International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry- ICTAC) a odráží tak úzký vztah mezi termickou analýzou a kalorimetrií. Cílem ICTAC je podporovat mezinárodní spolupráci související s termickou analýzou a kalorimetrií prostřednictvím mezinárodních kongresů a vědeckého výboru [26].

### 1.3 Základní metody termické analýzy

Mezi v praxi nejvyžívanější metody termické a analýzy řadíme Diferenční termickou analýzu (DTA), Diferenční skenovací kalorimetrii (DSC), Termogravimetrickou analýzu (TG, TGA) a Termomechanickou analýzu (TMA), dále Termoelektrickou analýzu (TEA), Termomagnetickou, Termooptickou (TOA) a Termoakustickou analýzu [2].

Jelikož chemická reakce nebo změna fáze bývá provázena změnou několika fyzikálně chemických parametrů současně (např. změnou hmotnosti, hodnoty  $\Delta H$  a objemu, uvolněním plynu apod.), požívá se často kombinace několika tepelně analytických metod, čímž se nejen získá větší počet vzájemně se doplňujících výsledků, ale obvykle se i zajistí mnohem lepší shoda pokusných podmínek. Volba termicko-analytické metody se řídí podle toho, jaký vlastnost je pokusem sledována [1].

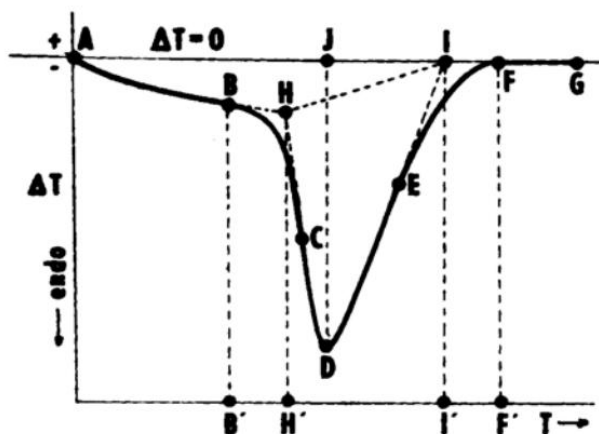
#### 1.3.1 Diferenční termická analýza, DTA

Tato pracovní technika sleduje změny teploty vzorku v závislosti na teplotě srovnávací látky. Touto metodou je možné sledovat nejen hmotnostní změny, které jsou současně provázeny změnami entalpie, ale též fázové změny vzorku (změny krystalové struktury, tání, sublimaci apod.). Zařízení pro tuto techniku je analogické zařízení pro TG. Zapisovač zaznamenává rozdíl teploty srovnávací látky a teploty analyzovaného vzorku. Obě tyto látky jsou umístěny ve vyhřívaném, tepelně izolovaném bloku [4]. Zatímco teplota vzorku srovnávacího sleduje zvolený teplotní program, teplota zkoumaného vzorku podléhá změnám, které jsou obrazem fyzikálních a chemických přeměn, jež v něm probíhají [1]. Grafický záznam závislosti rozdílu teplot obou vzorků na lineárně rostoucí nebo klesající teplotě systému vykazuje pak ostrá snížení nebo zvýšení sledovaných teplotních rozdílů podle toho, zda se při probíhající přeměně spotřebovává nebo uvolňuje teplo [5].

Nejčastěji se pracuje v proudu určitého plynu (např.  $N_2$ ). Srovnávací látka se volí tak, aby v rozmezí teplot, při kterém dochází u vzorku k entalpickým (exotermickým nebo endotermickým) změnám, byla tepelně stálá, tj. aby u ní nedocházelo k energetickým změnám. Této podmínce velmi dobře vyhovuje oxid hlinitý. Jinými srovnávacími látkami mohou být oxid hořečnatý, tavený křemen apod. [4].

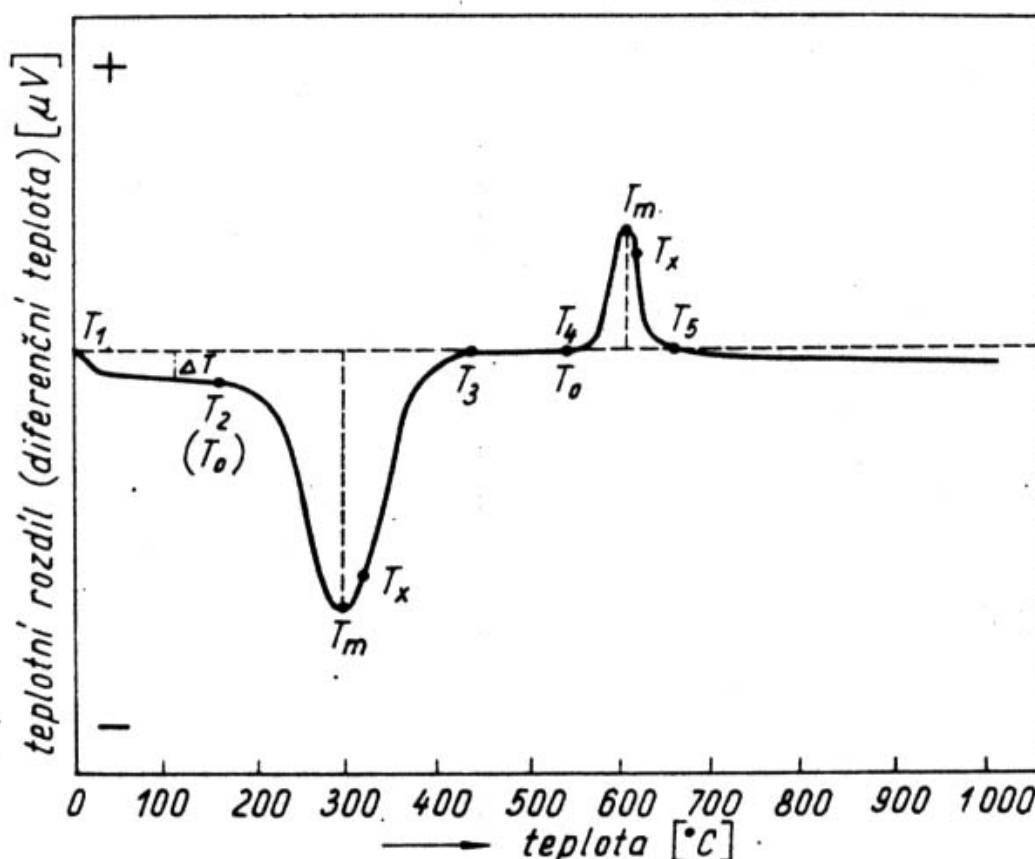
Praxe termické analýzy ukázala, že z pouhého teplotního efektu nelze nic vyvodit o druhu probíhající přeměny ani o tom, zda jde o fázovou přeměnu nebo o chemickou reakci

a zda tato změna probíhá v jednom nebo několika stupních. Druh a mechanismus zaregistrované přeměny lze analyzovat teprve dalšími fyzikálně- chemickými metodami [5].



Obr. č. 1 Termoanalytická křivka DTA [12].

Na obrázku č. 1 vidíme část křivky DTA zachycující endotermický děj. V případě exotermického děje by křivka byla orientována opačně. V úseku vymezeném body A a B reakce neprobíhá ( $\Delta T = 0$ ). V bodě B, kde se křivka DTA poprvé odchýlí od základní linie, pak začíná probíhat endotermní reakce. Základem křivky DTA je pík (na obrázku 1 část vymezená body BCDEF), kde bod B představuje začátek píku, body C, E inflexní body, bod D minimum (jemu odpovídá minimální teplota) a bod F konec píku. Bod H, resp. I značí extrapolovaný začátek, resp. Extrapolovaný konec, který získáme jako průsečík základní linie AB, resp. FG s tečnou vedenou bodem C, resp. E. Vzdálenost bodů D a I představuje výšku píku. Šířka píku je pak vymezena body B' a F'. Úsek H'I' značí reakční interval [12].



Obr. č. 2 Modelová křivka DTA (idealizovaná) [13].

*Popis:*  $T_1$  je teplota počátku záznamu,  $T_2$  charakterizuje teplotu počátku odklonu křivky od nulové linie,  $T_m$  je teplota píku (maximum nebo minimum efektu),  $T_x$  je teplota ukončení přeměny,  $T_3$  je teplota návratu k nulové linii a  $T_4$  je charakteristická teplota počátku exotermického procesu [13].

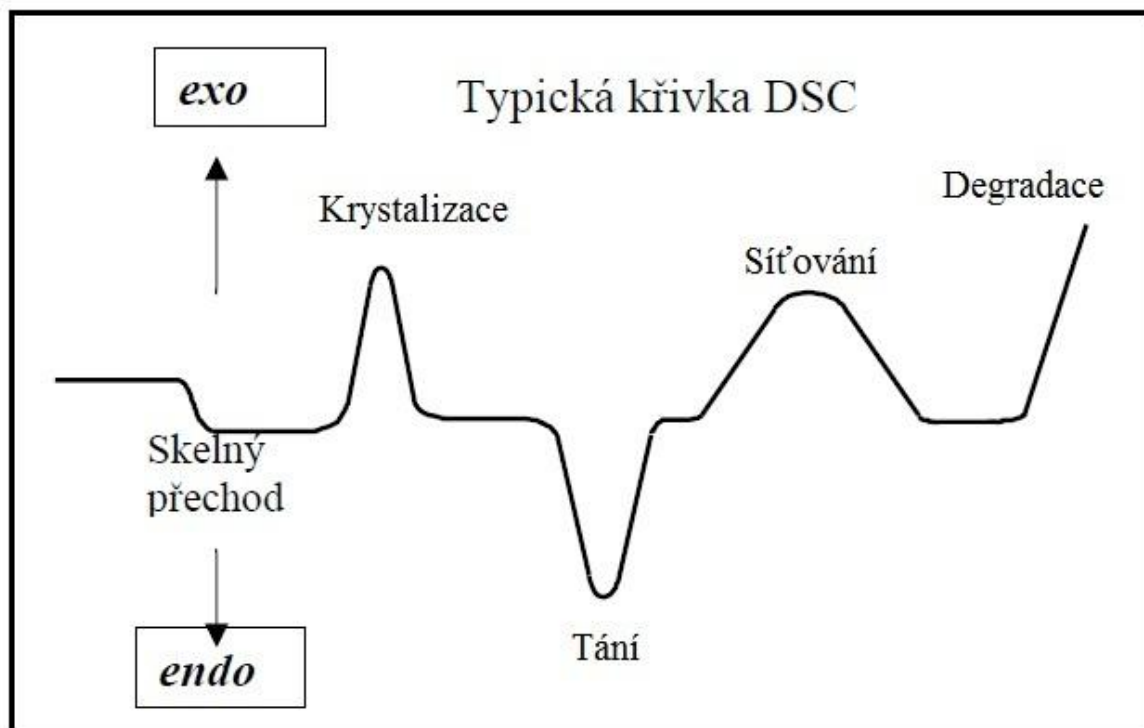
### 1.3.2 Diferenční skenovací kalorimetrie, DSC

Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) měří změny entalpie ve vzorcích v důsledku změn fyzikálních a chemických vlastností materiálu v závislosti na teplotě nebo času. DSC měření poskytuje informace o termických efektech, které jsou charakterizovány změnou entalpie a teplotním rozsahem, jako je tání, krystalizace, fázový přechod a chemické reakce [6]. Metodou DSC mohou být sledovány stejné fyzikální a chemické úkazy jako metodou DTA, a proto mají tyto dvě techniky podobné uplatnění. Avšak DSC přístroje měří přímo změnu energie ve vzorku, ne jako změnu teploty, a v důsledku toho je více vhodná pro kvantitativní měření tepla reakce, přechodu, specifického tepla atd., než meto-



da DTA. DSC měření může probíhat izotermně nebo za velmi nízké rychlosti ohřevu bez ztráty citlivosti.

DSC byla vyvinuta společností Perkin- Elmer a poprvé představena v roce 1964. Dvě japonské společnosti, SinkuRiko a RigakuDenki také sestrojily přístroj mající základní funkce DSC [7].



Obr. č. 3 Typická křivka DSC [5].

### 1.3.3 Termogravimetrická analýza, TGA

Termogravimetrie je jednou z metod termické analýzy, umožňující sledovat hmotnostní změny probíhající při postupném zahřívání (výjimečně i ochlazování) tuhých látek za přesně definovaných podmínek, zejména tlaku a složení atmosféry, teplotních gradientů, způsobu ohřevu apod. [4]. Měření je prováděno v definované atmosféře, obvykle v inertních podmínkách (dusík) nebo v oxidativním prostředí (vzduch nebo kyslík). Hmotnost je měřena vysoce citlivými elektronickými váhami [6]. Termogravimetrický experiment probíhá na termovahách. Výsledkem termogravimetrie je termogravimetrická křivka. Význam termogravimetrické analýzy spočívá v popisu dějů, při kterých dochází ke změně hmotnosti. Metodou lze určit dílčí a celkové hmotnostní úbytky termických rozkladů, ze kterých usuzujeme na obsah solvátomolekul (krystalově vázaných molekul vody nebo jiných rozpouštědel), procentový obsah anorganických částí studovaných molekul a v nepo-

slední řadě lze zpětně nepřímo určit molekulové hmotnosti studovaných látek. Velký význam má určení rozsahu tepelné stability a teploty rozkladu látek (např. polymerů), případně studium reakční kinetiky jednotlivých dějů teplotního rozkladu. Význam termogravimetrické analýzy je tedy poměrně značný, nicméně kvalitu získaných informací je vhodné navýšit spojením termogravimetrie s jinými metodami termické analýzy (např. diferenční termická analýza při simultánní TG/DTA analýze), případně studiem plynných produktů termického rozkladu nebo finálního produktu termického rozkladu [2].

#### 1.3.4 Termomechanická analýza, TMA

Prostřednictvím termomechanické analýzy (TMA) můžeme měřit rozměrové změny vzorku jako funkci teploty. Termomechanickou analýzou je studována roztažnost, pokřivení, penetrace, expanze a komprese daného vzorku. Podle aplikovaného zatížení lze metody termomechanické analýzy rozdělit na termomechanickou analýzu se statickým zatížením (sf- TMA), termomechanickou analýzu s dynamickým zatížením (mf- TMA, dynamická termomechanická analýza, DMA). Studiem uvedených mechanických vlastností při zanedbatelném zatížení se zabývá termodilatometrie (TD). Vyjmenované mechanické vlastnosti lze ve většině případů studovat na jednom přístroji. Záviset to poté bude na úpravě vzorku a na typu sondy, kterou na vzorek působíme. Termomechanická analýza má bohaté využití s úzkým vztahem k praxi. Jejich výsledků je využíváno při studiu materiálů, u kterých se předpokládá, že budou vystaveny výrazným teplotním změnám, při kterých by si měly zachovat své vlastnosti [2,6].

## 2 APLIKACE TERMICKÉ ANALÝZY V POTRAVINÁŘSTVÍ

Termickou analýzou mohou být zkoumány různé vlastnosti a účinky změny teploty u potravin. Nejvíce využívaná pro analýzu potravin je DSC metoda. Aplikuje se pro charakterizaci tání a krystalizace, sušení, vypařování, sublimace, desorpce, polymorfie, skelného přechodu, specifického tepla, oxidační a tepelné stability, změn entalpie, chemické reakce, denaturace a pro charakterizaci umělohmotných obalových materiálů. TGA metoda se využívá pro vyšetření tepelné stability, čistoty, díky ní pozorujeme průběh sušení, vypařování, sublimace a desorpce nebo denaturace. TMA se využívá pro popis polymorfie, skelného přechodu a pro charakterizaci umělohmotných obalových materiálů [6].

### 2.1 Reakce a fáze v potravinách při termickém zpracování

Teplota je jeden z nejdůležitějších řídicích faktorů používaných při zpracování potravin. DSC metoda umožňuje charakterizovat procesy, jako jsou např. vaření nebo mražení. S pomocí teplotních programů umožňuje stanovení dodatečných fyzikálních nebo chemických vlastností (např. bobtnání škrobu). Mezi typické termické procesy u potravin řadíme pasterizaci či sterilaci mléčných produktů, konzerv, nápojů, vaření a pečení chleba, koláčů, masa, hotových jídel, sušení zeleniny, bílkovin, chlazení hotových jídel, tuků a mražení např. masa a zeleniny. Mezi změny zapříčiněné termickými procesy můžeme zařadit vypařování, tání, krystalizaci, změnu konformace (modifikace tukových krystalků, denaturace), chemické reakce jako oxidace [6].

## 3 SLOŽENÍ POTRAVIN

### 3.1 Proteiny

#### 3.1.1 Stavba a struktura proteinů

Bílkoviny (proteiny) jsou polymery aminokyselin, které vznikly procesem zvaným proteolýza. Molekula proteinů se běžně skládá z více než 100 aminokyselin, jež jsou vzájemně vázané peptidovou vazbou. Neliší se pouze ve své molekulové, ale také v prostorové struktuře. Rozeznávají se 4 úrovně struktury: primární, sekundární, terciární a kvartérní. Pod pojmem primární struktura se rozumí údaje o kovalentní struktuře molekuly, počtu a sekvenci aminokyselin v peptidovém řetězci, charakteru základních peptidových vazeb, počtu a charakteru kovalentních vazeb. Polypeptidové řetězce nativních proteinů mají v různých částech určitou sekundární strukturu, neboli prostorové uspořádání (konformaci). Ta je dána jejich sekvencí aminokyselin, a je fixována ne vazebnými interakcemi (hydrofobní, elektrostatické, vodíkové vazby) funkčních skupin aminokyselin. Terciární struktura určuje celkovou konformaci polypeptidového řetězce, tedy jednotlivé prvky jeho sekundární struktury a uspořádání postranních řetězců. Jednotlivé úseky peptidového řetězce nejsou rovinné útvary, ale mohou být různým způsobem prohnuté, svinuté a navzájem spojené. Na spojení jednotlivých úseků se podílí různé typy kovalentních vazeb, např. disulfidové můstky a ne vazebné interakce funkčních skupin aminokyselin [6,23].

#### 3.1.2 Proteiny v potravinách

Proteiny patří společně s tuky a sacharidy mezi nejdůležitější složky potravin a to díky jejich nutričnímu a fyzikálnímu významu a stavební funkci. Jsou důležité pro zpracování potravin (např. emulgate) a charakteristiku spotřebního produktu (senzorické vlastnosti) [6].

Mezi potravinářsky významné proteiny můžeme zařadit následující skupiny:

- Albuminy- neutrální bílkoviny, dobře rozpustné ve vodě, při teplotě 75 °C nevratně koagulují, řadíme zde laktalbumin z mléka, ovalbumin a konalbumin vaječného bílku, leukosin pšenice aj.
- Globuliny- slabě kyselé bílkoviny nerozpustné ve vodě, ale rozpustné ve zředěných roztocích solí, nekoagulují za tepla. Řadíme sem svalové proteiny myosin a aktin, mléčný laktalbumin, vaječný ovoglobulin, amandin z mandlí aj.

- Prolaminy- nerozpustné ve vodě, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad, nekoagulují za tepla. Patří sem zejména rostlinné bílkoviny, jejichž příkladem je pšeničný gliadin a zein kukuřice.
- Gluteliny- mají stejné vlastnosti jako prolaminy, ale jsou nerozpustné v etanolu a teplem koagulují.
- Protaminy- bazické bílkoviny, dobře rozpustné ve vodě, ve zředěných kyselinách, zásadách a v hydroxidu amonném, nekoagulují teplem. Vyskytují se v mlíčí ryb.
- Histony- bazické bílkoviny, dobře rozpustné ve vodě, ve zředěných kyselinách, zásadách, nikoli však v hydroxidu amonném, nekoagulují teplem. Vyskytují se především v jádrech živočišných i rostlinných buněk, řadíme sem např. globin hemoglobinu a myoglobinu.

Výše zmíněné bílkoviny řadíme mezi rozpustné. Mezi nerozpustné bílkoviny patří fibrilární, jako je kolagen, elastin a keratin [23].

### 3.1.3 Výživové vlastnosti proteinů

Proteiny jsou nezbytnou složkou potravy, protože jsou hlavní zdrojem dusíku a přinášejí do organismu hmotu potřebnou k výstavbě a obnově tkání. Minimální denní potřeba plnohodnotného proteinu je u dospělého člověka 0,5- 0,6 g na 1 kg tělesné hmotnosti. Denní příjem proteinů by měl být 14 % z celkového energetického příjmu. Proteiny jsou velmi významným zdrojem energie, jejich energetická výtěžnost je 17 kJ. kg<sup>-1</sup> [23].

### 3.1.4 Denaturace proteinů

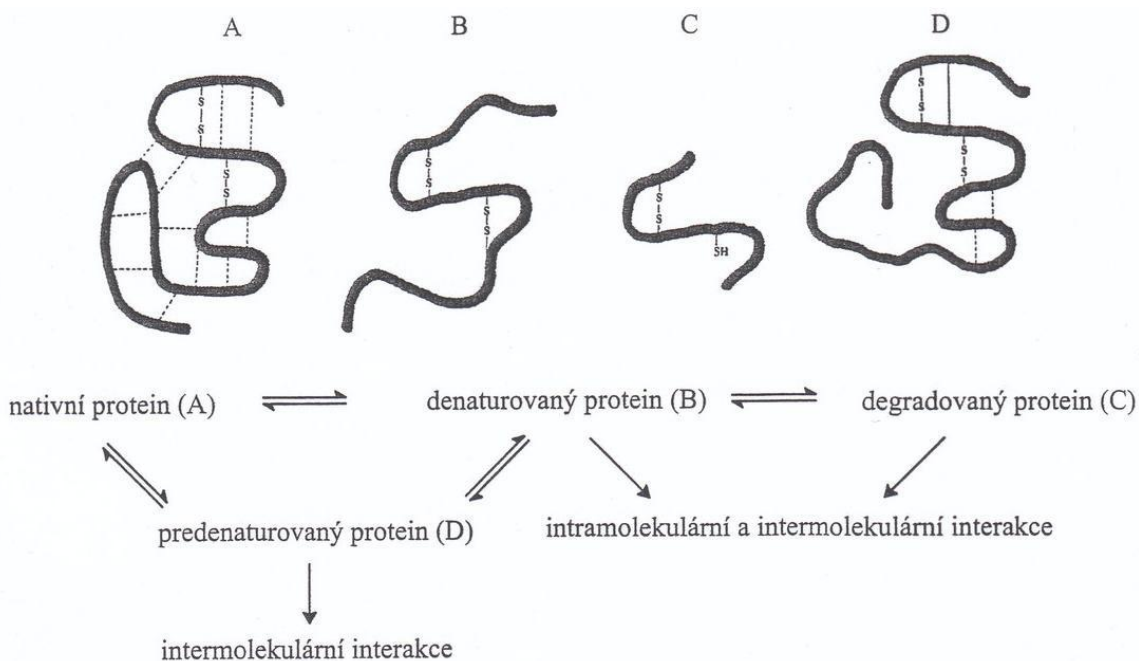
Při zpracování potravin dochází k reakci proteinů, kterou nazýváme denaturace. Nativní konformace globulárních bílkovin (sekundární, terciární i kvartérní), a tím i jejich vlastnosti, se mění již mírným účinkem různých fyzikálních faktorů a chemických činidel. Tyto konformační změny mohou být vratné, avšak obvykle bývají nevratné (ireverzibilní). Důsledkem těchto změn je ztráta biologické aktivity a původní funkce proteinu. Denurací se struktura proteinu mění v méně uspořádanou, viz Obr. č. 4. Pokud faktory vyvolávající denuraci působí dlouhodobě a intenzivně, dochází často i ke změnám primární struktury, k degradaci polypeptidového řetězce na kratší úseky až na aminokyseliny. Mnoho bílkovin vykazuje v denaturovaném stavu vyšší schopnost vázat vodu, protože se uvolní původně nepřístupné funkční skupiny, které mohou interagovat s vodou. Denaturace je ale často provázena koagulací proteinů, molekuly proteinů agregují, jelikož funkční skupiny bílko-

vin reagují samy se sebou a v takovém případě schopnost bílkovin vázat vodu denaturací klesá. Denaturované proteiny také reagují s dalšími složkami potravin.

Denaturaci vyvolávají různé fyzikální faktory, nejčastěji změny teploty, tlaku, působení ultrazvuku, pronikavé a elektromagnetické záření aj. Denaturace chemickými činidly nastává např. v přítomnosti solí, kyselin, zásad, povrchově aktivních látek. K denaturaci nedochází jen při tepelném zpracování potravin, ale i vlivem nízkých teplot při pomalém zmrazování potravin v intervalu teplot mezi 0 až -15 °C. Aktivační energie denaturace teplem je závislá na teplotě, na množství přítomné vody a ve srovnání s katalyzovanými reakcemi je velmi vysoká. Denaturace fibrilárních bílkovin vyžaduje podstatně vyšší aktivační energii.

Denaturace neprobíhá homogenně v celém objemu, a proto můžou vzniknout rozdíly mezi jednotlivými frakcemi daného proteinu. Denaturace je endotermická reakce a v potravinách probíhá jako komplexní, obvykle ireversibilní změna systému.

Z nutričního hlediska je denaturace zpravidla žádoucí, denaturované proteiny jsou totiž přístupnější trávicím enzymům než nativní proteiny. Denaturací se tedy zvýší využitelnost proteinů. Současně dochází k denaturaci některých antinutričních faktorů a přirozených toxických látek a jiných nežádoucích proteinů, enzymů a mikroorganismů [6,23].



Obr. č. 4 Termická denaturace proteinu [23].

### 3.1.5 Aplikace DSC a TGA měření

DSC detekuje denaturaci jako endotermický signál, který je obvykle v teplotním rozsahu od 40 °C do 100 °C. Způsob zpracování potravin má velký vliv na vlastnosti proteinů obsažených v těchto potravinách. Pokud byla potravina při zpracování tepelně opracována nebo zmrazena, proteiny jsou již nevratně denaturovány. Proto při měření takového vzorku DSC metodou nemůžeme získat denaturační pík. Pomocí DSC metody zjistíme, zda byl protein již upravován či zpracován (mražení, tepelné opracování). Výhodou DSC metody je, že můžeme měřit vzorky o různých konzistencích [6].

*Mezi další aplikace DSC metody pro proteiny popsanych v literatuře patří:*

- Vliv tepelného zpracování (mražení, ohřívání, sušení), hodnoty pH, obsahu vody, přídavku solí, cukru, minerálů nebo detergentů a kvalitu frakcí proteinu rybího masa, mléka a syrovátky, slepičích vajec, hovězího masa, obilí, olejových semen, fazolí,
- stanovení kritérií kvality jako textura, emulgační schopnost, rozpustnost nebo povrchová aktivita,
- vliv teploty, zrání, stárnutí, složení, interakce s lipidy a sacharidy. Tohoto se využívá v mlékařském, masném a průmyslu zpracovávajícím zeleninu [6].

### 3.1.6 Bílkoviny vaječného bílku

Vaječný bílek obsahuje asi 40 různých proteinů, které se řadí mezi globuliny, glykoproteiny a fosfoproteiny. Mezi nejdůležitější bílkoviny vaječného bílku patří ovoalbumin, ovomukoid, ovotransferin, ovoglobuliny, lysozym, ovomucin a avidin. Obsah vody ve vaječném bílku značně kolísá a to od 85,5 % až do 91,5 % [13].

K denuraci proteinů ve vejci může dojít v důsledku působení tepla, mechanického namáhání (šlehání) nebo vlivem kyselého pH. Při denuraci působením tepla by mělo být zahřívání pomalé a mírné. Vaječný bílek denaturuje, koaguluje a stává se tuhým [14]. Bílkoviny bílku začínají koagulovat při teplotě 57 °C, při teplotě 60 °C se bílek začíná srážet a tuhý je při teplotě 80 °C. Ovotransferin začíná koagulovat při teplotě 53 °C, ovoalbumin při 57,5 °C a globuliny při 80°C. Přidáním cukru nebo zředěním bílku se jeho koagulační teplota posouvá směrem nahoru [13]. Při skladování vajec vzniká reakcí thiolových a disulfidových skupin z ovalbuminu A termorezistentnější ovalbumin S, který koaguluje až při teplotě 92,5 °C [23].

## 3.2 Sacharidy

### 3.2.1 Stavba a struktura sacharidů

Sacharidy jsou polyhydroxyaldehydy nebo polyhydroxyketony, které obsahují v molekule minimálně tři alifaticky vázané uhlíkové atomy. Podle počtu vázaných cukerných jednotek v molekule se sacharidy dělí na monosacharidy, oligosacharidy, polysacharidy a složené, komplexní neboli konjugované sacharidy. Monosacharidy jsou složeny z jedné cukerné jednotky, oligosacharidy ze dvou až deseti stejných nebo různých monosacharidových jednotek, které jsou spojeny glykosidovými vazbami. Polysacharidy se skládají z více než deseti stejných nebo různých jednotek. Komplexní sacharidy obsahují i jiné sloučeniny, často např. peptidy, proteiny a lipidy. Monosacharidy a oligosacharidy se někdy označují názvem cukry, neboť mají často sladkou chuť [23].

### 3.2.2 Sacharidy v potravinách

Monosacharidy a oligosacharidy jsou běžnou složkou téměř všech potravin, jejich obsah je však značně proměnlivý. Do mnohých potravinářských výrobků se sacharidy přidávají záměrně pro zlepšení organoleptických vlastností jako je chuť a textura. Sacharidy jsou jako složky potravin značně reaktivní. Při skladování a zpracování potravin jsou transformovány na mnoho různých produktů a to i bez přítomnosti dalších reaktantů. Mezi nejběžnější a také nejvýznamnější reakce sacharidů při zpracování a skladování patří reakce s aminosloučeninami, pro které se vžil obecný název reakce neenzymového hnědnutí nebo Maillardova reakce. Produkty těchto reakcí jsou pro mnoho potravin důležité jako aromatické látky a žluté, hnědé až černé barevné pigmenty. Vznikají ale také látky s antinutričními a toxickými účinky [23].

### 3.2.3 Výživové vlastnosti sacharidů

Sacharidy mají v buňkách několik funkcí, využívají se především jako zdroj energie. 1 g cukru poskytuje 17 kJ a řadí se spolu s bílkovinami a lipidy k hlavním živinám. Příjem sacharidů by měl být v rozsahu 45– 60 % celkového příjmu energie [23,24].



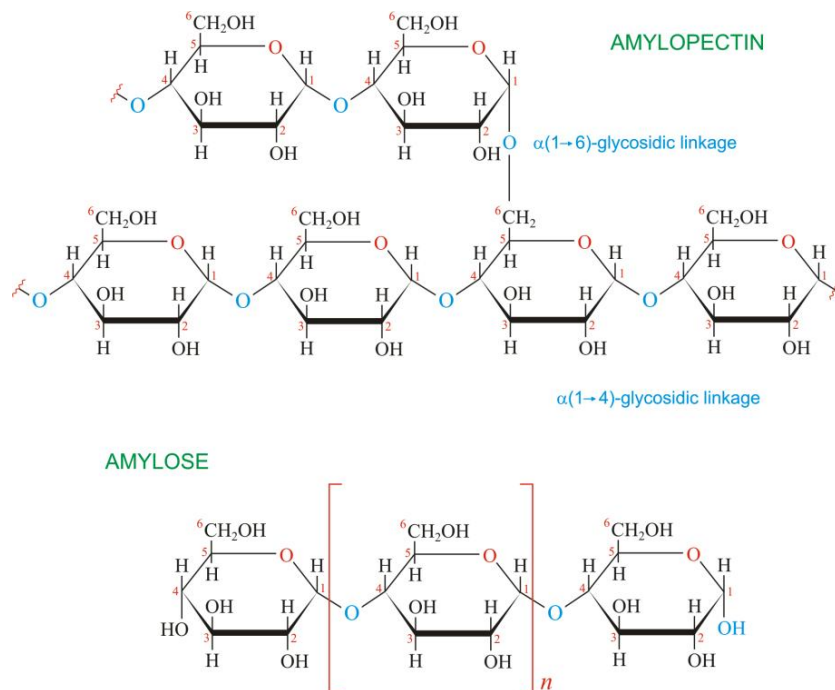
### 3.2.4 Aplikace DSC a TGA měření

V oblasti sacharidů je DSC metoda primárně využívána pro charakterizaci mazovatění a retrogradace škrobů. Na mazovatění škrobu jsou založeny procesy jako pečení chleba, extruze obilných produktů nebo zahušťování omáček. Ke zkoumání vlastností škrobů je využíváno mnoho metod, ale DSC je významná širokým aplikačním rozsahem (rozsah teplot, poměr množství vody a škrobu, měření entalpie). Využití najdeme v pekařství a v průmyslu zpracovávajícím brambory. V případě retrogradace je předmětem zkoumání např. okorávání chleba. Termická degradace sacharidů je zkoumána pomocí termogravimetrie [6].

### 3.2.5 Škrob

Škrob patří mezi fyziologicky a hospodářsky nejdůležitější polysacharidy. Vzniká jako metabolický produkt v chloroplastech listů zelených rostlin, kde je degradován na rozpustné sacharidy, ze kterých je poté v zásobních orgánech rostlin syntetizován škrob, který se ukládá v podobě škrobových zrn v organelách (amyloplastech). Jde o tzv. rezervní polysacharid, tedy o látku existující v živých systémech jako zásoba energie. Suchý škrob je látka hygroskopická, jeho rovnovážná vlhkost je závislá na relativní vlhkosti okolního prostředí. Část vlhkosti tvoří v pevně vázaná voda krystalická, zbytek je podstatně slaběji vázaná fyzikálně adsorbovaná voda a voda kapilární [8].

Kukuřičný škrob je hodnotná surovina v potravinářském průmyslu. Je široce používán jako zahušťovadlo, želírující látka, plnidlo, nebo jako látka zadržující vodu. Škrob se skládá z okolo 75% rozvětveného amylopektinu a asi z 25% z amylosy (Obr. č. 5), která je lineární nebo nepatrně rozvětvená [15]. Jeho sumární vzorec je  $(C_6H_{10}O_5)_n$  [18].



Obr. č. 5 Struktura amylopektinu a amylosy [19].

### 3.2.6 Želatinace a retrogradace škrobu

Ve strukturních jednotkách glukozů je celkem 5 kyslíkových atomů, které mohou interagovat s vodou. Škrobová zrna jsou ve studené vodě nerozpustná a tvoří suspenzi. Pokud se suspenze zahřívá, množství absorbované vody dále roste, aniž by se měnil objem zrn, dochází k tzv. imbibici. Až při určité teplotě (želatinační teplota) nastává bobtnání zrn a jde o reverzibilní proces. Želatinační teplota je spíše rozmezím teplot (obvykle 10 – 15 °C) mezi počátkem a ukončením procesu a závisí na druhu škrobu, vzájemném poměru škrobu a vody, pH prostředí a přítomnosti dalších složek. V procesu želatinace jsou změny zrn ireverzibilní. Při dalším zahřevu se některé molekuly amylosy a amylopektinu dostanou na povrch granulí a lineární molekuly amylosy se uvolňují do prostředí a jsou zde zcela hydratovány. Do extragranulárního prostředí se uvolňuje i malý podíl molekul amylopektinu. Důsledkem hydratace a uvolnění amylosy z granulí roste viskozita a při dostatečné koncentraci škrobu vzniká viskózní škrobový maz. Pokračuje-li zahřev, viskozita klesá s další ztrátou integrity granulí. Ochlazením škrobového mazu ale viskozita opět roste, obnovují se totiž vodíkové vazby mezi makromolekulami amylosy a amylopektinu. Pokud je koncentrace škrobu dostatečná, vzniká z tohoto roztoku pevná trojrozměrná síť, tzv. škrobový gel, který zachycuje velké množství vody. Z málo koncentrovaných suspenzí škrobu vzniká viskózní pasta nebo viskózní koloidní roztok.

Retrogradace je opakem želatínace. Zmazovatělý škrob není v termodynamické rovnováze, proto se po několika hodinách stání mění jejich struktura a reologické vlastnosti. Dochází k intermolekulární asociaci mezi dvěma nebo více lineárními řetězci amylosy vodíkovými vazbami, čímž se ztrácejí vazebná místa poutající molekuly vody, vzniká dvoufázový systém pevná látka- kapalina [23].

Tab. č. 1: Teploty želatínace vybraných škrobů [23].

Zdroj škrobu	Teplota želatínace ve °C		
	počáteční	střední	konečná
<b>pšenice</b>	52	58	64
<b>kukuřice</b>	62	67	72
<b>rýže</b>	66	72	78
<b>brambory</b>	50	60	68

### 3.2.7 Sacharosa

Cukr řepný (sacharosa) je z komerčního hlediska velice důležitá látka vzhledem ke svému mnohostrannému použití jak v lidské výživě, tak k různým chemickým a biochemickým transformacím. Základní surovinou pro výrobu cukru je u nás řepa cukrová, cukrovka. Celé technologické schéma výroby cukru představuje složitý systém, skládající se z velkého počtu aparátů, které jsou navzájem propojeny rozsáhlou potrubní a energetickou sítí. Jako potravinu zajišťuje podstatnou dávku celkového příjmu energie. Vedle své funkce sladidla je cukr látkou dodávající potravinám objem, upravuje jejich texturu, působí jako konzervační činidlo, ochucovadlo a fermentační substrát [8].

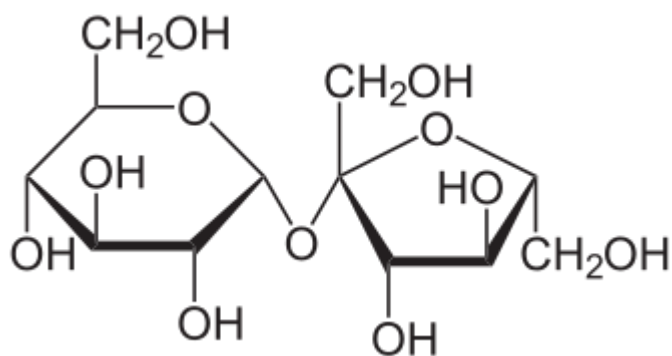
Sacharosa neboli řepný cukr, je přírodní disacharid, složený ze dvou monosacharidů (D- glukosy a D- fruktosy). Sacharosa je neredukující sacharid, jelikož žádná z obou monosacharidových složek nemá volnou hydroxylovou skupinu. Tyto skupiny jsou totiž angažovány v tvorbě vzájemného glykosidu [16].

Přestože je sacharosa bílá krystalická látka bez zápachu, přispívá k tvorbě žlutého až hnědého zbarvení potravin i tvorbě vůně potravin. Tvorba barevných látek je způsobena reakcemi, které jsou označovány jako termální rozklad a Maillardova reakce neboli neenzymové hnědnutí. Tato reakce je zahájena tím, že redukující cukry reagují reverzibilně s aminy. Tato počáteční reakce je potom následována řadou dalších dehydratačních a kondenzačních reakcí. Při zahřívání bezvodé sacharosy nebo roztoku s vysokým obsahem to-

hoto sacharidu dochází ke karamelizaci. Během mírné termolýzy nastávají změny ve struktuře molekuly a štěpení glykosidových vazeb, zejména se však jedná o dehydrataci [20].

Tab. č. 2: Fyzikální vlastnosti sacharosy [21].

<b>Sacharosa</b>	
<b>Systematický název</b>	$\alpha$ -D-glukopyranosyl- $\beta$ -D-fruktofuranosid
<b>Sumární vzorec</b>	$C_{12}H_{22}O_{11}$
<b>Molární hmotnost</b>	342,296 g/mol
<b>Teplota tání</b>	186 °C
<b>Teplota varu</b>	rozklad
<b>Energetická hodnota</b>	16,7 kJ/ g (4 kcal/ g)



Obr. č. 6 Strukturní vzorec sacharosy.

### 3.3 Lipidy

#### 3.3.1 Stavba a struktura lipidů

Názvem lipidy se označuje heterogenní, velmi početná skupina nízkomolekulárních přírodních látek. Lipidy jsou látky chemicky velmi nesourodé, liší se od sebe svou strukturou a jejich jediný společný znak je převaha dlouhých nepolárních uhlovodíkových řetězců, které dodávají lipidům hydrofobnost a činí je ve vodě prakticky nerozpustnými. Jejich hlavními stavebními složkami jsou mastné kyseliny (nasyčené i nenasycené o více než třech atomech uhlíku v molekule), alkoholy, dusíkaté báze, esterově či amidově vázané substituenty [25].

Lipidy se dělí dle chemického složení do tří hlavních skupin:

- Homolipidy- sloučeniny mastných kyselin a alkoholů,
- Heterolipidy- obsahují kromě mastných kyselin a alkoholu ještě další dvě kovalentně vázané sloučeniny,
- Komplexní lipidy- jsou přítomny homolipidy i heterolipidy, ale kromě kovalentních vazeb jsou některé složky vázány různými fyzikálními vazbami, např. vodíkovými nebo prostřednictvím hydrofobních interakcí [23].

#### 3.3.2 Lipidy v potravinách

Lipidy patří k významným složkám potravin. Potravinářsky nejvýznamnější lipidy jsou estery glycerolů. Jako složky aroma potravin se však vyskytují i ethylestery a vyšší estery mastných kyselin s 4- 12 atomy uhlíku, které k lipidům neřadíme. V potravinách vznikají průmyslovou nebo jinou lidskou činností sloučeniny mastných kyselin, které nejsou přírodními látkami, ale přesto se k lipidům zařazují. Za lipidy se také považují netěkavé lipofilní sloučeniny, které doprovázejí vlastní lipidy, nazývají se doprovodné látky lipidů (terpenoidy, steroly, lipofilní vitaminy, přírodní antioxidanty). V technologické a potravinářské praxi se název lipidy běžně neužívá, rozeznávají se tuky, oleje, mastné kyseliny, vosky a lecithin [23].

### 3.3.3 Výživové vlastnosti lipidů

Ve stravě jsou přítomny tuky živočišného i rostlinného původu. Obyvatelům vyspělých zemí dodávají triacylglyceroly 30- 40 % energie, bylo by ale správné podíl tuku snížit pod 30 %, nesmí však klesnout pod 20 %. Energetická výtěžnost tuků (triacylglycerolů) je 37 kJ. g<sup>-1</sup> [23].

### 3.3.4 Aplikace DSC a TGA měření

Zkoumání tuků a olejů DSC metodou je jedna z nejvíce používaných aplikací ve zpracování potravin. Změna teploty u lipidů způsobuje tání, krystalizaci, změnu krystalové struktury. Kvůli polymorfní struktuře tekutých tuků, jsou pro interpretaci křivek potřebné zkušenosti a znalosti modifikací a transformačních procesů, ke kterým může dojít. Existence různých krystalových struktur s rozdílnými vlastnostmi a jejich občasná přeměna na jiné modifikace klade vysoké požadavky na spolehlivost experimentálních podmínek, které jsou potřebné pro získání reprodukovatelných výsledků. Zahřívací a ochlazovací stupně metody DSC ovlivňuje chování tuků. Křivky krystalizace a tání nejsou identické: během ochlazování mají podmínky krystalizace rozhodující vliv na formu modifikace, během zahřívání a tání může dojít k přesmykům ve struktuře, což závisí na míře zahřívání. Tuhnoucí vlastnosti tuků patří ke zvláštním technologickým zájmům při zpracování potravin. Např. krystalizace kakaového másla je krok při zpracování, který hraje rozhodující roli pro kvalitu čokolády. Pouze v tomto kroku získají čokoládové produkty požadované vlastnosti jako lesk, lámavost, chování při tání a jemnost. Přírodní tuky jako je kakaové máslo obsahují mnoho různých triacylglycerolů, proto tento smíšený systém nemá bod tání ale taje v určitém teplotním rozsahu. Zvláštní pozornost musí být věnována polymorfismu tuků. Triacylglyceroly stejné stavby se mohou lišit v uspořádání v krystalové mřížce. Ještě složitěji se při tavení chová směs triglyceridů, které obsahují několik polymorfních forem. V kakaovém máslu mohou být nalezeny alespoň 4 polymorfní struktury. Modifikace jsou označeny  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta'$ ,  $\beta$ . V tomto pořadí modifikací roste termodynamická stabilita i bod tání. Bod tání  $\beta$  modifikace je okolo 35 °C. Z mastných kyselin jsou v triglyceridech navázány hlavně kyselina palmitová, stearová a olejová [6].

Předmětem zkoumání pomocí DSC metody u tuků jsou pevné frakce tuku, kinetika tání a krystalizace, polymorfismus, složení a změny při skladování. Uplatnění nalezneme u cukrovinek a u zpracování jedlých olejů a tuků. U hluboce zmrazených produktů jsou zkoumány nemrznoucí frakce vody [6].

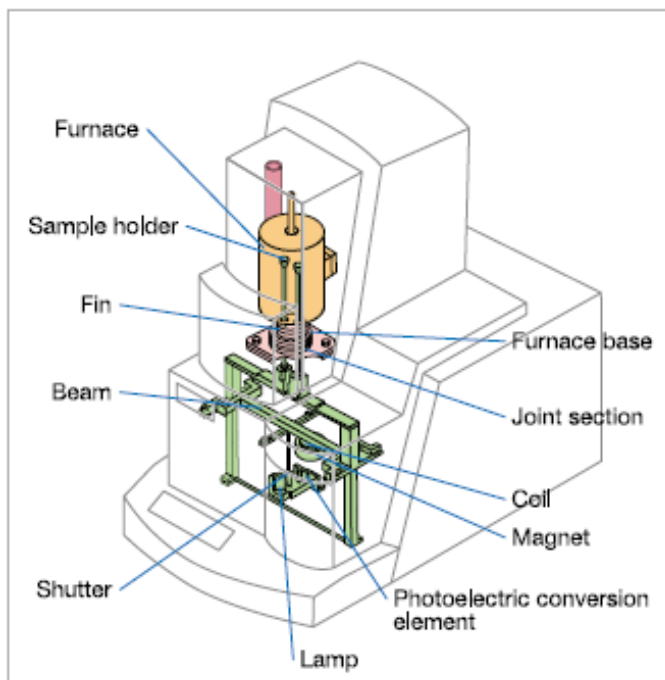
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 PŘÍSTROJ

Všechny vzorky byly měřeny na přístroji DTG 60 – SHIMADZU (viz. Obrázek 6 a 7).  
Měřicí přístroj pro termickou analýzu je simultánní DTA – TG.



Obr. č. 7 Přístroj DTG 60- SHIMADZU.



Obr. č. 8 Složení přístroje DTG 60- SHIMADZU.



Furnace- pec, sample holder- držák vzorku, Fin- žebro, Beam- paprsek, Shutter- clona, (klapka), Lamp- lampa, Photo electric conversion element- foto- elektrický prvek, Magnet- magnet, Coil- cívka, Point section- bodová část, Furnace base- základna pícky.

Teplotní rozsah měření- od laboratorní teploty do 1100°C,

- citlivost vah 0,001 mg,
- měřicí rozsah  $\pm 500$  mg ,
- chyba měření  $\pm 1$  %.

DTA- detektor- termočlánek- Pt + 10% Pt/ Rh,

- měřicí rozsah  $\pm 1$  až 1000  $\mu V$  ,
- atmosféra - statická nebo dynamická od 30 – 50 ml/ min,
  - vzduch,
  - inertní plyn N<sub>2</sub>.

## 5 MĚŘENÉ MATERIÁLY

Byly testovány vzorky čokolády, vaječný bílek, kukuřičný škrob a řepný cukr moučka.

### 5.1 Čokoláda

Základními surovinami pro výrobu čokolád jsou cukr (sacharosa), kakaové boby, sušené mléko, kakaové máslo nebo jeho náhrady, jádroviny a emulgátory. Kakaové boby jsou semena kakaovníku pravého (*Theobromacacao*) [8]. Kakaovník, přirozená rostlina amazonských deštných pralesů, roste v tropech, v pásmu přibližně dvacet stupňů na sever a na jih od rovníku [9]. Dále může čokoláda obsahovat vanilkové aroma, suché skořápkové plody, kandované ovoce a maximálně 5 % rostlinných tuků jako náhradu cenného a velmi kvalitního kakaového másla. Při výrobě je však možné využít pouze tuky s velmi podobným složením, které mají obdobné vlastnosti. Tyto tuky se nazývají ekvivalenty kakaového másla. Díky silným tlakům na snižování ceny výrobků se však často v obchodech setkáváme i s výrobky, které sice jako čokoláda vypadají, avšak čokoládou nejsou. Nejčastěji výrobci nahrazují drahé kakaové máslo levnějšími alternativami rostlinných tuků. Obvykle v těchto výrobcích zůstává alespoň částečně zachován obsah tukuprosté kakaové sušiny, která je tvořena odtučněným kakaovým práškem. I tento však někdy bývá částečně nahrazen karobovým práškem [10]. Karobový prášek je získáván z plodů (lusků) stálezelené dřeviny *Ceratonia Siliqua* rostoucí ve Středomoří. Na rozdíl od kakaa neobsahuje kofein, methylxantiny ani teobromin, má mnohem nižší obsah tuku, ale obsahuje více cukru. Kalorická hodnota karobu je o třetinu menší než u kakaa [22]. Náhražky čokolád se však obvykle od čokolády liší chutí, často i texturou, která je u čokolády dílem dána velmi dobrými vlastnostmi a zpracovatelností kakaového másla. V regálech je můžeme najít například pod názvem „Kakaová pochoutka“ [10].

Podle příslušné vyhlášky k zákonu o potravinách lze do pojmu čokoláda zahrnout prakticky tři kategorie výrobků: hořkou čokoládu, která musí obsahovat minimálně 35 % kakaových součástí, mléčnou čokoládu s obsahem minimálně 25 % kakaových součástí a bílou čokoládu s minimálním obsahem 20 % kakaového másla. Hořká čokoláda přitom může obsahovat třeba i 95 % kakaových součástí, přičemž jejich stoupající podíl je známkou vyšší kvality čokolády. V praxi je ale nevhodnější hranice mezi 60 až 70 %, vyšší obsah se totiž projevuje přílišnou hořkostí a výrobek pak spotřebitelům, zejména dětem, nechutná [11].

*Princip měření:* Stanovuje se teplota tání kakaového másla.

*Příprava vzorku:* Každý vzorek čokolády byl nastrohán na cca 2 mm proužky, a rovnoměrně umístěn do hliníkové pánvičky. Takto připravený vzorek byl podroben termické analýze.

*Podmínky měření:* Vzorek byl zahříván v atmosféře vzduchu rychlostí 10 °C/ min od 25 °C do 70 °C.

Byly testovány 3 vzorky čokolád:

- 1) Hořká čokoláda Ritter Sport, obsah kakaové sušiny nejméně 71 %.



Obr. č. 9 Obal výrobku.

*Název výrobku:* Ritter SPORT Fine Extra Dark Chocolate 71 % Cocoa with fine cocoa from Ecuador.

*Složení:* Kakaová hmota, cukr, kakaové máslo, přírodní vanilka, může obsahovat stopy burských oříšků, ostatních ořechů, pšenice, sóji a mléčných výrobků.

*Výživové hodnoty:*

Tab. č. 3 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku [17].

<b>Ritter Sport</b>	<b>Ve 100 g výrobku:</b>
<b>Energetická hodnota:</b>	2346 kJ/560 kcal
<b>Bílkoviny:</b>	7 g
<b>Sacharidy:</b>	30,0 g
<b>z toho cukry:</b>	29,04 g
<b>Tuky:</b>	47,0 g
<b>z toho nasycené mastné kyseliny:</b>	28,46 g
<b>z toho polynenasycené mastné kyseliny:</b>	1,39 g
<b>z toho mononenasycené mastné kyseliny:</b>	14,62 g
<b>Sodík:</b>	2,64 mg
<b>Vápník:</b>	77,9 mg
<b>Kofein:</b>	méně než 0,08 g

*Výrobce/prodávající:* Alfred Ritter, GmbH & Co. KG.

*Země původu:* Německo.

2) Mléčná čokoláda Ryelands Chocolates, obsah kakaové sušiny nejméně 28%.



Obr. č. 10 Obal výrobku.

Název výrobku: Milk Chocolate.

Složení: Cukr, kakaová hmota, sušené plnotučné mléko, kakaové máslo, mléčný cukr, emulgátory (sojové lecitiny, polyglycerol- polyricin- oleát), vanilkový extrakt. Obsah kakaové sušiny nejméně 28 %.

Výživové hodnoty:

Tab. č. 4: Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku.

	<b>Ve 100 g výrobku:</b>
<b>Energetická hodnota:</b>	2170 kJ/520 kcal
<b>Bílkoviny:</b>	5,7 g
<b>Sacharidy:</b>	62,0 g
<b>z toho cukry:</b>	61,0 g
<b>Tuky:</b>	27,0 g
<b>z toho nasycené mastné kyseliny:</b>	8,4 g
<b>z toho polynenasycené mastné kyseliny:</b>	1,3 g
<b>Vláknina:</b>	2,5 g
<b>Sodík:</b>	0,1 g
<b>Sůl:</b>	0,2 g

Země původu: Polsko.

Výrobce/ prodávající: Tesco Stores ČR a. s. .

## 3) Kakaovo- mléčná pochoutka Tesco Value.



Obr. č. 11 Obal výrobku.

Název výrobku: Milk Cocoa Bar.

Složení: Cukr, ztužený rostlinný tuk, sušená syrovátka, kakaový prášek se sníženým obsahem tuku (8 %), sušené odstředěné mléko (5 %), emulgátor (sójový lecitin), aroma.

Výživové hodnoty:

Tab. č. 5: Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku.

	<b>Ve 100 g výrobku:</b>
<b>Energetická hodnota:</b>	2219 kJ/531 kcal
<b>Bílkoviny:</b>	2,3 g
<b>Sacharidy:</b>	61,0 g
<b>z toho cukry:</b>	60,0 g
<b>Tuky:</b>	29,8 g
<b>z toho nasycené mastné kyseliny:</b>	9,6 g
<b>Vláknina:</b>	3,7 g
<b>Sodík:</b>	0,1 g
<b>Sůl:</b>	0,2 g

Země původu: Polsko.

Výrobce/ prodávající: Tesco Stores ČR a. s.

## 5.2 Vaječný bílek

*Princip měření:* Pozorujeme denaturační pík bílkovin vaječného bílku čerstvého a ohříváního po dobu 2 minut v 80 °C lázni.

*Příprava vzorku:* Bílek vejce byl rovnoměrně nanesen do aluminiové pánvičky a ta byla uzavřena víčkem.

*Podmínky měření:* Vzorky bílku byly zahřívány v atmosféře vzduchu rychlostí 10 °C/ min od 30 °C do 110 °C.

## 5.3 Kukuřičný škrob

*Název výrobku:* Gustin, jemný kukuřičný škrob.

*Složení:* Kukuřičný škrob.

*Energetická hodnota:* 1371 kJ/ 100 g.

*Výrobce:* Dr. Oetker.

*Princip měření:* TGA analýza – obsah vlhkosti, aktivních ingrediencí a obsah popela. Identifikace vzorku polysacharidů. DTA – teplota mazovatění.

*Příprava vzorku:* Do aluminiové pánvičky byla nanesena vrstvička škrobu.

*Podmínky měření:* Vzorek byl zahříván v atmosféře dusíku 50 ml/ min, zahříván od 40 °C do 600 °C rychlostí 10 °C/ min.

## 5.4 Řepný cukr moučkový

*Název výrobku:* Korunní cukr, cukr moučka s obsahem protihrudkujících látek.

*Složení:* Cukr moučka, protihrudkující látka bramborový škrob (max. 3 %).

*Energetická hodnota:* 1700 kJ/ 100 g.

*Výrobce:* Moravskoslezské cukrovary, a. s.

*Princip měření:* TGA analýza – obsah vlhkosti, aktivních ingrediencí a obsah popela. Identifikace vzorku polysacharidů. DTA – teplota tání. Kapalná fáze sacharidů uvolňuje vodu a karamelizuje.

*Příprava vzorku:* Do aluminiové pánvičky byla nanesena vrstvička cukru, na kterou byl navršen oxid hlinitý, což je referentní látka a zabraňuje vypěnění vzorku cukru z kelímku.

*Podmínky měření:* Vzorek byl zahříván v atmosféře dusíku 50 ml/ min, zahříván od 40 °C do 600 °C rychlostí 10 °C/ min.



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Různé druhy vzorků z oblasti potravinářského průmyslu (proteiny, lipidy a sacharidy) byly podrobeny termogravimetrické (TGA) a diferenční termické analýze (DTA) z důvodu zjištění kvality těchto produktů.

### Čokoláda

Z důvodu zjištění kvality čokolády byly změřeny různé druhy čokolád zakoupené v síti hypermarketů v ČR. Byly analyzovány oblasti teploty tání na DTA křivkách.

1. Hořká čokoláda Ritter Sport, obsah kakaové sušiny nejméně 71 %.

Na DTA křivce (Obr. č. 12) byl zaznamenán pík s maximem 35,97 °C, v rozmezí 30 - 70 °C, kdy můžeme očekávat tání triglyceridů, zejména teplotu tání  $\beta$  - modifikace triglyceridů, které jsou součástí kakaového másla. Z plochy píku byla vypočítána změna entalpie tání ( $\Delta H = 69,27$  J/g).

2. Mléčná čokoláda Ryelands Chocolates, obsah kakaové sušiny nejméně 28%

Na DTA křivce (Obr. č. 13) byl v rozmezí 35- 61 °C zaznamenán pík teploty tání 47,4 °C. Změna entalpie tání byla  $\Delta H = 23,48$  J/g.

3. Kakaovo- mléčná pochoutka Tesco Value

Teplota tání byla stanovena na 54,73 °C (Obr. č. 14), rozmezí teplot bylo 36- 72 °C. Tento vzorek čokolády neobsahoval dle údajů od výrobce kakaové máslo, ale ztužený rostlinný tuk, který má vyšší bod tání než kakaové máslo. Změna entalpie tání byla  $\Delta H = 27,91$  J/g.

Z naměřených teplot tání tuků obsažených v čokoládách bylo zjištěno, že ze všech tří vzorků byla nejnižší hodnota teploty tání tuků v „Hořké čokoládě Ritter Sport“, obsahující 71 % kaka, odpovídající teplotě tání kakaového másla.

Z teploty tání tuků druhého vzorku, „Mléčné čokolády Ryelands Chocolates“, 28 % kaka, je zřejmé, že pro výrobu byla použita směs kakaového másla, ztužených rostlinných tuků a mléčného tuku.

Vysoká teplota tání, která byla naměřena u „Kakaovo- mléčné pochoutky Tesco Value“, je teplotou tání ztužených rostlinných tuků, kterými bylo při výrobě nahrazeno právě kakaové máslo. Změny entalpie jsou přímo úměrné obsahu tuku ve vzorcích.

### Vaječný bílek

Denaturace vaječného bílku byla analyzována pomocí DTA. Na DTA křivce (Obr. č. 15) čerstvého neupraveného bílku byl zaznamenán pík při teplotě 87 °C, který znázorňuje denuraci bílkovin vaječného bílku. V případě bílku ohřivaného po dobu 2 minut v 80 °C lázni (Obr. č. 16) nebyl patrný denurační pík, jelikož proteiny bílku byly při zahřívání již zdenaturovány.

### Kukuřičný škrob

Kukuřičný škrob byl analyzován z důvodu zjištění tepelné stability a probíhajících tepelných procesů ve vzorku pomocí metod TG a DTA.

První endotermický pík na DTA křivce (Obr. č. 17), jehož maximum je 70,94 °C, představuje proces mazovatení kukuřičného škrobu. Druhý pík je endotermický a jeho maximum je 313 °C, třetí pík je exotermický s maximem 377 °C. Tyto dva píky znázorňují proces spalování vzorku, se kterým souvisí degradace chemické struktury, trhají se vazby a řetězec se rozpadá.

TGA: První hmotností úbytek na TG křivce (Obr. č. 17) 8,7 % byl analyzován v rozmezí teplot 40 – 150 °C a představuje úbytek vody ve vzorku odpovídající vlhkosti. Stabilita a tím i použití škrobu pro tepelné zpracování je do 260°C, kdy se struktura škrobu jako polysacharidu začíná rozkládat. Analyzovaný rozkladný step byl v rozmezí 260 – 600°C, úbytek hmotnosti vzorku odpovídal 90 % úniku vody a CO<sub>2</sub>. Residuum byl obsah minerálních látek.

### Řepný cukr moučka

Tento potravinářský produkt byl analyzován z důvodu zjištění tepelné stability a probíhajících tepelných procesů v daném vzorku. Analýzy byla provedena pomocí metod TG a DTA.

Na DTA křivce (Obr. č. 18) jsou 2 endotermické píky. První pík 200,04 °C představuje teplotu tání cukru, druhý 240,52 °C, kdy dochází ke karamelizaci cukru. Následující průběh DTA křivky, je tzv. profil spalování cukru.

Dle průběhu TGA křivky (Obr. č. 18) můžeme konstatovat, že stabilita a tedy optimum použití cukru při tepelném zpracování je do cca 210 °C. V tomto bodě se struktura cukru začíná rozkládat. Analyzovaný step byl v rozmezí 210 – 600 °C, úbytek hmotnosti vzorku činil 94 % a odpovídal vypaření vody a CO<sub>2</sub>. Zůstatek tvořily minerální látky.

## ZÁVĚR

Byly měřeny různé vzorky potravin, reprezentující základní živiny (proteiny, lipidy a sacharidy) z důvodu zjištění kvality a optimalizace při jejich zpracování. Měření bylo provedeno pomocí přístroje pro termickou analýzu DTG 60- SHIMADZU. Byly analyzovány tři druhy čokolád, kde byly sledovány teploty tání obsažených tuků v komerčně dostupných výrobcích. V prvních dvou případech kakaového másla (triglyceridů), u třetího vzorku ztuženého rostlinného tuku. Námi stanovené výsledky se shodují s obsahem tuků, které deklaruje výrobce na obalu. Pomocí diferenciální termické analýzy byla charakterizována denaturace proteinů obsažených ve vaječném bílku. Touto metodou lze zjistit, zda byla potravin již tepelně opračována (zahřívána či zmražena). Denaturované proteiny již nevykazují při termické analýze denaturační pík. Teplotní chování sacharidů bylo pozorováno u vzorku kukuřičného škrobu a řepného cukru moučka. U vzorku kukuřičného škrobu byly stanoveny teploty, při kterých dochází k želatinaci a následně k degradaci. U cukru byla stanovena teplota tání, karamelizace a optimální teplotní rozmezí použití cukru pro tepelné zpracování.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BLAŽEK, A., *Termická analýza*. 2. opr. vyd. Praha, SNTL– Státní nakladatelství technické literatury, 1974, 294 s.
- [2] ŠTARHA, P., TRÁVNÍČEK, Z., PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA, *Termická analýza* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého Olomouc, 2011 [cit. 2012-12-07]. Dostupné z WWW: <[http://agch.upol.cz/userfiles/file/pdf/Termicka\\_analyza.pdf](http://agch.upol.cz/userfiles/file/pdf/Termicka_analyza.pdf)>
- [3] ZÝKA, J., *Analytická příručka*. 2., dopl. a upr. vyd. Praha, SNTL– Státní nakladatelství technické literatury, 1972, 1037 s.
- [4] HOLZBECHER, Z., CHURÁČEK J., *Analytická chemie*. 1. vyd. Praha, SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1987, 663 s.
- [5] VANÍČEK, J., Metody termické analýzy. In: *Technická univerzita v Liberci* [online]. 2005 [cit. 2013-02-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/?q=cs/materialy>>
- [6] Mettler Toledo, Collected applications TA, Food
- [7] DANIELS, T., *Thermal Analysis*. London: KoganPage, 1973, 272 s
- [8] KADLEC, P., MELZUCH, K. a VOLDŘICH, M. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: KeyPublishing, 2010, 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [9] COADY, Ch., *Čokoláda: průvodce znalce světem nejjemnějších čokoládových cukrovinek*. 1. vyd. Praha: Fortuna Print, 2000. 192 s. ISBN 80-86144-54-2.
- [10] VŠCHT, Testovali jsme čokolády. In: *Svět potravin* [online]. 2012 [cit. 2013-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=2874>>
- [11] HAVEL, P., Čokoládové kamufláže. In: *DTest* [online]. 2008 [cit. 2013-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.dtest.cz/clanek-193/cokoladove-kamuflaze>>
- [12] PINKAS, J., LOSOS, Z., Úloha 8. Termická analýza. In: *Masarykova univerzita: přírodovědecká fakulta* [online]. [cit. 2013-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.sci.muni.cz/chemsekce/tgir/uloha8.pdf>>
- [13] HEJLOVÁ, Š. *Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků*. Újezd u Brna: Ivan Straka, 2001, 71 s. ISBN 8090277586.

- [14] VACLAVIK, V., CHRISTIAN, E. W. (2008). *Essentials in food science*. New York, NY, Springer. Dostupné z WWW: <<http://site.ebrary.com/id/10230122> >
- [15] SANDHU, K., SINGH, N. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chemistry* [online]. 2007, roč. 101, č. 4, s. 1499-1507 [cit. 2013-03-29]. ISSN 03088146. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.01.060. Dostupné z WWW: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606003074>>
- [16] KEFURT K., KNIEŽO, K., DRAŠAR, P., MORAVCOVÁ, J. Vysoká škola chemicko- technologická v Praze: Ústav chemie přírodních látek. In: *Návody k laboratornímu cvičení* [online]. 2007 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.vscht.cz/lam/new/NAVODY342BAKALv03.pdf>>
- [17] Ritter Sport. *Product details Fine Extra Dark Chocolate* [online]. 2013 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z WWW: <[http://www.rittersport.co.uk/#/en\\_GB/product/article/100g\\_fine\\_extra\\_dark\\_chocolate](http://www.rittersport.co.uk/#/en_GB/product/article/100g_fine_extra_dark_chocolate)>
- [18] The Free Dictionary. *Starch: definition of starch in the Medical dictionary* [online]. 2007 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/starch>>
- [19] Chemistry glossary: Croatian-English Chemistry Dictionary & Glossary. *Starch* [online]. 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://glossary.periodni.com/glossary.php?en=starch>>
- [20] ČOPÍKOVÁ, J. Náhrady sacharosu a tuků v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, 1999 [cit. 2013-04-02]. ISSN 0009-2770. Dostupné z WWW: <[http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999\\_01\\_3-14.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_01_3-14.pdf)>
- [21] Sacharóza. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sachar%C3%B3za>>

- [22] DOBROVOLNÁ, M. Celostní medicína: Informační server o zdraví. In: *Karob jako zdravější alternativa kakaá nebo čokolády* [online]. 2008 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.celostnimediceina.cz/karob-jako-zdravejsi-alternativa-kakaa-nebo-cokolady.htm>>
- [23] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [24] KVASNIČKOVÁ, A. Informační centrum bezpečnosti potravin. In: *Referenční hodnoty pro výživové faktory: sacharidy, vláknina, tuk* [online]. 2009 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.bezpecnostpotravin.cz/referencni-hodnoty-pro-vyzivove-faktory-sacharidy-vlknina-tuk.aspx>>
- [25] HOZA, I. *Potravinářská biochemie I*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011, 167 s. ISBN 978-80-7318-936-5.
- [26] International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry: ICTAC. In: *Welcome* [online]. 2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.ictac.org/index.htm>>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\Delta H$	Změna entalpie.
T	Absolutní teplota.
S	Entropie.
DTA	Diferenční termická analýza.
DSC	Diferenční skenovací kalorimetrie.
TG, TGA	Termogravimetrie, Termogravimetrická analýza.
TMA	Termomechanická analýza.
TEA	Termoelektrická analýza.
TOA	Termooptická analýza.
N <sub>2</sub>	Dusík.
DMA	Dynamická termomechanická analýza.
TD	Termodilatometrie.
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý.



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. č. 1</i> Termoanalytická křivka DTA [12]. .....	15
<i>Obr. č. 2</i> Modelová křivka DTA (idealizovaná) [13]. .....	16
<i>Obr. č. 3</i> Typická křivka DSC [5]. .....	17
<i>Obr. č. 4</i> Termická denaturace proteinu [23]. .....	22
<i>Obr. č. 5</i> Struktura amylopektinu a amylosy [19]. .....	26
<i>Obr. č. 6</i> Strukturní vzorec sacharosy. ....	28
<i>Obr. č. 7</i> Přístroj DTG 60- SHIMADZU. ....	32
<i>Obr. č. 8</i> Složení přístroje DTG 60- SHIMADZU. ....	32
<i>Obr. č. 9</i> Obal výrobku. ....	36
<i>Obr. č. 10</i> Obal výrobku. ....	37
<i>Obr. č. 11</i> Obal výrobku. ....	38
<i>Obr. č. 12</i> Čokoláda Ritter Sport. ....	52
<i>Obr. č. 13</i> Mléčná čokoláda Ryelands. ....	52
<i>Obr. č. 14</i> Kakaovo- mléčná pochoutka Tesco. ....	53
<i>Obr. č. 15</i> Čerstvý bílek. ....	54
<i>Obr. č. 16</i> Denaturace bílku. ....	54
<i>Obr. č. 17</i> Kukuřičný škrob. ....	55
<i>Obr. č. 18</i> Řepný cukr moučka. ....	55

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. č. 1: Teploty želatinace vybraných škrobů [23].</i>	27
<i>Tab. č. 2: Fyzikální vlastnosti sacharosy [21].</i>	28
<i>Tab. č. 3 Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku [17].</i>	36
<i>Tab. č. 4: Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku.</i>	37
<i>Tab. č. 5: Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku.</i>	38

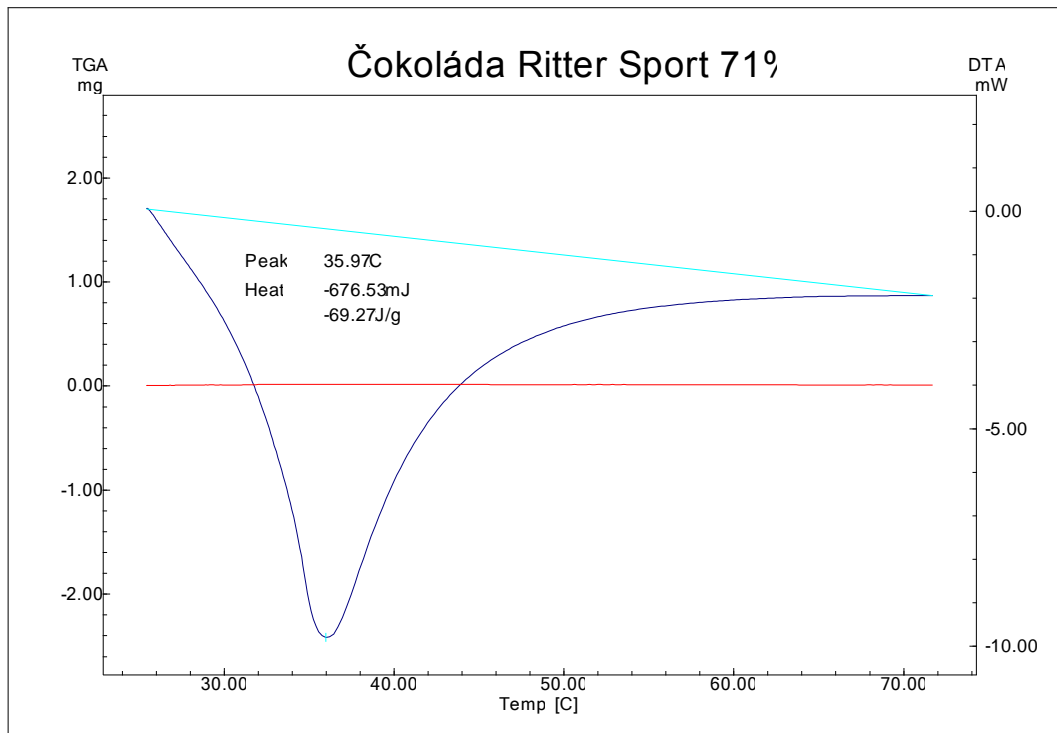
## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Čokolády

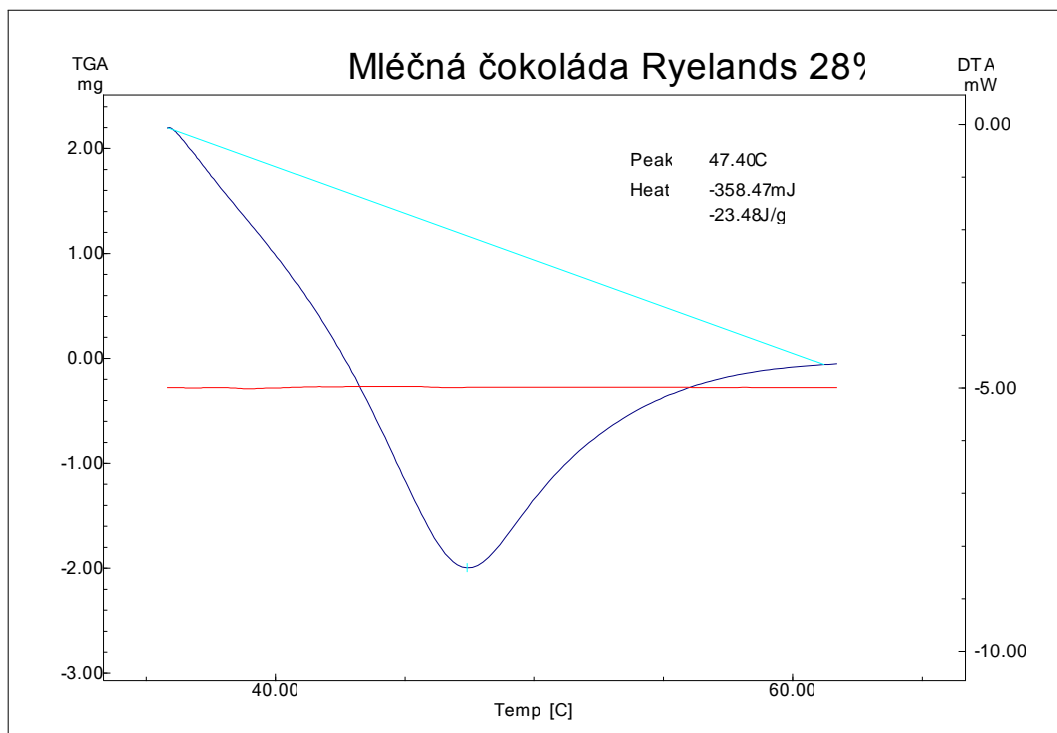
Příloha P II: Vaječný bílek

Příloha P III: Kukuřičný škrob, Řepný cukr moučka

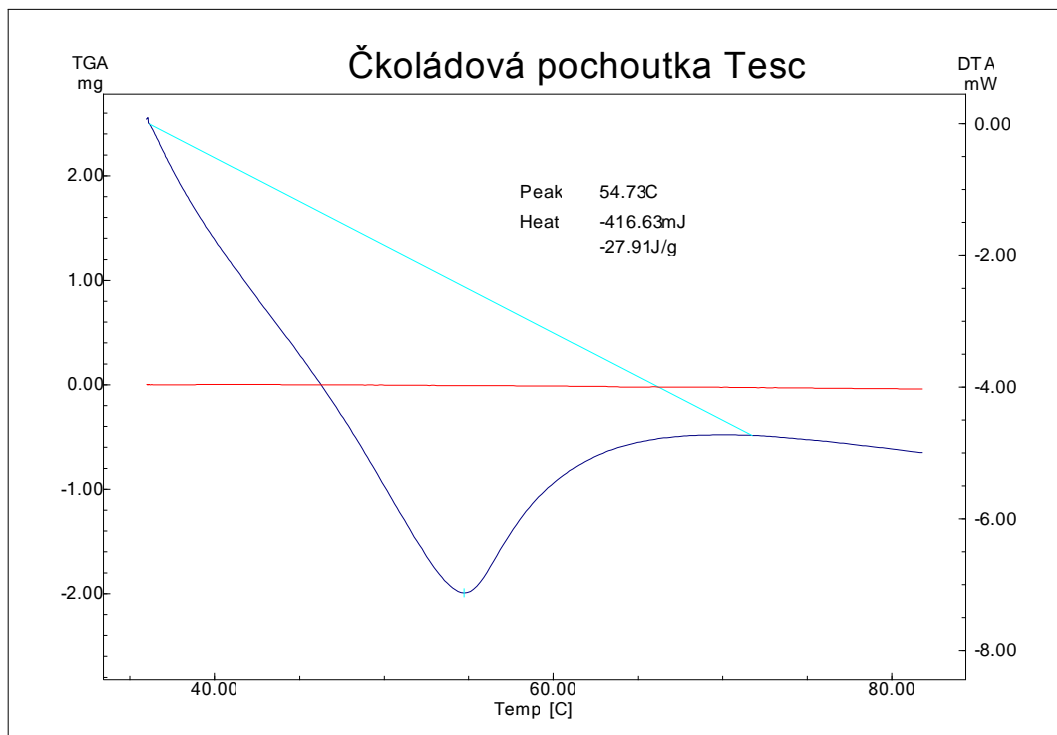
## PŘÍLOHA P I: ČOKOLÁDY



Obr. č. 12 Čokoláda Ritter Sport.

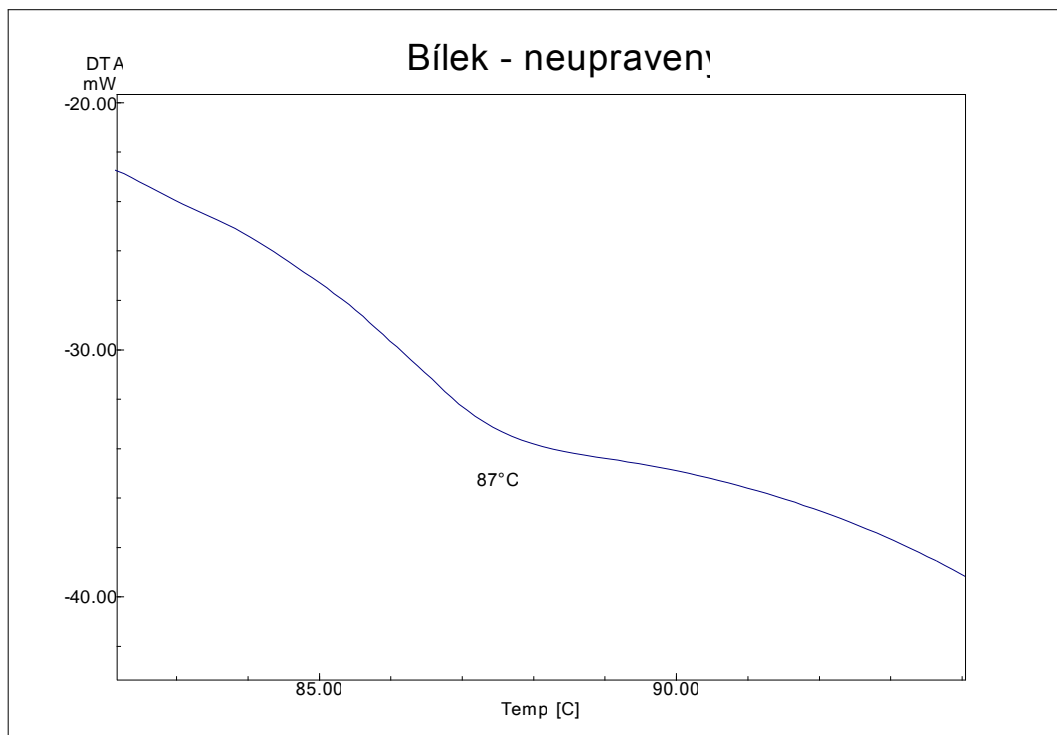


Obr. č. 13 Mléčná čokoláda Ryelands.

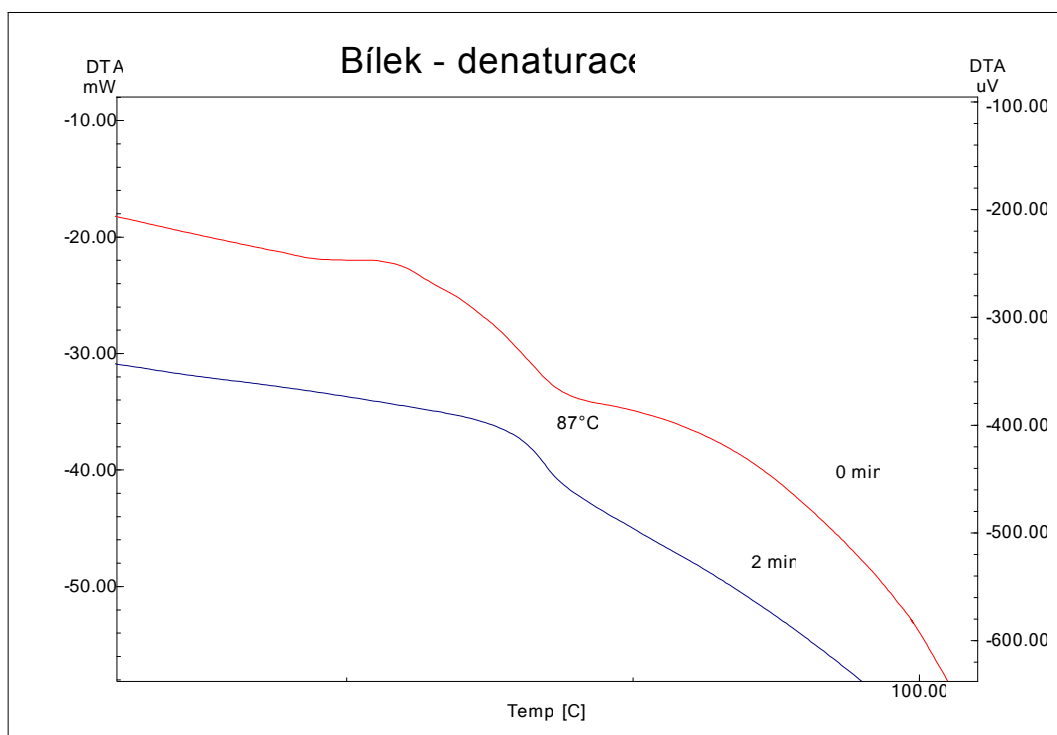


Obr. č. 14 Kakaovo- mléčná pochoutka Tesco.

## PŘÍLOHA P II: VAJEČNÝ BÍLEK

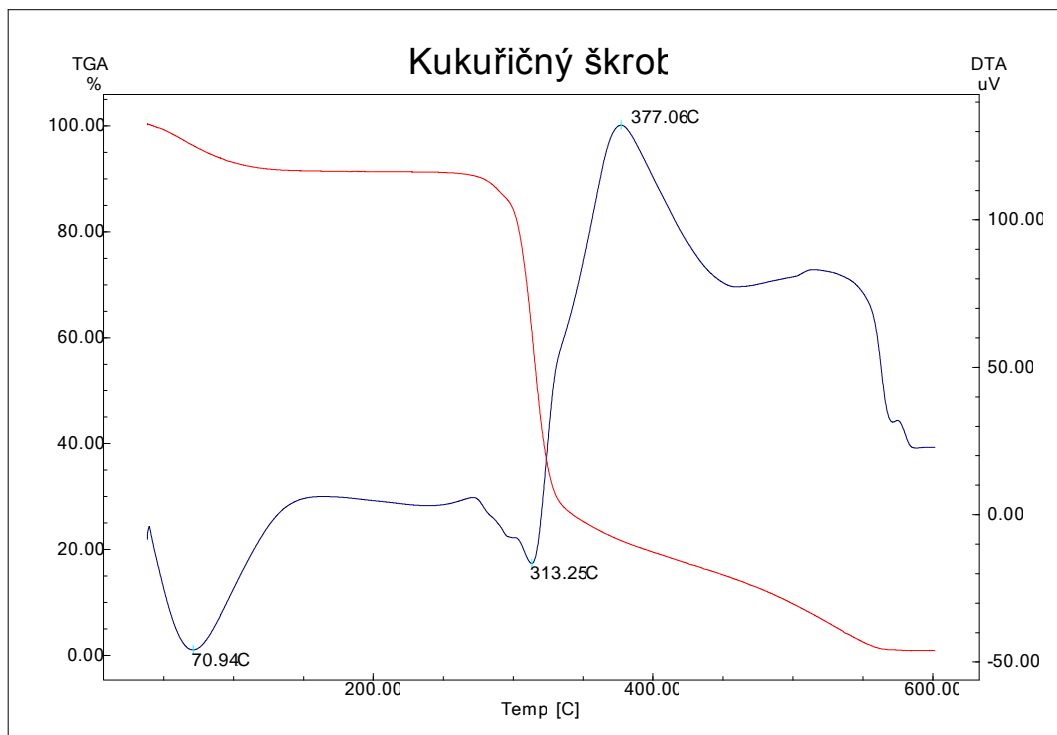


Obr. č. 15 Čerstvý bílek.

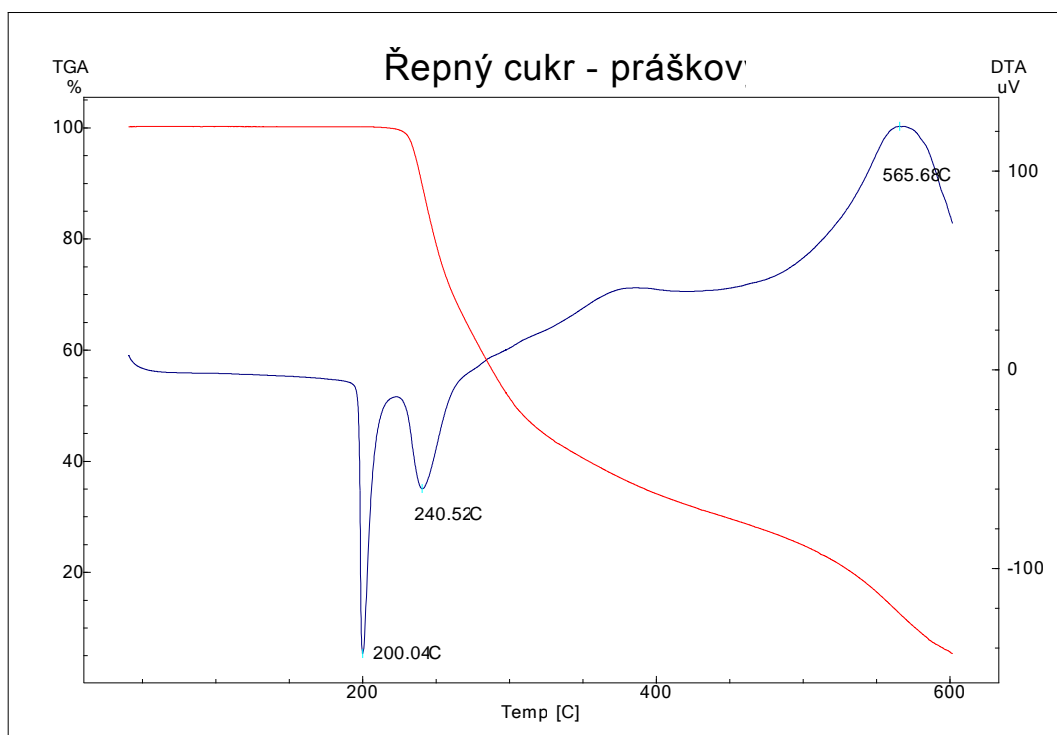


Obr. č. 16 Denaturace bílku.

## PŘÍLOHA P III: KUKUŘIČNÝ ŠKROB, ŘEPNÝ CUKR MOUČKA



Obr. č. 17 Kukuřičný škrob.



Obr. č. 18 Řepný cukr moučka.