

Aplikace diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC) v potravinářství

Tereza Miklíková

Bakalářská práce
2023

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Tereza Miklíková
Osobní číslo:	T200025
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Aplikace diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC) v potravinářství.

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část
Tepelné vlastnosti potravin.
Diferenciální skenovací Kalorimetrie (DSC).
Aplikační možnosti DSC v potravinářství.
II. Praktická část
Příprava a DSC měření vzorků potravin.
Výsledky a diskuze.
Formulace závěrů.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] GABBOTT, Paul, ed. *Principles and applications of thermal analysis*. Oxford: Blackwell Publishing, 2008, xviii, 464 s. ISBN 9781405131711
- [2] RICHARDSON, Philip. *Thermal technologies in food processing*. Cambridge, England: Woodhead, 2001. Woodhead Publishing series in food science and technology. ISBN 9781855735583
- [3] FIGURA, Ludger O. a Arthur A. TEIXEIRA. *Food physics: physical properties—measurement and applications*. New York: Springer, c2007. ISBN 978-3-540-34191-8
- [4] SLOBODIAN, Petr. *Termická analýza materiálů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 153 s. ISBN 9788074544033
- [5] VALENTA, Tomáš. *The study of foodstuff rheological and thermal properties*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 112 s.

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

Oponent bakalářské práce: **prof. Ing. Lubomír Lapčík, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

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

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je popsat využití diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC) v potravinářství. V rámci bakalářské práce byly popsány základní metody termické analýzy a vliv teploty na fyzikálně – chemické vlastnosti potravin. Pro měření byly použity vzorky, které zastupovaly základní složky potravin, kterými jsou lipidy, sacharidy a bílkoviny. U vzorků arašídového oleje, rýžového oleje a čokolády bylo sledováno tání tuků a jejich krystalizace. Šunka nejvyšší jakosti vykazovala v rozmezí 40 °C až 80 °C denaturaci bílkovin. U cukru krupice jsme sledovali tání a karamelizaci. U sušeného ovoce a škrobu jsme zaznamenali tání karbohydrátů a želatinaci škrobů.

Klíčová slova: termická analýza, DSC , sacharidy, lipidy, proteiny

ABSTRACT

The aim of the Bc. thesis is to describe the use of differential scanning calorimetry (DSC) in the food industry. The basic methods of thermal analysis and the influence of temperature on the physicochemical properties of foodstuffs were described in the framework of the bachelor thesis. The samples used for the measurements represented the basic components of foodstuffs, which are lipids, carbohydrates and proteins. The melting of fats and their crystallization were monitored for peanut oil, rice oil and chocolate samples. The highest quality ham showed protein denaturation between 40 °C and 80 °C. The sugar semolina was monitored for melting and caramelisation. For dried fruit and starch we observed carbohydrate melting and gelatinisation of starches.

Keywords: thermal analysis, DSC, carbohydrates, lipids, proteins

Ráda bych tímto chtěla poděkovat vedoucí práce paní doc.Mgr. Barboře Lapčíkové, Ph.D. za cenné rady a vedení bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat panu Ing. Tomášovi Valentovi za čas a pomoc při měření vzorků v laboratořích.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TERMICKÁ ANALÝZA.....	11
1.1 METODY TERMICKÉ ANALÝZY.....	12
1.1.1 Termogravimetrie (TG).....	12
1.1.2 Diferenční termická analýza (DTA).....	13
1.1.3 Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC).....	13
1.1.4 Termomechanická analýza (TMA)	15
2 SLOŽENÍ POTRAVIN.....	16
2.1 SACHARIDY	16
2.1.1 Funkce sacharidů.....	16
2.1.2 Sacharidy v potravinách	17
2.1.3 Termická analýza sacharidů	18
2.2 LIPIDY	19
2.2.1 Funkce lipidů.....	19
2.2.2 Lipidy v potravinách	20
2.2.3 Termická analýza lipidů	20
2.3 BÍLKOVINY.....	21
2.3.1 Funkce bílkovin.....	22
2.3.2 Bílkoviny v potravinách.....	23
2.3.3 Termická analýza bílkovin.....	24
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	25
3 PŘÍSTROJ A POUŽITÉ VZORKY POTRAVIN	26
3.1 PŘÍSTROJ	26
3.1.1 DSC 250 TA Instruments	26
3.2 METODIKA MĚŘENÍ	26
3.3 MĚŘENÉ VZORKY	27
3.3.1 Mléčná čokoláda Orion	27
3.3.2 Mléčno-hořká čokoláda Orion	28
3.3.3 Hořká čokoláda na vaření Orion	28
3.3.4 Bílá čokoláda Orion	29
3.3.5 Sušená hlíza Zázvor	29
3.3.6 Sušené ovoce Banán.....	30
3.3.7 Sušené ovoce Papája	30
3.3.8 Rýžový olej	31
3.3.9 Arašídový olej	31
3.3.10 Cukr krupice.....	32
3.3.11 Škrob jemný kukuřičný	32
3.3.12 Vepřová šunka nejvyšší jakosti.....	33
4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE	34

4.1	MLÉČNÁ ČOKOLÁDA ORION.....	34
4.2	MLÉČNO-HOŘKÁ ČOKOLÁDA ORION	35
4.3	HOŘKÁ ČOKOLÁDA NA VAŘENÍ ORION	36
4.4	BÍLÁ ČOKOLÁDA ORION	37
4.5	SUŠENÁ HLÍZA – ZÁZVOR.....	38
4.6	SUŠENÉ OVOCE – PAPÁJA	39
4.7	SUŠENÉ OVOCE – BANÁN	40
4.8	RÝŽOVÝ OLEJ	41
4.9	ARAŠÍDOVÝ OLEJ	42
4.10	CUKR KRUPICE	43
4.11	ŠKROB JEMNÝ KUKUŘIČNÝ	44
4.12	VEPŘOVÁ ŠUNKA NEJVYŠŠÍ JAKOSTI.....	45
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
	SEZNAM TABULEK.....	52

ÚVOD

Diferenciální skenovací kalorimetrie patří mezi metody termické analýzy, které se využívají ke kontrole kvality i tepelných charakteristik materiálů. U termických analýz sledujeme fyzikálně – chemické jevy v závislosti na čase a teplotě. Tyto fyzikálně – chemické jevy mohou být změna hmotnosti a objemu vzorku, pohlcování energie a uvolňování energie. Ochlazování vzorků je provázeno uvolňováním tepla (exotermní reakce), jež se projeví úbytkem entalpie ΔH , tj. tepelné energie dané látky. Záhřev vzorků je provázen příjmem energie (endotermní reakce), tedy nárůstem entalpie zkoumaného systému. Termickou analýzu lze využít k měření látek rostlinného i živočišného původu. V potravinářství se termická analýza využívá k optimalizaci tepelných procesů souvisejících s fázovými přechody, krystalizací, oxidací a rozkladem makroživin – lipidů, sacharidů a tuků (Velíšek, J., 1999; Slobodian P., 2014).

Diferenciální skenovací kalorimetrie je moderní metoda pro sledování termických jevů v potravinách, která v současné době nachází široké uplatnění. V této bakalářské práci byly pro výzkum zvoleny vzorky potravin, které zastupují lipidy, sacharidy i bílkoviny. Termické chování jednotlivých vzorků potravin bylo diskutováno v závislosti na jejich složení (Slobodian, P., 2014).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TERMICKÁ ANALÝZA

Termickou analýzu lze popsat jako experimentální analytickou metodu, při které je možné sledovat některé fyzikálně-chemické vlastnosti vzorků v závislosti na čase a/nebo teplotě. Termická analýza je tedy metoda, která popisuje změny fyzikálně – chemických vlastností sledovaného vzorku při jeho tepelné úpravě. Většina metod termických analýz sleduje vlastnosti jako hmotnost, energie, rozměr, vodivost apod. jako dynamickou funkci teploty. Jeden ze základních jevů pro metody termické analýzy je ΔH neboli entalpie. Každá látka je charakterizována obsahem volné entalpie neboli Gibbsovy energie (G), která je definována následujícím vztahem:

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

kde H je entalpie, T je absolutní (termodynamická) teplota a S entropie (Blažek A., 1972).

Pro běžné měření termické analýzy jsou používány nejvíce tyto metody:

- Termogravimetrie (TG)
- Diferenciální termická analýza (DTA)
- Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC)
- Termomechanická analýza (TMA) – sleduje mechanické změny ve vzorku

(Sivasankar, B. a kol., 2012).

Termický jev

Podle zvoleného teplotního programu lze sledovat mnohé děje, které se měří metodami termické analýzy. Doprovodnými procesy jsou uvolňování nebo spotřeba tepla, změna hmotnosti vzorku nebo dalšími změnami fyzikálních vlastností, které jsou měřitelné (např. elektrická vodivost, difúzní nebo magnetické vlastnosti). Pro měření termické analýzy jsou většinou vzorky v pevném stavu, ale v průběhu ohřevu může nastat změna skupenství vzorku na kapalnou nebo plynnou formu. Na kapalných vzorcích lze provádět termickou analýzu za použití speciální techniky nebo speciálního držáku vzorku (hermeticky uzavřené pánvičky). Metodami termické analýzy lze analyzovat také vzorky v plynném skupenství, ale jen za specifických podmínek (Slobodian, P., 2014).

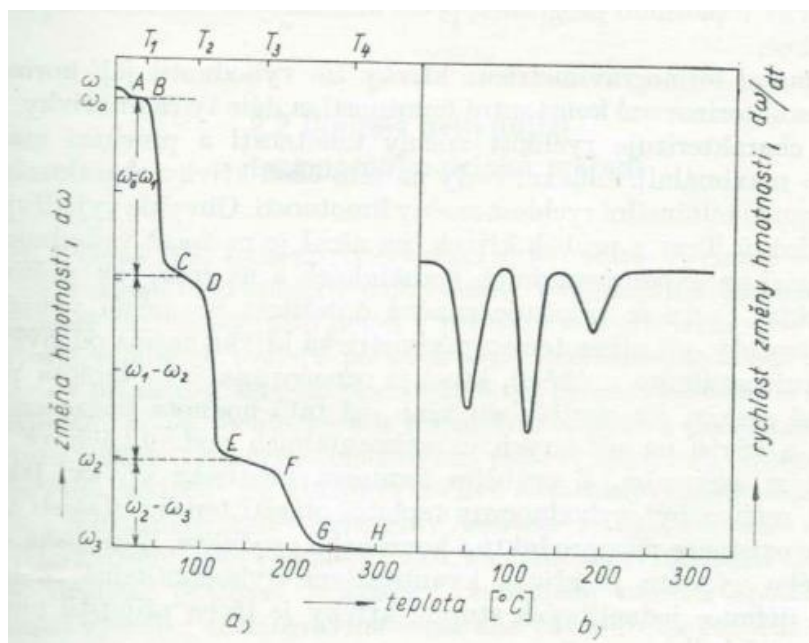
1.1 Metody termické analýzy

1.1.1 Termogravimetrie (TG)

Termogravimetrie je jednou z metod termické analýzy při které se jako fyzikální veličina sleduje změna hmotnosti. Principem této metody je plynulé sledování hmotnosti zkoumaného vzorku při jeho ohřevu s využitím termováhy. Termogravimetrie je izotermní (statická), kdy měření probíhá za konstantní teploty a neizotermní (dynamická), která probíhá za plynule stoupající teploty. Teplota je zvyšována zároveň s časem. Termogravimetrická křivka, která vyjadřuje závislost změn hmotnosti na teplotě udává informace o složení vzorku, také o jeho tepelné stálosti či tepelném rozkladu a o produktech, které při tomto ději vznikají (Blažek A., 1972).

Termogravimetrická křivka může být vyjádřena dvěma způsoby a to na základě závislosti, které jsou při pokusy sledovány a to takto:

- Normální termogravimetrická křivka – vyjadřuje změnu hmotnosti na teplotě nebo čase
- Diferenciální termogravimetrická křivka (DTG) – diferenciální neboli derivovaná křivka, která vyjadřuje závislost rychlosti změny hmotnosti na teplotě nebo čase



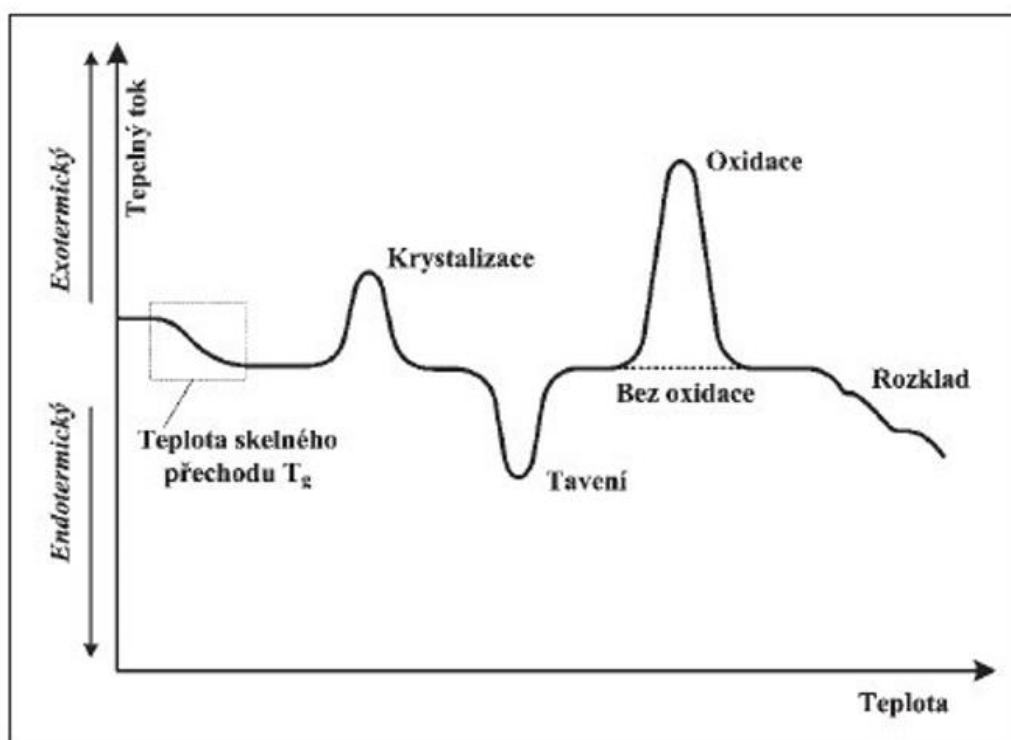
Obrázek 1 Znárodnění termogravimetrické křivky a) a znárodnění diferenciální termogravimetrické křivky b), (Blažek, A. 1972).

1.1.2 Diferenční termická analýza (DTA)

Diferenční termická analýza DTA (Differential Thermal Analysis) je metodou, při které se měřený vzorek a referenční vzorek (standard) zahřívá či chladí ve stejné peci pomocí stejného teplotního programu, kde je detekován teplotní rozdíl mezi vzorkem a referencí (standardem). Teplotní program může být ohřev nebo chlazení. Pokud ve vzorku v průběhu ohřevu nenastane žádný termický děj, tak by výsledkem tohoto měření teplotního rozdílu měla být přímka. Jestliže k termickému ději dochází a vzorek bude například krystalizovat nebo tát nebo chemicky reagovat, tak uvolněné nebo pohlcené teplo přechodu ovlivní teplotu vzorku a teplotní rozdíl vyjadřuje termoanalytická křivka. Na této křivce se teplotní rozdíl projeví jako pík. Hodnoty teplotních píků (T_p) a počátku termického děje (T_{onset}) mohou sloužit k identifikaci vzorku a k charakterizaci jeho složení (čistoty). Teplotní rozdíl mezi vzorkem a referencí může být ovlivněn tepelnou vodivostí, hustotou vzorku a dalšími parametry (Slobodian, P., 2014).

1.1.3 Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC)

Diferenční kompenzační (neboli snímací) kalorimetrie, DSC (Differential Scanning Calorimetry) je relativně nová technika pro termickou analýzu, která je velmi populární a používaná. První model nabízel firma Perkin – Elmer v roce 1963 zvaný DSC-1. Principem této metody je získání kvantitativních kalorimetrických dat měřením rozdílu tepelného toku do vzorku a reference při nulovém teplotním rozdílu. Měření probíhá při lineárním ohřevu nebo chlazení vzorku. Techniku DSC lze také definovat jako postup, při kterém se měří rozdíl tepelných toků do vzorku a reference jako funkce teploty v průběhu teplotního programu, který je kontrolován. Jako referenční vzorek (standard) je při analýze potravin nejčastěji využíván prázdný termický kelímek z hliníku, platiny, zlata či jiných kovů a jejich slitin (Anonym, TN-18). Pro analýzu na DSC přístroji se používá velmi malé množství vzorku v řádu mg (např. 1-20 mg), kdy je toto malé množství výhodné pro přesnost měření. DSC je také velmi rychlá a spolehlivá metoda termické analýzy. DSC zaznamenává a kvantitativně vyhodnocuje různé termické jevy, a proto se používá nejen u polymerů a ve farmaceutickém průmyslu ale také v potravinářství ke kontrole složení a čistoty vzorků (Slobodian, P., 2014).



Obrázek 2 Znáornění křivky DSC – Diferenciální skenovací kalorimetrie (Slobodian, P., 2014)

Měřením DSC lze snadno zjistit teplotu skelného přechodu, teplotu tání, krystalizace, teplotu tání a chemických reakcí. Pomocí této metody lze snadno zjistit čistotu látek, tepelnou kapacitu vzorku, aj. Pomocí metody DSC lze také stanovit kinetiku fyzikálních dějů a chemických reakcí (např. krystalizace, termické degradace, oxidace) (Slobodian, P., 2014).

DSC metodou je možné měřit veličinu „heat flow“ neboli tepelný tok (J/g), která je závislá na teplotě a je úměrná tepelné kapacitě vzorku při konstantním tlaku (c_p). Vhodný software u moderních zařízení umožňuje snadnou a rychlou analýzu, která je vyobrazena na DSC křivce, kde lze snadno nalézt charakteristické teploty jako *onset* (počáteční teplota zkoumaného děje), *peak* (teplota píku, značí nejvyšší intenzitu probíhajícího děje) a *endset* (konečná teplota). Pomocí DSC lze také změřit entalpii vzorku na základě přímé integrace píků v „heat flow“ v určitém teplotním rozmezí, kde se píky odchylují od základní čáry (baseline) podle následující rovnice:

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} n \cdot c_p \cdot dT \quad (2)$$

(Slobodian, P, 2014).

Vzrůst nebo pokles entalpie vzorku nám podává informaci o míře endotermních či exotermních efektů nastávajících v průběhu záhřevu či chlazení vzorku. Termický jev se projevuje jako stupňovitá změna (např. skelný přechod T_g) a nebo jako pík (T_p) v závislosti na teplotě a/nebo čase. Výsledky měření mohou být ovlivněny několika faktory:

- Hmotnost vzorku
- Forma vzorku
- Tvar vzorku
- Způsob přípravy vzorku
- Teplotní program (rychlost ohřevu, rychlost chlazení, počáteční a konečná teplota měření)
- Proplachovací atmosféra a rychlost průtoku použitého plynu (ml/min)

(Slobodian, P, 2014).

1.1.4 Termomechanická analýza (TMA)

TMA je důležitá metoda termické analýzy, pomáhá pochopit a definovat spojitost mezi technologickým procesem, strukturou a vlastností materiálu. TMA analýza se využívá hlavně pro polymerní látky, které mají zásadní viskoelastické vlastnosti, to znamená, že výsledná vlastnost materiálu a výrobku jsou funkcí času a teploty. TMA hodnocení může zásadně ovlivnit předvídání vlastností výrobku a dobu jeho životnosti. Tato metoda se dá aplikovat přímo na vyrobený výrobek různých tvarů, např. masivní výrobky, vlákna, folie. Přístroj pro měření TMA má za úkol změřit koeficient lineární teplotní roztažnosti (Slobodian, P, 2014).

V případě potravin se TMA využívá ke stanovení termomechanických vlastností náležitých typů potravin, jako jsou sušené těstoviny, extrudované výrobky, hlubokozmražená těsta aj. S využitím TMA je zkoumána roztažnost, viskoelastická a další vlastnosti potravinových vzorků, které souvisí se složením a způsobem přípravy potravin, se sorpcí vody a její difuzivitou uvnitř potravinové matrice, s podmínkami skladování aj. (Chanvrier et al., 2013; Johti et al., 2018; Rahman et al., 2007).

2 SLOŽENÍ POTRAVIN

2.1 Sacharidy

Sacharidy jsou základní složky všech živých organismů, jsou to biologicky aktivní molekuly a nejrozšířenější organické sloučeniny v biosféře. Sacharidy v živých biologických objektech zastávají hlavně strukturní a metabolickou funkci. Z chemického hlediska jsou sacharidy polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony, v molekule obsahují minimálně tři alifaticky vázané uhlíkové atomy a sloučeniny, které tvoří glykosidové vazby (Hoza, I., 2011).

Sacharidy se dělí podle počtu cukerných jednotek, které jsou vázány v molekule na:

- Monosacharidy
- Oligosacharidy
- Polysacharidy (glykany)
- Složené, komplexní sacharidy

Monosacharidy se skládají z jedné cukerné jednotky, oligosacharidy ze dvou až deseti cukerných jednotek a monosacharidů, které se pojí glykosidovými vazbami. Monosacharidy lze nazvat také jako cukry, protože jsou většinou sladké a mají společné vlastnosti. Polysacharidy se skládají z více než deseti různých monosacharidů, ale běžně jsou složeny i z většího počtu. Složené neboli komplexní sacharidy jsou složeny i z dalších sloučenin jako peptidy, proteiny a lipidy (Velíšek, J., 1999).

2.1.1 Funkce sacharidů

Sacharidy slouží jako zdroj energie látkového metabolismu. Celkový příjem energie ze sacharidů zahrnuje 75 % z polysacharidů a 25 % z oligosacharidů a monosacharidů. Nejvíce rozšířeným zdrojem v případě rychlé potřeby energie je glukóza, což je základní živina ve výživě člověka. Organické sloučeniny, které vznikají při oxidaci glukózy, jsou produkty aerobního energetického metabolismu CO_2 a H_2O . V játrech se skladuje přebytek glukózy a ve formě glykogenu se ukládá ve svalech, v případě potřeby se glykogen hydrolyzuje, uvolňují se molekuly glukózy a dodávají energii pro činnost svalů a metabolické pochody (Hoza, I., 2011).

Další funkcí sacharidů je funkce stavební, protože polysacharidy jsou základní stavební jednotky pro mnoho buněk. Slouží také k ochraně proti vnějšímu prostředí. Základní stavební jednotkou je celulóza u buněčných stěn rostlin, chitin u plísní a hub.

Sacharidy mají i signální neboli imunologickou funkci hlavně jako glykoproteiny, hormony, koenzymy, peptidoglykany a glykolipidy (Hoza, I., 2011)

2.1.2 Sacharidy v potravinách

Sacharidy spolu s bílkovinami a lipidy tvoří hlavní složky výživy člověka. Slouží jako hlavní zdroj energie (viz. kapitola funkce sacharidů), 1g poskytuje 17 kJ. Příjem sacharidů by měl tvořit 45-60% v celkovém příjmu energie podle referenčních hodnot pro výživu člověka (Kvasničková, A., 2009).

Sacharidy se vyskytují více v potravinách rostlinného původu než v potravinách živočišného původu. Sacharidy jsou přítomny hlavně v ovoci a zelenině, v medu, v cereáliích a cereálních výrobcích. Ovoce a zelenina je tvořena hlavně cukry glukózy (0,5-32 %) a fruktózy (0,4-24 %). V luštěninách jsou také hlavními složkami glukóza a fruktóza a také sacharóza a další oligosacharidy. V kořenových zeleninách a okopaninách je hlavním sacharidem škrob. Med je tvořen hlavně glukózou a fruktózou, podobně jako ovoce, ale průměrný obsah glukózy je 31,3 % a fruktózy (38,2%). U cereálních výrobků bývá obsah monosacharidů proměnlivý a závisí na stupni hydrolyzy škrobu. (Velíšek, J., 1999)

V mase a masných výrobcích nalezneme sacharidy ve formě glykogenu (živočišného škrobu) a to ve svalech teplokrevných živočichů, *post mortem* dochází k jeho rychlé degradaci a po průběhu zrání masa se vyskytují jen monosacharidy (jejich fosforečné estery). Ve vejcích se vyskytují glykoproteiny, které jsou obsaženy ve větším množství v bílku a v menším ve žloutku. V mléku a mléčných výrobcích jsou sacharidy ve formě laktózy. (Velíšek, J., 1999)

Významným polysacharidem je škrob, který je obsažen v obilovinách, bramborách, kukuřici a dalších. Škrob je uložen v takzvaných škrobových zrnech nebo škrobových granulích, které mají druhově daný specifický tvar a rozměry. Škrobová zrna a škrobové granule jsou nerozpustné micely. Většina škrobů je složena z amylosy a amylopektinu (Velíšek, J., 1999).

2.1.3 Termická analýza sacharidů

U sacharidů se zvyšující se pozorujeme mazovatění neboli želatinaci škrobu a retrogradaci škrobu.

Želatinace (mazovatění)

Škrobová zrna přijímají z atmosféry asi 0,2 g vody (na 1 g suchého škrobu), jsou nerozpustná ve studené vodě a tvoří suspenzi. Při zahřívání suspenze nepoškozených škrobových zrn roste a nastává takzvané bobtnání zrn. Bobtnání škrobových zrn je reverzibilní proces, u nějž lze stanovit počáteční želatinační teplotu. Želatinační teplota se pohybuje v rozmezí 50-70 °C, ale závisí na druhu škrobu, poměru škrobu a vody, pH a přítomnosti dalších složek, kterými mohou být soli, cukry, lipidy a bílkoviny. Změny škrobových zrn jsou v této fázi nevratné, působením tepla se přerušují stávající vazby, molekuly vody pronikají oblastmi zrn a spojují se s volnými vazebnými místy polymerů. Při tomto jevu se granule zvětšují a intenzivně bobtnají. Při dalším zahřívání se molekuly amylosy a amylopektinu dostávají na povrch, škrobové granule ztrácí soudržnost, v důsledku rozpadu vodíkových vazeb mezi molekulami amylosy a amylopektinu. Při uvolnění amylosy z granulí narůstá viskozita a při dobré koncentraci vzniká tzv. škrobový maz, kde se nachází většina molekul amylopektinu. Pokud škrobové zrno dále chladíme, naroste viskozita v důsledku obnovení vodíkových vazeb a pokud je dostatečná koncentrace škrobu, vzniká tzv. trojrozměrná síť (škrobový gel), která zachycuje velké množství vody (Velíšek, J., 1999).

Retrogradace

Zmazovatělý škrob nemá termodynamickou rovnováhu, a proto po několika hodinách stání mění strukturu a reologické vlastnosti. Retrogradace je opak želatinace, kdy dochází k intramolekulární asociaci mezi řetězci amylosy vodíkovými vazbami a tím ztrácí volná vazebná místa. Tento děj způsobí, že gel získá gumovitou texturu a vyšší pevnost. Hovoříme zde o synerezi, jež je charakterizována samovolným vytékáním kapaliny z gelu v důsledku smršťování jeho síťovité struktury (Velíšek, J., 1999).

2.2 Lipidy

Lipidy jsou látky rozpustné v organických rozpouštědlech (např. chloroform, benzen atd.), zřídka rozpustné v alkoholech a prakticky nerozpustné ve vodě. Jsou to hydrofilní sloučeniny, které obsahují vázané mastné kyseliny s více než třemi atomy uhlíku v molekule. Pod názvem lipidy je heterogenní a velmi početná skupina nízkomolekulárních přírodních látek, které jsou chemicky nesourodé, liší se strukturou a společným znakem je převaha dlouhých nepolárních uhlovodíkových řetězců, které lipidům dodají hydrofobní voskovou nebo olejovou povahu a díky tomu jsou ve vodě prakticky nerozpustné.

Lipidy jsou významnou složkou potravin ve výživě člověka jsou jedním z nezbytných zdrojů živin, který slouží pro zdravý a správný vývoj organismu. Obsahují esenciální mastné kyseliny (kyselina linolová, linolenová a arachidinová), a jsou složeny z triacylglycerolů, alkoholů, dusíkatých bází a esterových nebo amidově vázaných substituentů (Hoza, I., 2011).

Lipidy se dělí do skupin podle chemického složení:

- Homolipidy – vosky, tuky a oleje
- Heterolipidy – fosfolipidy a glykolipidy
- Komplexní lipidy – homo a hetero-lipidy. Homolipidy jsou sloučeniny mastných kyselin a alkoholů. Heterolipidy jsou sloučeniny mastných kyselin a alkoholu a obsahují i další kovalentně vázané sloučeniny jako například kyselinu fosforečnou, D-galaktózu. Komplexní lipidy jsou tvořeny homolipidy i heterolipidy a navíc jsou zde složky, které se vážou pomocí vodíkových vazeb nebo hydrofobních interakcí.
- Doprovodné látky lipidů – např. steroidy, karotenoidy

V tomto rozdělení nejsou uvedeny mastné kyseliny, které neobsahují vázaný alkoholový zbytek, proto patří do samostatné skupiny (Hoza, I., 2011).

2.2.1 Funkce lipidů

Lipidy zastávají několik funkcí, slouží jako rezerva, jsou energeticky nejbohatší surovinou pro organismus, při odbourávání získá organismus mnohem více energie než při odbourání sacharidů. Tuk je uložený v tukové tkáni jako zdroj energie, adipocyty jsou tukové buňky. Geneticky je dáno rozložení a počet tukových buněk, které závisí na pohlaví a věku. Fosfolipidy tvoří vrstvy, které tvoří jádra biomembrán, takže mají i stavební funkci. Jsou důležité pro přenos podnětů v nervové tkáni a lipozómové útvary jsou nosiče aktivních látek

přes kožní bariéru, toho se využívá hlavně v kosmetologii a farmaceutickém průmyslu. Lipidy slouží jako ochrana, tuky obalují některé orgány (např. ledviny), které jsou tak chráněny před mechanickým poškozením. Slouží jako tepelné izolátory díky podkožnímu tuku, který chrání před ztrátou tepla. Ochranná vrstva listů, peří, srsti a kůži tvoří vosky. Poslední funkcí je katalytická funkce, slouží jako rozpouštědla vitaminů, hormonů a jiné (Hoza, I., 2011)

2.2.2 Lipidy v potravinách

Pro potravinářství jsou nejvýznamnějšími lipidy estery glycerolu, které se označují jako tuky a oleje, i když by se jako tuky měly označovat jen přírodní produkty, které obsahují hlavně triacylglyceroly tuhé při teplotě okolí ne při teplotě individuální sloučeniny. Pokud jsou tuky za teploty okolí kapalné, nazýváme je oleje.

Lipidy (triacylglyceroly) tvoří 30 – 40% energie, kterou člověk přijme ve stravě. Tento údaj je pro stravu obyvatel průmyslově vyspělých zemí. Správný podíl tuku je ve stravě by měl být 30% energie, protože příjem energie ve světě je nadměrný. Nízký podíl tuku také není správný, protože v tomto případě může docházet k různým poruchám při zásobování lipofilními vitaminy a esenciálními mastnými kyselinami. Tuky jsou přítomny ve stravě člověka z rostlinných i živočišných druhů potravin. V potravě se tuky vyskytují hlavně jako triacylglyceroly, ale mohou obsahovat 1-10% parciálních esterů glycerolu, malé množství fosfolipidů a asi 1% doprovodných látek (Velíšek, J., 1999).

2.2.3 Termická analýza lipidů

Bod tání mastných kyselin

Bod tání mastných kyselin je ovlivněn délkou uhlíkového řetězce a stupněm nasycenosti, tj. počtem jednoduchých a násobných vazeb. Čím delší je uhlíkový řetězec tím více vzrůstá bod tání. Pokud mají mastné kyseliny stejný počet uhlíků klesá bod tání s větším počtem dvojných vazeb. Bod tání pod bodem mrazu mají polynenasycené mastné kyseliny. Při stejném počtu uhlíků a dvojných vazeb mají cis izomery nižší bod tání (kyselina olejová a elaidová) (Brát, J., 2017).

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Isomer	Zařazení do skupiny	Bod tání °C
máselná	4		nasyčené	-7,9
kapronová	6		nasyčené	-3,4
kaprylová	8		nasyčené	16,7
kaprinová	10		nasyčené	31,6
laurová	12		nasyčené	44,2
myristová	14		nasyčené	54,1
palmitová	16		nasyčené	62,7
stearová	18		nasyčené	69,6
olejová	18	cis	mononenasycené ω 9	16
elaidová	18	trans	transmastné	43,7
linolová	18	cis	polynenasycené ω 6	-5
alfa-linolenová (ALA)	18	cis	polynenasycené ω 3	-10,6
arachidonová	20	cis	polynenasycené ω 6	-49,5
eikosapentaenová (EPA)	20	cis	polynenasycené ω 3	-54
eruková	22	cis	mononenasycené ω 9	34
dokosahexaenová (DHA)	22	cis	polynenasycené ω 3	-44

Obrázek 3 Body tání mastných kyselin (Brát, J., 2017)

2.3 Bílkoviny

Bílkoviny (neboli proteiny) jsou polymery aminokyselin vznikající při procesu proteosyntézy. V molekule obsahují více než 100 aminokyselin, které jsou propojeny peptidovou vazbou. Na vytváření struktury proteinů se podílí také disulfidové můstky, esterové a amidové vazby. V každém řetězci je specifické pořadí a počet jednotlivých aminokyselinových zbytků, které je určeno genovou výbavou buněk. Všechny proteiny mají stejnou základní stavbu, liší se pořadím 20ti kódovaných aminokyselin, jsou to stavební jednotky (Hoza, I., 2011).

Na molekuly bílkovin se dále vážou molekuly vody a anorganické ionty, mohou také obsahovat fyzikálně nebo chemicky vázané sloučeniny (např. lipidy, cukry, aj.).

Proteiny se dají klasifikovat několika způsoby, podle významu ve výživě, podle původu, podle struktury nebo podle chemických a biochemických vlastností. Ve výživě dělíme proteiny na:

- Plnohodnotné – obsahují esenciální aminokyseliny (např. vaječná a mléčná bílkovina)
- Téměř plnohodnotné – některé esenciální aminokyseliny jsou mírně nedostatkové (např. živočišné svalové bílkoviny)

- Neplnohodnotné – některé esenciální aminokyseliny jsou nedostatkové (např. rostlinné bílkoviny, bílkoviny živočišných pojivových tkání)

V biochemii dělíme proteiny podle struktury na jednoduché nebo složené (konjugované) bílkoviny. Jednoduché proteiny se dále dělí na globulární (např. albuminy a globuliny) a fibrilární (např. kolageny, keratiny, elastiny). Konjugované proteiny dělíme podle typu kovalentně vázaného nebílkovinného proteinu (nukleoproteiny, lipoproteiny, glykoproteiny a další).

V potravinářství mají význam hlavně rozpustné bílkoviny, které se dělí takto:

- Albuminy – neutrální bílkoviny rozpustné ve vodě, jsou to laktalbumin v mléce, ovalbumin, konalbumin vaječného bílku, leukosin v pšenici, legumelin v hrachu
- Globuliny – slabě kyselé proteiny, nejsou rozpustné ve vodě, ale jsou rozpustné ve zředěných roztocích solí, mléčný laktoglobulin, vaječný ovoglobulin, legumin v hrachu, tuberin u brambor, amandin z mandlí
- Gliadiny (prolaminy) – nerozpustné ve vodě, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad, jsou to rostlinné bílkoviny, které obsahují velké množství vázaného prolinu a glutaminu a neobsahují lysin, příkladem je gliadin u pšenice, hordein z ječmene, zein u kukuřice
- Gluteliny – stejně jako prolaminy nerozpustné ve vodě, liší se tím, že nejsou rozpustné v etanolu, příkladem je glutenin v pšenici, oryzenin z rýže
- Protaminy – bazické bílkoviny dobře rozpustné ve vodě, ve zředěných kyselinách a zásadách a v hydroxidu amonném, příkladem je salmin u lososa, skombrin u makrely
- Histony – rozpustné stejně jako protaminy, jen nejsou rozpustné v etanolu, vyskytují se ve velkém množství v živočišných i rostlinných buňkách, například hemoglobin, myoglobin

(Velíšek, J., 1999).

2.3.1 Funkce bílkovin

Bílkoviny zastávají mnoho funkcí, jsou složkami všech živých buněčných struktur (například cytoskeletu, buněčných organel a biomembrán), to znamená, že mají strukturální funkci. Pevnost a pružnost dávají tkáním fibrilární proteiny (elastin, kolagen, keratin, fibroin) společně s peptidoglykany. Další funkce proteinů je katalytická, tu zastávají

hormony a enzymy. Transportní funkce umožňuje transport látek přes membrány, ionty jsou přenášeny navázáním na transportní protein (například albumin, transferin, hemoglobin a další. Pohybovou funkci zajišťují proteiny svalových vláken aktin, myozin a aktomyozin. Proteiny, které mají ochrannou funkci, jsou zejména imunoglobuliny (IgA, IgE, IgG, IgM, IgD). Zásobní protein feritin, který se podílí na transportu železa krevním oběhem můžeme považovat i za transportní. Bílkoviny mají i senzorické funkce, například rodopsin, který tvoří fotonpigment sítnice. Regulační funkci zastává inzulin, růstový hormon a protein paratyridin, který je součástí parathormonu. V potravinářství je důležitá funkce výživová; proteiny jsou pro organismus energetické látky a některé proteiny (obsažené esenciální aminokyseliny) jsou pro lidské tělo nepostradatelné (Hoza, I., 2011).

2.3.2 Bílkoviny v potravinách

Proteiny jsou další nepostradatelná složka pro výživu člověka. Proteiny jsou hlavním zdrojem dusíku, tvoří asi 16% hmotnosti a přináší do organismu hmotu, která je nutná pro výstavbu a obnovu tkání. Minimální denní hodnota příjmu proteinů je u dospělého člověka stanovena na 0,5 – 0,6 g na 1 kg tělesné hmotnosti. Při nízkém příjmu bílkovin mohou nastat zdravotní problémy a proto je bezpečná dávka na den stanovena na 0,6 – 0,8 g.kg⁻¹. Může se však stát, že ne všechny aminokyseliny jsou z proteinů využity, a proto je doporučená denní dávka uváděna v rozmezí 1 – 1,2 g.kg⁻¹. Děti a kojící ženy mají ještě vyšší potřebu příjmu bílkovin (Velíšek, J., 1999).

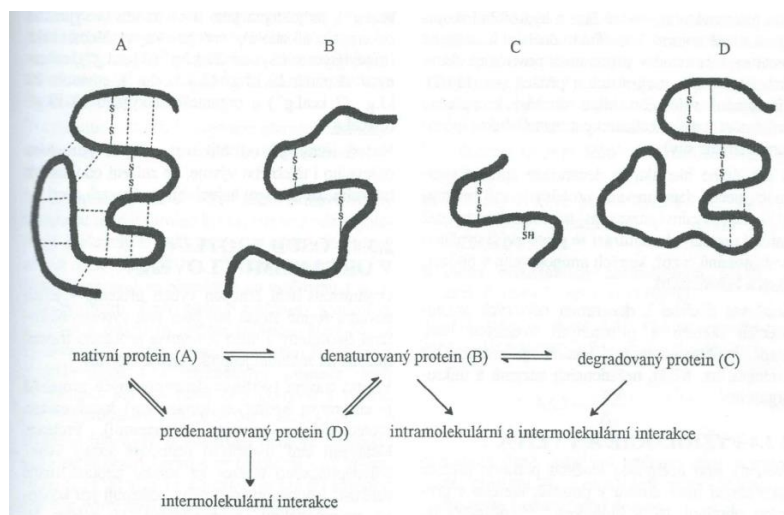
Při určování výživové hodnoty a potřeba příjmu proteinů nelze počítat jen podle celkového příjmu proteinů, protože záleží hlavně na složení aminokyselin, dostupnost peptidových vazeb, také můžeme použít pojem biologická hodnota proteinu (VELÍŠEK, J., 1999, s. 35).

Vliv na obsah proteinů má obsah a složení aminokyselin a biologická hodnota. Obsah bílkovin určujeme v sušině a může se pohybovat od 0 do 100%. Potraviny a luštěniny jsou bohaté na bílkoviny (maso, masné výrobky, ryby, zvěřina, vejce, mléko, sýry). Dobrý zdroj bílkovin z potravin rostlinného původu jsou luštěniny (hrách, čočka, fazole), olejniny (sója, arašídy, mák, ořechy). Bílkoviny nenajdeme v rostlinných olejích, octu a cukru. Obiloviny a cereální výrobky mají střední obsah bílkovin (Velíšek, J., 1999).

2.3.3 Termická analýza bílkovin

Denaturace bílkovin

Při technologickém zpracování bílkoviny prochází různým změnám a reakcím, jsou to rozkladné reakce, které mohou způsobit změny fyzikálních i funkčních vlastností. Tyto změny mohou ovlivňovat i nutriční hodnoty a tvorbu chuťových a vonných látek. Při denaturaci zůstane primární struktura zachována. Konformační změny v molekule mohou být vratné (reverzibilní) a nebo nevratné (ireverzibilní), ve většině případů je změna nevratná. Změny nastávají hlavně u molekul, které mají terciální a kvartérní strukturu. V denaturovaném stavu mají bílkoviny zvýšenou schopnost vázat vodu. Denaturaci lze vyvolat působením teploty, tlaku, působení ultrazvuku, elektromagnetickým zařízením. Můžeme provést denaturaci i pomocí chemických činidel, přidavkem solí, kyselin, zásad. K denaturaci dochází při tepelném zpracování potravin, ale také může nastat při pomalém zmrazování potravin při teplotách od 0 do -15°C . Denaturace je z hlediska výživy důležitá, protože při porušení nativní funkce bílkovin se zlepší stravitelnost bílkoviny díky lepšímu přístupu proteolytických enzymů k funkčním skupinám bílkovin (Velíšek, J., 1999).



Obrázek 4 Termická denaturace proteinů (Velíšek, J., 1999)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 PŘÍSTROJ A POUŽITÉ VZORKY POTRAVIN

3.1 Přístroj

K bakalářské práci byl pro měření použit přístroj DSC 250 Discovery series (TA Instruments, USA). DSC 250 je přístroj s patentovanou technologií Tzero®, patří mezi špičkové modely měřicích přístrojů DSC. Tento přístroj slouží k účinné detekci a vyhodnocení termických dějů v měřených vzorcích.

3.1.1 DSC 250 TA Instruments



Obrázek 5 DSC 250

3.2 Metodika měření

Podmínky měření u čokolád:

Před měřením byly vzorky čokolády naváženy do aluminiových hermeticky uzavřených pánviček. Hmotnost vzorku činila $13 \pm 0,5$ mg. Měření vzorku probíhalo v režimu tepelného toku T4 při rychlosti ohřevu $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ v teplotním rozmezí $0\text{-}50 \text{ }^\circ\text{C}$ v atmosféře dusíku o průtoku plynu $50\text{ml}/\text{min}$.

Podmínky měření u sušených vzorků:

Před měřením byly vzorky naváženy do aluminiových hermeticky uzavřených pánviček s následujícími navážkami: $(30 \pm 0,5)$ mg zázvoru, $(12 \pm 0,5)$ mg banánu, $(25 \pm 0,5)$ mg papáji. Měření probíhalo v režimu T4 při rychlosti záhřevu $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ v teplotním rozsahu $25\text{-}300 \text{ }^\circ\text{C}$.

Podmínky měření u olejů:

Vzorky olejů byly naváženy do aluminiových hermeticky uzavřených pánviček. Navážka arašídového oleje činila $20 \pm 0,5$ mg a rýžového oleje $6 \pm 0,5$ mg. Měření probíhalo v režimu T4 při rychlosti chlazení/ohřevu $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ v teplotním rozmezí od $25 \text{ }^\circ\text{C}$ do $-70 \text{ }^\circ\text{C}$, s využitím „*isothermal step*” pro ustálení teplot (1 min při $-70 \text{ }^\circ\text{C}$).

Podmínky měření u bílkovin:

Před měřením byly vzorky naváženy do hermeticky uzavřených pánviček o navážce $15 \pm 0,5$ mg. Měření probíhalo v režimu T4 rychlostí $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ a teplotním rozmezí $25\text{-}100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Podmínky měření u sacharidů:

Před měřením byl vzorek škrobu navážen do hermeticky uzavřených pánviček. Hmotnost vzorku činila $7 \pm 0,5$ mg. Pro měření vzorku byl použit režim tepelného toku T4 a měření probíhalo rychlostí $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ v teplotním rozmezí $25\text{-}300 \text{ }^\circ\text{C}$. Pro vzorek cukru krupice byl použit režim tepelného toku T1. Před měřením byl vzorek navážen do aluminiových hermeticky uzavřených pánviček o navážce $12 \pm 0,5$ mg. Rychlost záhřevu vzorku činila $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ v teplotním rozmezí $25\text{-}250 \text{ }^\circ\text{C}$.

V případě každé potraviny byly proměřeny tři reprezentativní vzorky. Byly diskutovány termogramy, které odpovídaly průměrné hodnotě termických parametrů daných vzorků.

3.3 Měřené vzorky

Vzorky potravin byly vybrány tak, aby zastupovaly základní živiny, které běžně přijímáme ve stravě (lipidy, proteiny, sacharidy). Zkoumané vzorky zahrnovaly rostlinné oleje (rýžový, arašídový), různé druhy čokolády, sušené potraviny, cukr krystal, kukuřičný škrob a vepřovou šunku.

3.3.1 Mléčná čokoláda Orion

Výrobce: Nestlé Česko s.r.o.

Složení: Cukr, Kakaová hmota, Kakaové máslo, Sušené plnotučné mléko 13 %, Sušená syrovátka, Mléčný tuk, Lískooříšková pasta, Emulgátor (lecitiny), Přírodní vanilkové aroma.

V mléčné čokoládě je obsah kakaové sušiny nejméně 33 %.

Výživové hodnoty:

Tabulka 1 – Průměrné výživové hodnoty ve 100g Mléčné čokolády Orion

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	2282 kJ/ 547 kcal
Tuky	32 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	19 g
Sacharidy	56 g
- Z toho cukry	54 g
Vláknina	3,1 g
Bílkoviny	6,4 g
Sůl	0,13 g

3.3.2 Mléčno-hořká čokoláda Orion

Výrobce: Nestlé Česko s.r.o.

Složení: Cukr, Kakaová hmota, Kakaové máslo, Sušené plnotučné mléko, Kakaový prášek se sníženým obsahem tuku, Sušená syrovátka, Mléčný tuk, Lískooříšková pasta, Emulgátor (lecitiny), Přírodní aroma. Obsah kakaové sušiny v hořké čokoládě je nejméně 48 %.

Výživové hodnoty:

Tabulka 2 - Průměrné výživové hodnoty ve 100g Mléčno-hořké čokolády Orion

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	2260 kJ/ 543 kcal
Tuky	36 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	21 g
Sacharidy	44 g
- Z toho cukry	42 g
Vláknina	7 g
Bílkoviny	7,3 g
Sůl	0,08 g

3.3.3 Hořká čokoláda na vaření Orion

Výrobce: Nestlé Česko. s.r.o.

Složení: Cukr, Kakaová hmota, Rostlinné tuky (palmový, Shea), Kakaové máslo, Emulgátory (lecitiny, polyglycerylpolyricinoleát), Vanilkový extrakt, Sušené mléko. Čokoláda obsahuje rostlinné tuky. Obsah kakaové sušiny v hořké čokoládě je nejméně 38 %.

Výživové hodnoty:

Tabulka 3 - Průměrné výživové hodnoty ve 100g Hořké čokolády na vaření Orion

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	2198 kJ/ 526 kcal
Tuky	29 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	16 g
Sacharidy	59 g
- Z toho cukry	55 g
Vláknina	6,1 g
Bílkoviny	4,7 g
Sůl	0,01 g

3.3.4 Bílá čokoláda Orion

Výrobce: Nestlé Česko s.r.o.

Složení: Cukr, sušené plnotučné mléko, kakaové máslo, emulgátor (lecitiny), přírodní vanilkové aroma

Výživové hodnoty:

Tabulka 4 – Průměrné výživové hodnoty ve 100g Bílé čokolády Orion

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	2235 kJ/ 560 kcal
Tuky	34 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	20 g
Sacharidy	54 g
- Z toho cukry	54 g
Vláknina	0,5 g
Bílkoviny	8,2 g
Sůl	0,29 g

3.3.5 Sušená hlíza zázvoru

Země původu: Thajsko

Složení: Zázvor 50,99 %, cukr 49 %, oxid siřičitý 0,01 %

Výživové hodnoty:

Tabulka 5 Průměrné výživové hodnoty ve 100g Sušeného zázvoru

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	1465 kJ/ 350 kcal
Tuky	0 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	0 g
Sacharidy	88 g
- Z toho cukry	77 g
Vláknina	3 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

3.3.6 Sušené ovoce banán

Země původu: Ekvádor

Složení: Celé sušené kusy banánu

Výživové hodnoty:

Tabulka 6 Průměrné výživové hodnoty ve 100g Sušeného banánu

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	1240 kJ/ 293 kcal
Tuky	0,6 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	0,2 g
Sacharidy	65 g
- Z toho cukry	56 g
Vláknina	6,1 g
Bílkoviny	3,5 g
Sůl	0 g

3.3.7 Sušené ovoce papája

Země původu: Thajsko

Složení: Papája sušené kousky

Výživové hodnoty:

Tabulka 7 Průměrné výživové hodnota ve 100g Sušená papája

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	1549 kJ/ 370 kcal
Tuky	0 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	0 g
Sacharidy	93 g
- Z toho cukry	42 g
Vláknina	1 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0,15 g

3.3.8 Rýžový olej

Výrobce: Riso Scotti

Složení: rýžový olej, vitamin E (0,04 %)

Výživové hodnoty:

Tabulka 8 Průměrné výživové hodnoty ve 100g v Rýžovém oleji

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	3700 kJ/ 900 kcal
Tuky	100 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	22 g
Sacharidy	0 g
- Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

3.3.9 Arašídový olej

Výrobce: MVDr. Jiří Pantůček – Vodova 40 – 612 00 Brno

Složení: Arašídový olej

Výživové hodnoty:

Tabulka 9 Průměrné výživové hodnoty ve 100g v Arašídovém oleji

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	3367 kJ/ 805 kcal
Tuky	91 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	11 g
Sacharidy	0 g
- Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

3.3.10 Cukr krupice

Výrobce: Cukrovar Vrbátky a.s. 798 13 Vrbátky č.p. 65 Česká republika

Složení: Cukr krupice

Výživové hodnoty:

Tabulka 10 Průměrné výživové hodnoty ve 100g v Cukru krupici

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	1680 kJ/ 400 kcal
Tuky	0 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	0 g
Sacharidy	100 g
- Z toho cukry	100 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

3.3.11 Škrob jemný kukuřičný

Výrobce: RUF Lebensmittelwerk KG

Složení: Kukuřičný škrob

Výživové hodnoty:

Tabulka 11 Průměrné výživové hodnoty ve 100g Jemném kukuřičném škrobu

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	1488 kJ/ 350 kcal
Tuky	<0,5 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	0 g
Sacharidy	87 g
- Z toho cukry	0 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	<0,5 g
Sůl	0,09 g

3.3.12 Vepřová šunka nejvyšší jakosti

Výrobce: LÉ & CO – Ing. Jiří Lenc, s.r.o., Poděbradská 606, 250 90 Jirny

Složení: 95 % vepřová kýta, pitná voda, jedlá sůl, konzervant NaNO₂, cukr, stabilizátory: difosforečnany a trifosforečnany, antioxidant erythorban sodný

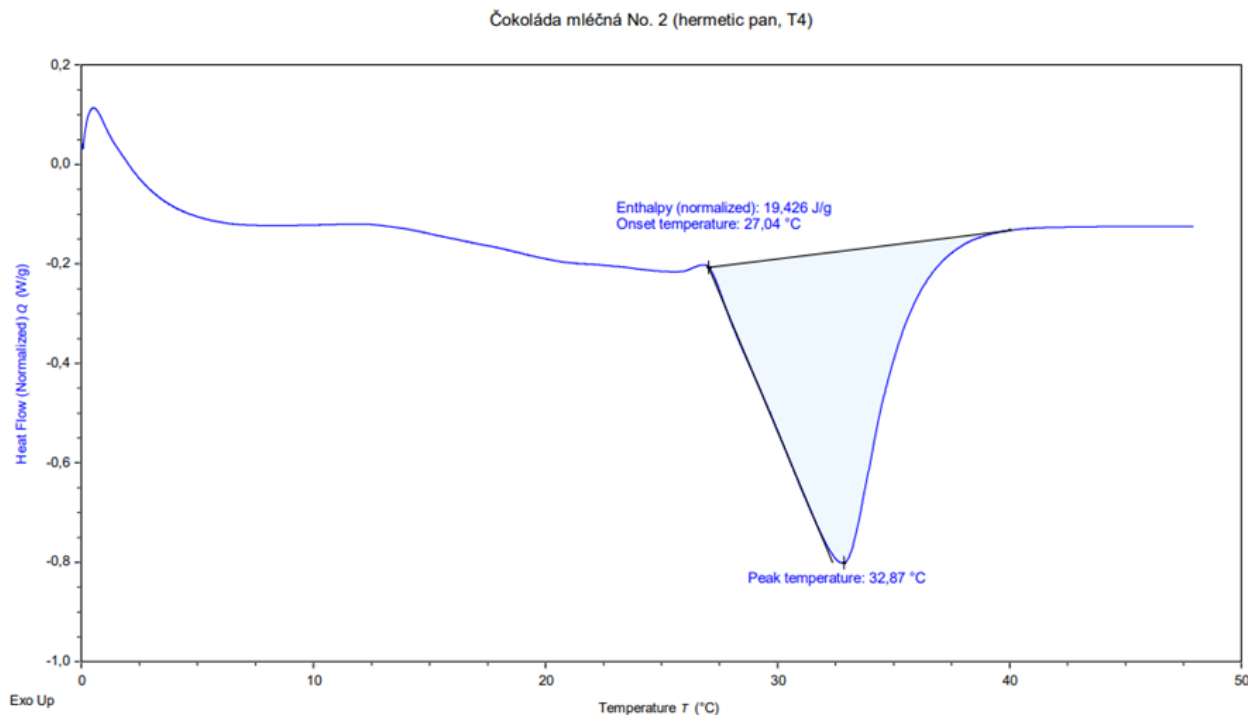
Výživové hodnoty:

Tabulka 12 Průměrné výživové hodnoty ve 100g ve Vepřové šunce nejvyšší jakosti

Výživové hodnoty	Ve 100g výrobku
Energie	456 kJ/ 108,6 kcal
Tuky	3,2 g
- Z toho nasycené mastné kyseliny	0,8 g
Sacharidy	0,1 g
- Z toho cukry	0,1 g
Vláknina	0 g
Bílkoviny	18,9 g
Sůl	1,9 g

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE

4.1 Mléčná čokoláda Orion

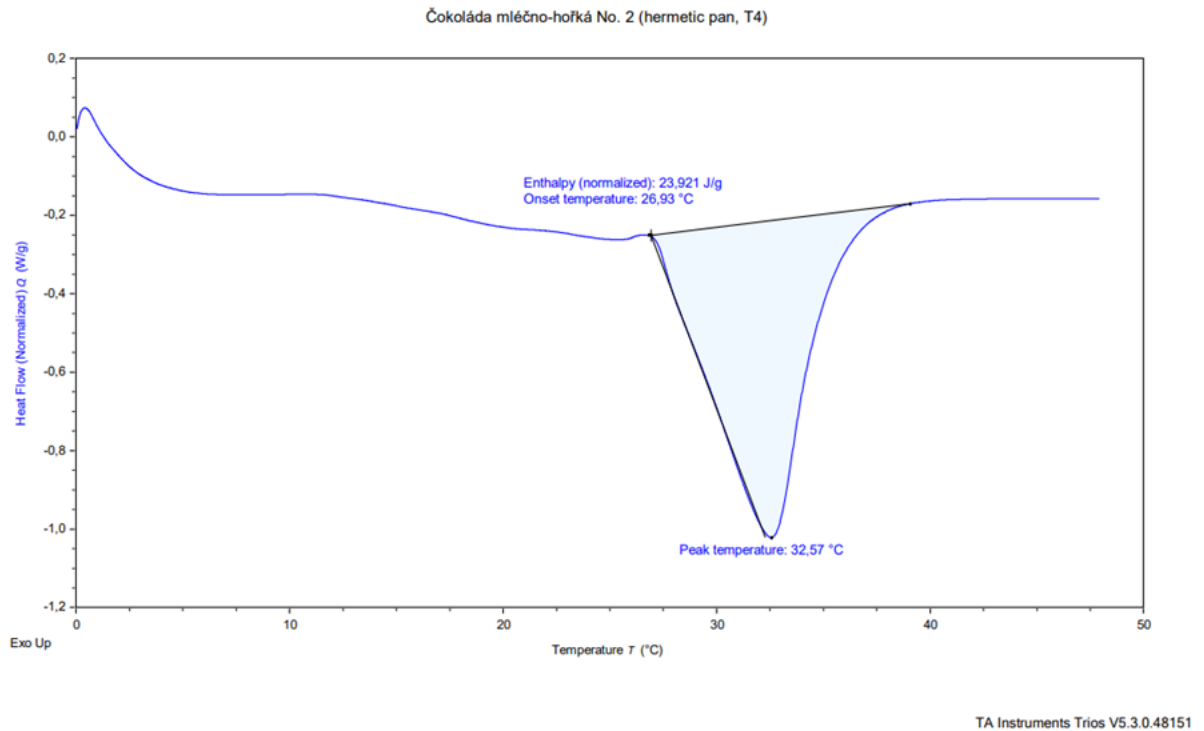


TA Instruments Trios V5.3.0.48151

Obrázek 6 DSC křivka – Mléčná čokoláda Orion

Z výsledku měření podle DSC křivky (obr. 2) byly stanoveny termické parametry endotermního píku, $T_{\text{onset}} = 27,04$ °C a $T_p = 32,87$ °C. Hodnota entalpie byla zjištěna integrací plochy píku, představující proces tání kakaové másla, $\Delta H = 19,426$ J/g. Rozmezí tání kakaového másla je uváděno od 32-36 °C, což znamená, že zkoumaná čokoláda obsahuje kakaové máslo, a ne rostlinné tuky. Dle složení uváděného výrobcem, čokoláda obsahuje i mléčný tuk, který by mohl ovlivnit výsledky tání vzorku čokolády. Minimální obsah kakaové sušiny je nejméně 33 %, celkový obsah tuku činí 32 %, z toho 19 % náleží nasyceným mastným kyselinám. Lze usuzovat, že přítomnost mléčného tuku snižuje bod tání čokolády a zároveň zvyšuje hodnotu entalpie tání (Velíšek, J., 1999)

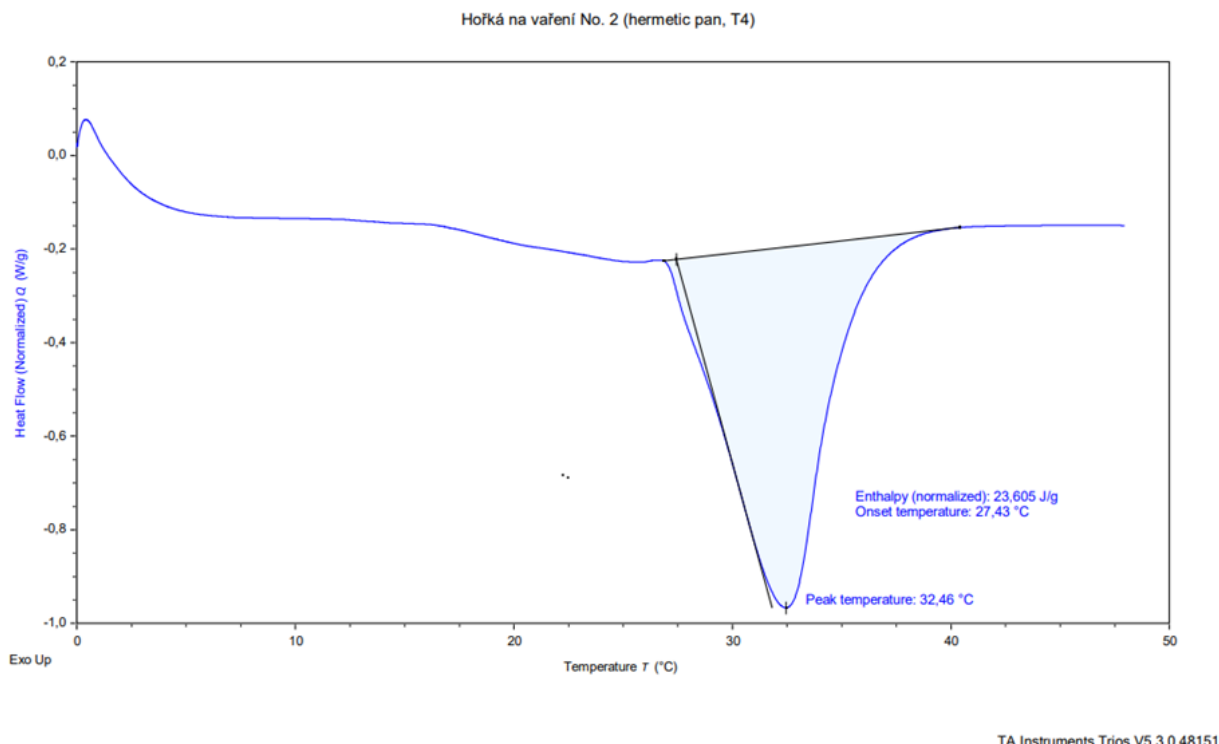
4.2 Mléčno-hořká čokoláda Orion



Obrázek 7 DSC křivka – Mléčno-hořká čokoláda Orion

Na základě měření mléčno-hořké čokolády (obr. 3) byl detekován endotermní pík s termickými parametry, $T_{\text{onset}} = 26,93$ °C, $T_p = 32,57$ °C a hodnota entalpie činila $\Delta H = 23,921$ J/g. Tání kakaového másla probíhalo při uvedené teplotě. Minimální obsah kakaové sušiny je nejméně 48 %, tuky činí 36 %, z toho nasycené mastné kyseliny 21 %. Jako u prvního vzorku je profil tání čokolády v očekávaném rozmezí, rozdíly mezi oběma vzorky jsou dány vyšším obsahem tuku, obě čokolády obsahují kakaové máslo i mléčný tuk.

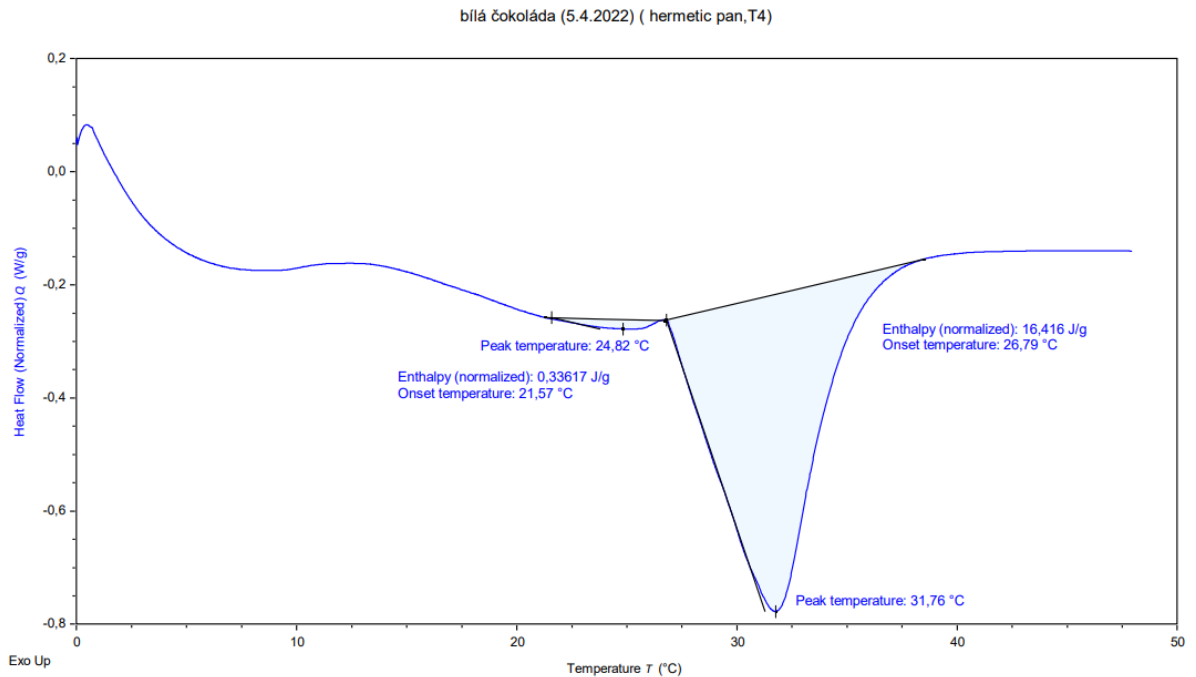
4.3 Hořká čokoláda na vaření Orion



Obrázek 8 DSC křivka – Hořká čokoláda na vaření Orion

V případě DSC křivky „Hořké čokolády na vaření Orion“ (obr. 4) byl detekován endotermní pík s termickými parametry, $T_{\text{onset}} = 27,43 \text{ °C}$, $T_p = 32,46 \text{ °C}$, hodnota entalpie činila $\Delta H = 23,605 \text{ J/g}$. Obsah kakaové sušiny v hořké čokoládě je nejméně 38 %, tuky činí 29 % a nasycené mastné kyseliny 16 %. Kromě mléčného tuku (sušené mléko) obsahuje tato čokoláda i rostlinné tuky (palmový tuk, bambucké máslo). Palmový tuk má podobné fyzikálně-chemické vlastnosti jako kakaové máslo, proto se palmový tuk používá jako levnější náhrada kakaového másla. Teplota tání palmového tuku je uváděna v rozmezí 30-37 °C (Velíšek, J., 1999). Stanovená entalpie tání má nejvyšší hodnotu z měřených čokolád, díky vyššímu obsahu tuků v čokoládě.

4.4 Bílá čokoláda Orion

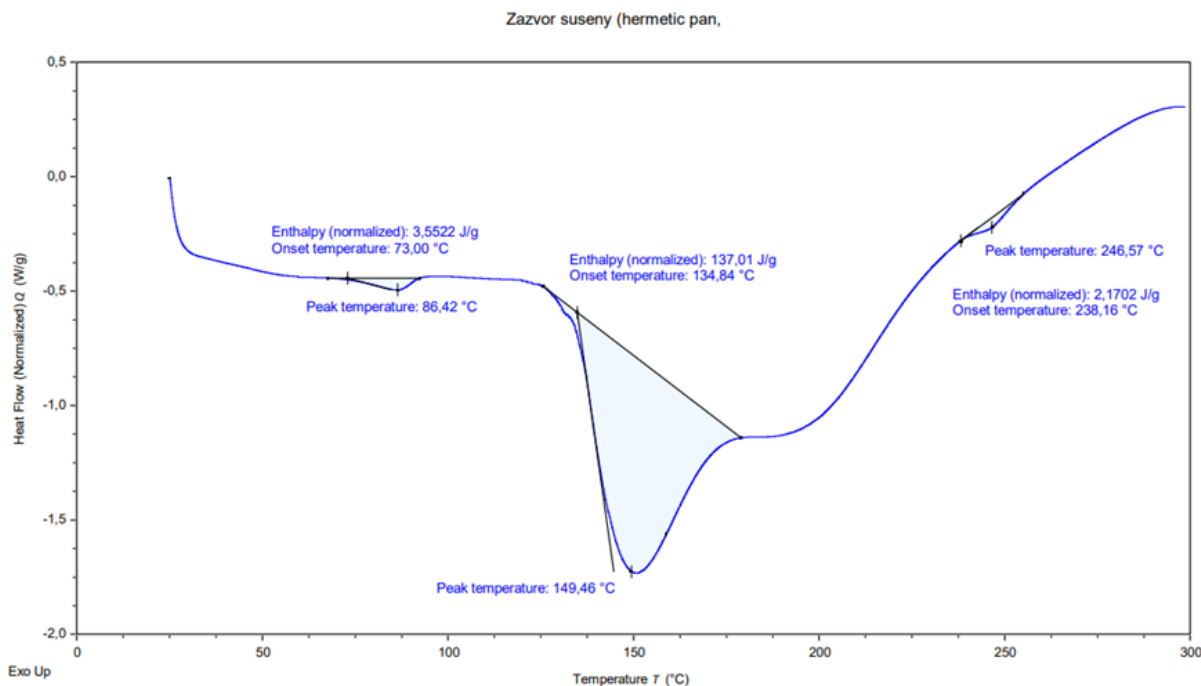


TA Instruments Trios V5.3.0.48151

Obrázek 9 DSC křivka Bílá čokoláda Orion

Na DSC křivce „Bílé čokolády Orion“ (obr. 5) jsou detekovány dva endotermní píky s termickými parametry, první pík $T_{\text{onset}} = 21,57 \text{ °C}$ a $T_p = 24,82 \text{ °C}$, entalpie $\Delta H = 0,336 \text{ J/g}$ a druhý endotermní pík $T_{\text{onset}} = 26,79 \text{ °C}$ a $T_p = 31,76 \text{ °C}$, entalpie $\Delta H = 16,416 \text{ J/g}$. První pík odpovídá přítomnosti plnotučného mléka ve vzorku čokolády. Druhý endotermní pík byl detekován v rozmezí teplot tání kakaového másla. Specifické složení bílé čokolády ve srovnání s dalšími čokoládami způsobuje pokles stanovené hodnoty entalpie, neboť bílá čokoláda neobsahuje kakaovou hmotu (je bez pevných kakaových přísad).

4.5 Sušená hlíza – zázvor



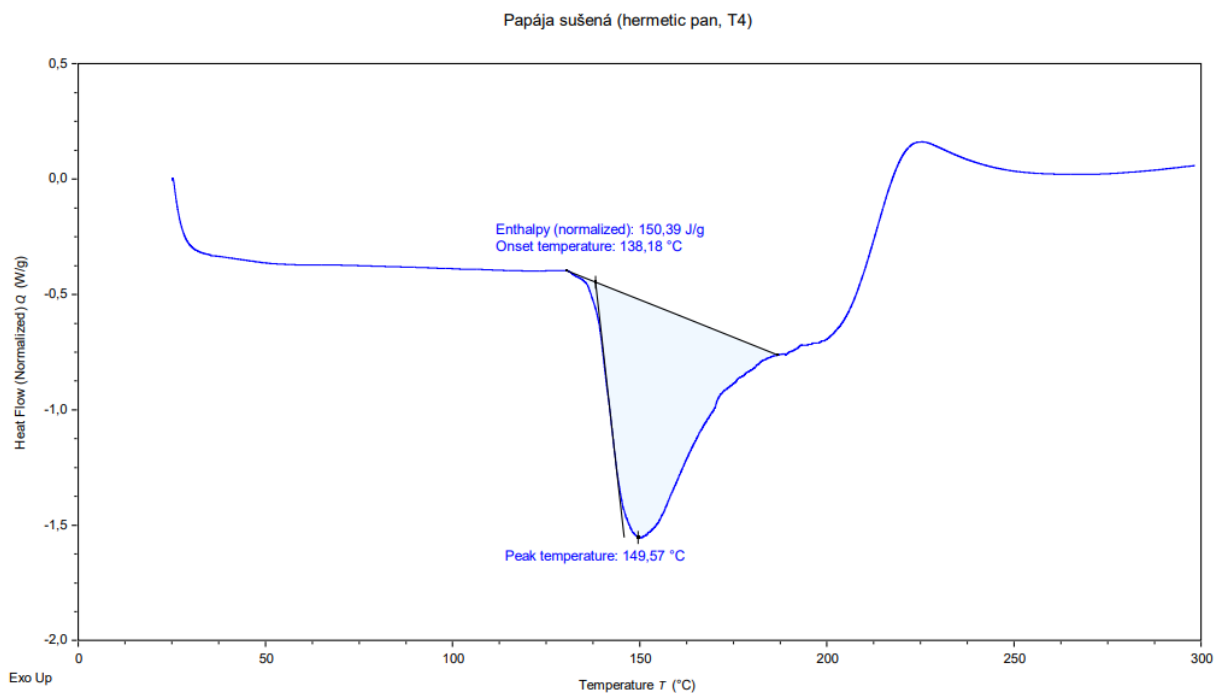
Obrázek 10 DSC křivka – Sušená hlíza zázvor

Na základě měření DSC sušeného zázvoru (obr. 6) byly stanoveny tři endotermní píky:

1. pík $T_{\text{onset}} = 73,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_p = 86,42 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $\Delta H = 3,55 \text{ J/g}$;
2. pík $T_{\text{onset}} = 134,84 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_p = 149,46 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $\Delta H = 137,01 \text{ J/g}$;
3. pík $T_{\text{onset}} = 238,16 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_p = 246,57 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $\Delta H = 2,17 \text{ J/g}$.

První endotermní pík pravděpodobně odpovídá želatinaci škrobu, která se v závislosti na typu škrobu pohybuje v širokém teplotním rozmezí 50-80 °C. Hlízy rostlin obsahují přibližně 65-85 % (w/w) škrobu v sušině (Velíšek, J., Hajšlová, 1999). V případě zázvoru je v čerstvé hlíze obsaženo průměrně 12,3 % (w/w) sacharidů (Zadeh & MORADI-KOR, 2014). Lze předpokládat, že posun k vyšší teplotě želatinačního píku (86,42 °C) souvisí s obsahem dalších látek v zázvoru, zejména ne/redukujících cukrů vznikajících rozkladem škrobu v průběhu zrání hlízy. Druhý endotermní pík při teplotě kolem 150 °C je možné vztáhnout k procesu tání sacharidů, karbohydrátů. Třetí menší pík kolem 245 °C by mohl odpovídat tepelné degradaci složek obsažených v zázvoru, zvláště celulosových polysacharidů, jejichž teplota degradace začíná nad 200 °C a je určena složením hemi/celulosových vláken (Yang et al., 2007).

4.6 Sušené ovoce – papája

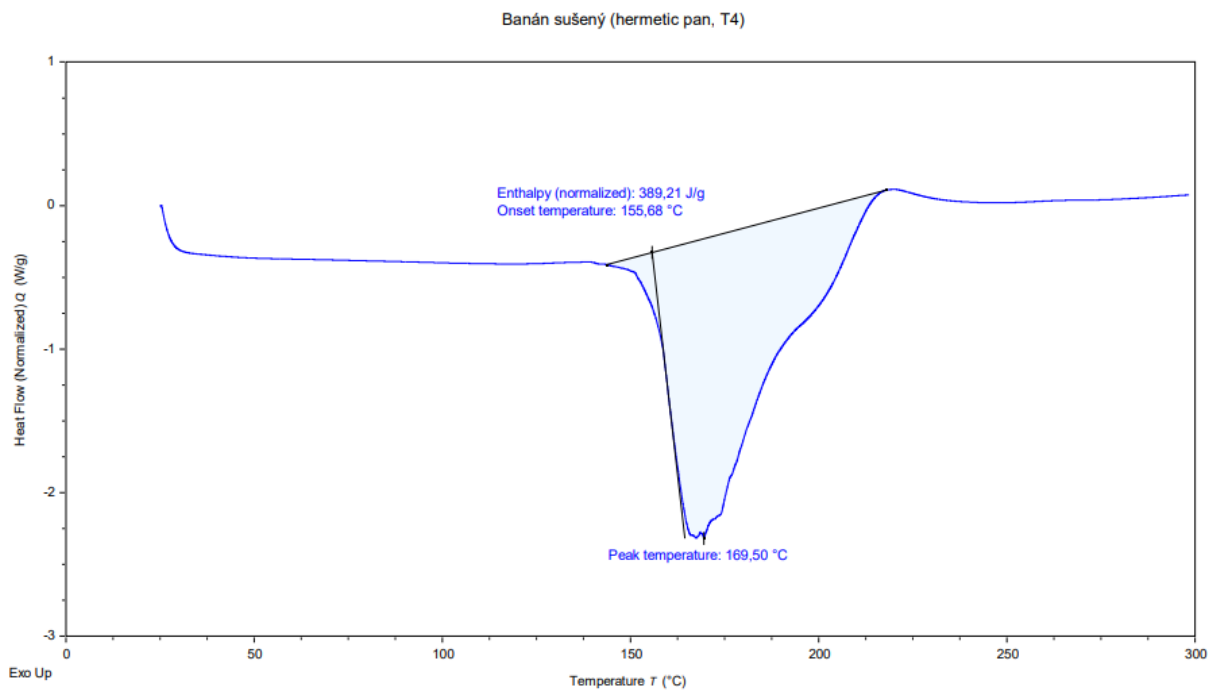


TA Instruments Trios V5.3.0.48151

Obrázek 11 DSC křivka – Sušené ovoce – papája

Na DSC křivce sušeného ovoce papája (obr. 7) je detekován endotermní pík představující tání sacharidů. Endotermní pík byl stanoven o následujících parametrech: $T_{\text{onset}} = 138,18 \text{ °C}$, $T_p = 149,57 \text{ °C}$ a entalpie vzorku $\Delta H = 150,39 \text{ J/g}$. Sušené ovoce obsahuje velké množství sacharidů (zvláště monosacharidů a jednoduchých oligosacharidů) a endotermní pík při teplotě kolem 150 °C se vztahuje k procesu tání těchto karbohydrátů (glukózy, fruktózy, sacharózy) (Caballero et al., 2003).

4.7 Sušené ovoce – banán

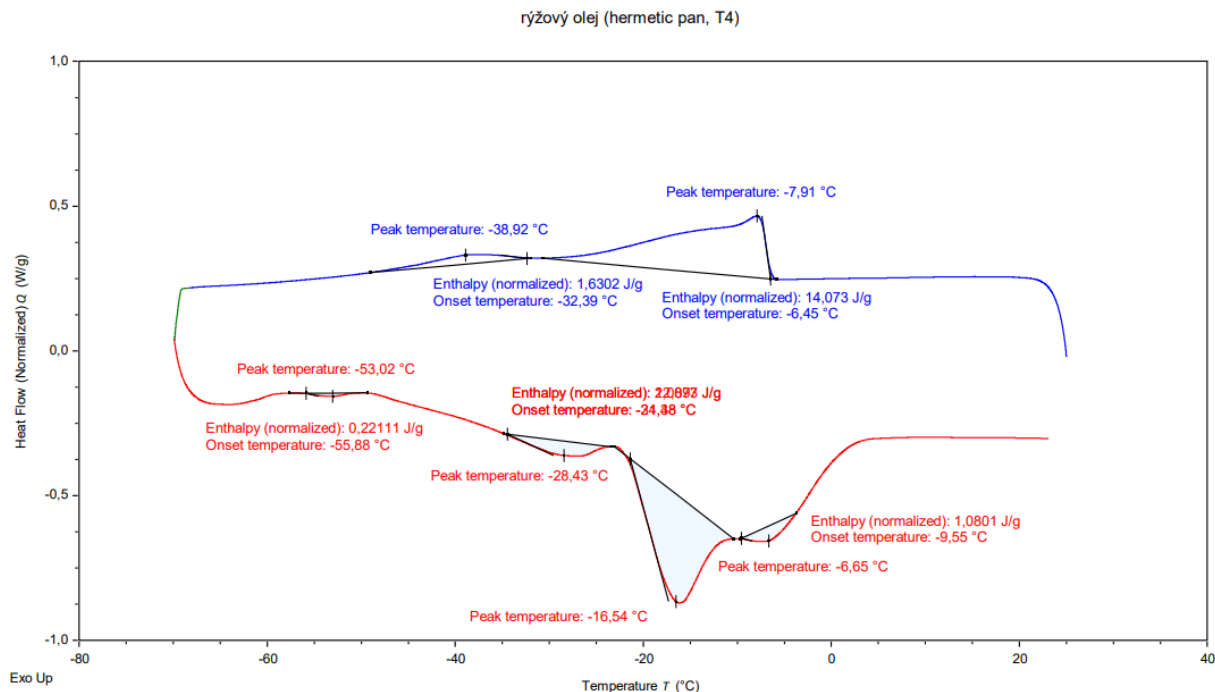


TA Instruments Trios V5.3.0.48151

Obrázek 12 DSC křivka – Sušené ovoce – banán

Na DSC křivce sušeného banánu (obr. 8) byl detekován endotermní pík s následujícími parametry: $T_{\text{onset}} = 155,68 \text{ °C}$, $T_p = 169,50 \text{ °C}$ a entalpie $\Delta H = 389,21 \text{ J/g}$. Stejně jako vzorek papáji obsahuje sušený banán relativně velké množství sacharidů, které při vyšších teplotách tají. Oproti ostatním typům ovoce však banán obsahuje značné množství škrobu: 60-80 % (w/w) v sušině nezralého zeleného banánu. S rostoucím stupněm zralosti banánu se škrob štěpí na sacharózu, která v čerstvé hmotě banánu může dosahovat více než 10 %, zatímco obsah škrobu klesá na méně než 1 % (Zhang et al., 2005). Z hlediska termických parametrů tedy hraje významnou roli stupeň zralosti plodu, jenž byl využit k přípravě sušeného ovoce, stejně jako typ a intenzita (teplota a doba) sušení (Thamburaj et al., 2022). Na základě relativně vysokých hodnot entalpie a teploty píku můžeme usuzovat na přítomnost škrobu a vyšších sacharidů vznikajících v průběhu zrání, jež jsou obsaženy ve zkoumaném vzorku banánu.

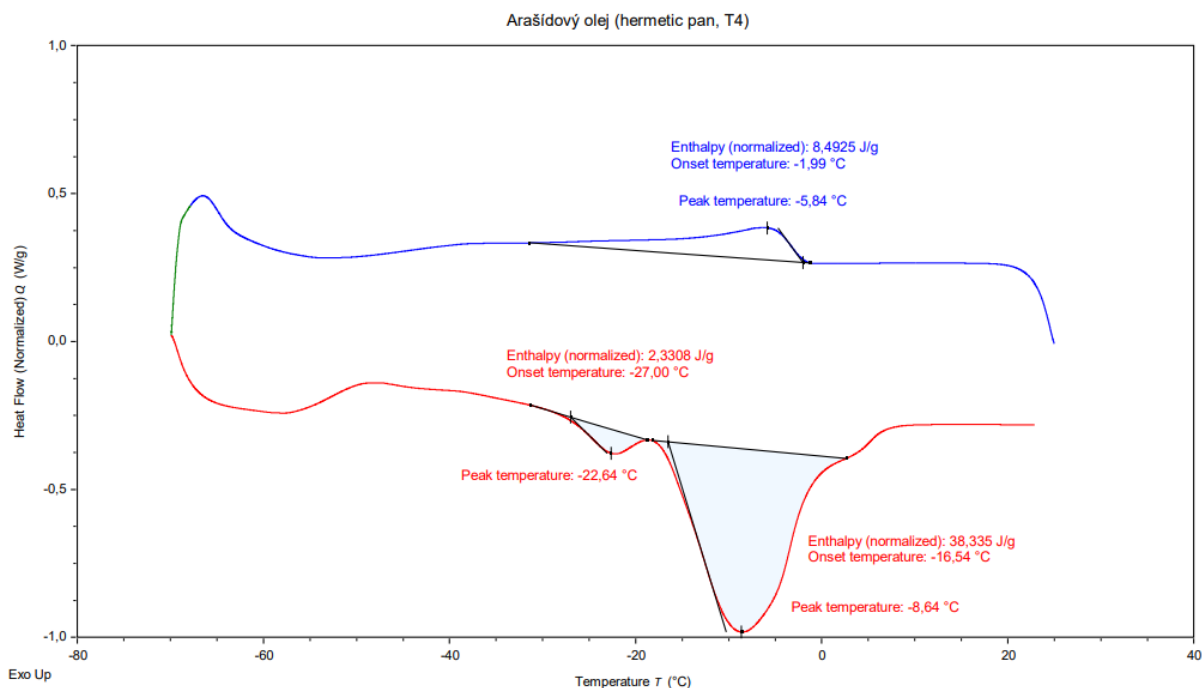
4.8 Rýžový olej



Obrázek 13 DSC křivka – Rýžový olej

Na uvedeném grafu (obr. 9) je znázorněna DSC křivka rýžového oleje, na níž bylo detekováno několik píků. První exotermní pík „cooling cycle“ byl detekován při teplotě $T_{\text{onset}} = -6,45 \text{ °C}$, $T_p = -7,91 \text{ °C}$ a entalpie $\Delta H = 14,073 \text{ J/g}$, další pík při teplotě $T_{\text{onset}} = -32,39 \text{ °C}$, $T_p = -38,92 \text{ °C}$ a entalpie $\Delta H = 1,6302 \text{ J/g}$. Dotyčné exotermní píky odpovídají krystalizaci rýžového oleje, a jsou dány jeho triacylglycerolovým složením. První endotermní pík „heating cycle“ byl stanoven při teplotě $T_{\text{onset}} = -55,88 \text{ °C}$, $T_p = -53,02 \text{ °C}$ a entalpie $\Delta H = 0,221 \text{ J/g}$, další pík při teplotě $T_{\text{onset}} = -34,88 \text{ °C}$, $T_p = -28,43 \text{ °C}$ a entalpie $\Delta H = 22,089 \text{ J/g}$, a poslední pík při teplotě $T_{\text{onset}} = -9,55 \text{ °C}$, $T_p = -6,65 \text{ °C}$ a entalpie $\Delta H = 1,080 \text{ J/g}$. Tyto endotermní píky korespondují s procesem tání rýžového oleje a souvisí s počtem nenasyčených vazeb vyšších mastných kyselin v oleji.

4.9 Arašídový olej

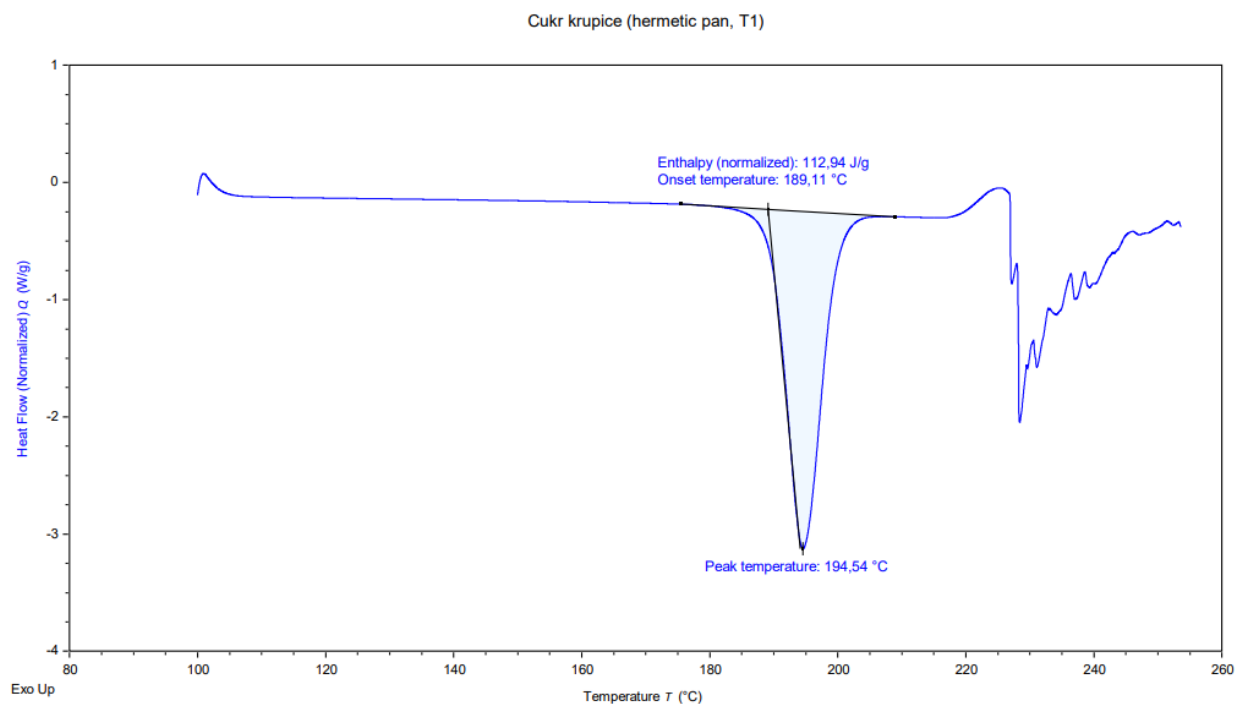


TA Instruments Trios V5.3.0.48151

Obrázek 14 DSC křivka – Arašídový olej

Na tomto grafu (obr. 10) je DSC křivka arašídového oleje. Pro „cooling cycle“ byl detekován exotermní pík s následujícími parametry: $T_{\text{onset}} = -1,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{p}} = -5,84 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a entalpie $\Delta H = 8,4925 \text{ J/g}$. „Heating cycle“ poskytl dva endotermní píky: 1. pík $T_{\text{onset}} = -27,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{p}} = -22,64 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a entalpie $\Delta H = 2,3308 \text{ J/g}$. 2. pík $T_{\text{onset}} = -16,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{p}} = -8,64 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a entalpie $\Delta H = 38,335 \text{ J/g}$. Dotyčné píky odpovídají tání nenasycených vyšších mastných kyselin v triacylglycerolech oleje. Arašídový olej obsahuje zejména kyseliny linolovou a olejovou, které mají vliv na zaznamenaný termický profil.

4.10 Cukr krupice

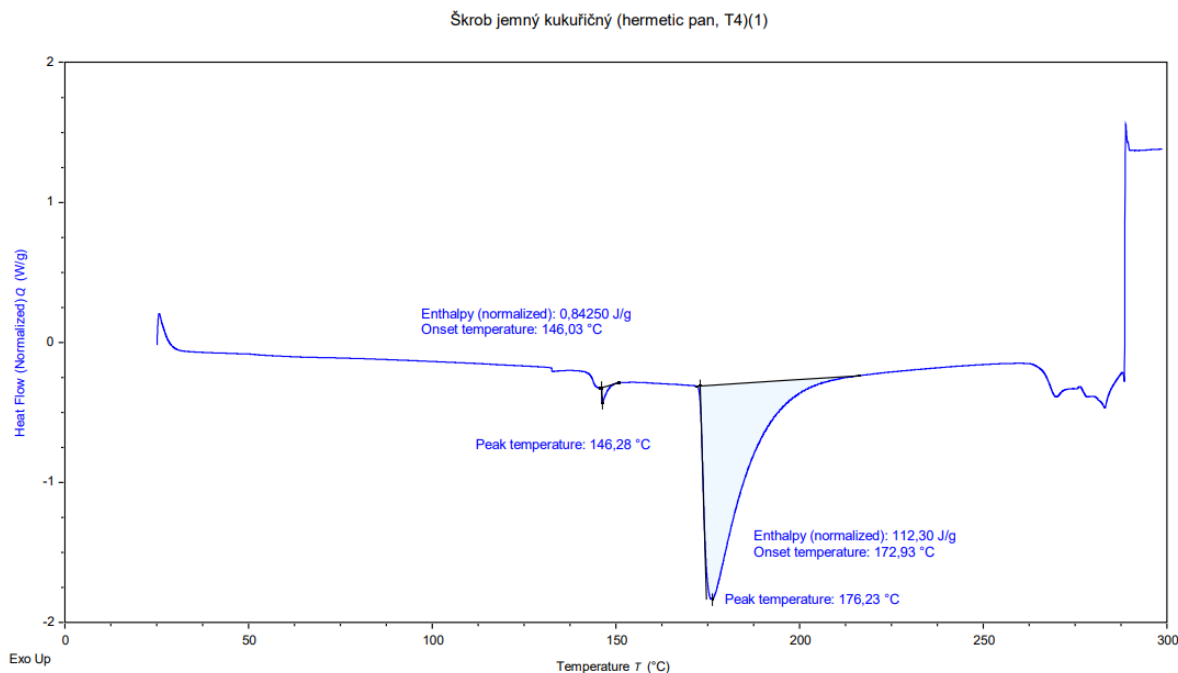


TA Instruments Trios V5.3.0.48151

Obrázek 15 DSC křivka – cukr krupice

Na obrázku č. 11 je DSC křivka pro cukr krupici. Endotermní pík představuje teplotu tání cukru s termickými parametry: $T_{\text{onset}} = 189,11$ °C, $T_p = 194,54$ °C a entalpie vzorku $\Delta H = 112,94$ J/g. Při stanovené teplotě dochází k tání sacharózy. Teplota tání čisté sacharózy činí 186 °C (Velíšek J., Hajšlová, 1999). Termické parametry vzorku by mohly být ovlivněny i podmínkami a dobou skladování výrobku v rámci tržní sítě (výrobce doporučuje max. teplotu skladování 30 °C a max. relativní vlhkost vzduchu 70 %).

4.11 Škrob jemný kukuřičný

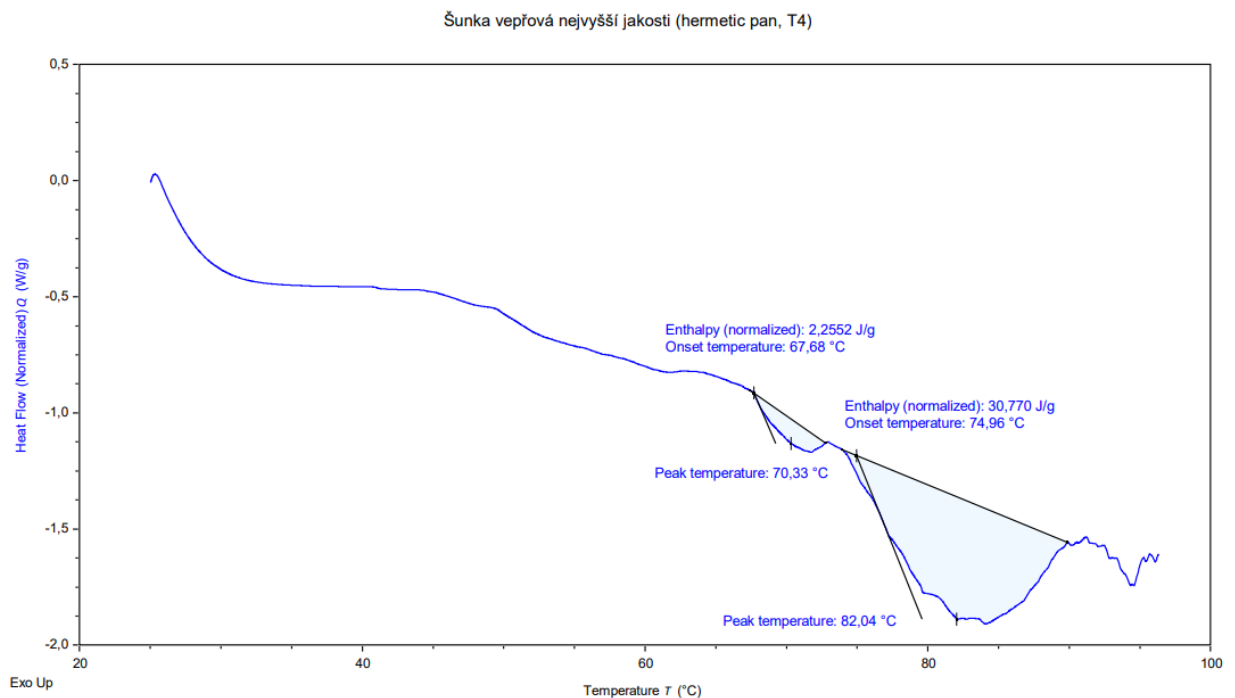


TA Instruments Trios V5.3.0.48151

Obrázek 16 DSC křivka – Škrob jemný kukuřičný

Na přiložené DSC křivce (obr. 12) je znázorněno měření jemného kukuřičného škrobu. Byl stanoven endotermní pík o $T_{\text{onset}} = 146,03 \text{ °C}$, $T_p = 146,28 \text{ °C}$ a entalpie $\Delta H = 0,8425 \text{ J/g}$. Druhý endotermní pík byl detekován při $T_{\text{onset}} = 172,93 \text{ °C}$, $T_p = 176 \text{ °C}$, a entalpii $\Delta H = 112,30 \text{ J/g}$, odpovídající procesu tání škrobu. Uvedená hodnota entalpie druhého endotermního píku se poměrně dobře shoduje s výsledky entalpie disociace škrobu, kterou stanovili Ding et al. (2018, s. 196-203) u škrobu získaného z koláčků lepkavé glutinózní rýže, smažených při různých teplotách. Autoři uvádí, že hodnota entalpie endotermního přechodu je závislá na komplexnosti (nepoškozenosti) krystalické struktury škrobu, tj. na konformaci dvoušroubovic. U škrobu pozorujeme želatinační (mazovatění), tání a degradaci. Želatinační teplota závisí na druhu škrobu, na poměru škrobu a vody, obsahu amylosy a amylopektinu. Podle odborné literatury obsahuje kukuřice 65-75 % škrobu a 24-26 % amylosy. U kukuřičného škrobu se želatinační teplota pohybuje od 62 do 72 °C (Velíšek, Hajšlová, 1999). Z důvodu použití hermeticky uzavřených pánviček nebyl želatinační pík pozorován. Z výsledků měření lze odvodit, že rozklad škrobu nastává při 288 °C.

4.12 Vepřová šunka nejvyšší jakosti



Obrázek 17 DSC křivka – Vepřová šunka nejvyšší jakosti

Na DSC křivce (obr. 13) je znázorněno měření vzorku vepřové šunky nejvyšší jakosti. Byl stanoven endotermní pík o parametrech $T_{\text{onset}} = 67,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_p = 70,33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a entalpie $\Delta H = 2,255 \text{ J/g}$, a druhý endotermní pík o parametrech $T_{\text{onset}} = 74,96 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $T_p = 82,04 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a entalpie $\Delta H = 30,77 \text{ J/g}$. U vzorku vepřové šunky docházelo při záhřevu k denaturaci bílkovin. U prvního píku byla kolem $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pozorována denaturace myosinu, v případě druhého píku kolem $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ denaturace aktinu. Na základě složení vzorku (šunka nejvyšší jakosti) lze usuzovat, že pozorované endotermní píky odpovídají denaturaci čistých svalových bílkovin, zatímco denaturace kolagenních a sarkoplazmatických proteinů nebyla detekována. Složení svalových vláken (typ fibril) masa hraje spolu s přísadkou dalších látek významnou roli v zaznamenaném termickém chování. Rychlost a průběh smrštění svalových vláken ovlivňuje termodynamiku denaturačního procesu (Vaskoska et al., 2021), a projevuje se specifickými hodnotami termických parametrů (tj. teplotním počátkem denaturace a hodnotou entalpie) u masných výrobků.

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce byly popsány vybrané metody a postupy termické analýzy, které je možné využívat v potravinářství a které charakterizují chemické a fyzikální změny probíhající v potravine v důsledku zahřívání nebo chlazení. Diferenciální skenovací kalorimetrie a termogravimetrie jsou nejčastěji používané metody termické analýzy v potravinářství. V teoretické části byly popsány hlavní složky potravin, tj. sacharidy, bílkoviny a lipidy, jejich funkce a složení a vliv teploty na tyto látky.

V praktické části byly s využitím DSC analyzovány vzorky, které zastupovaly základní složky potravin.

Pro skupinu sacharidů byly zvoleny vzorky cukru krupice a bramborového škrobu, dále sušené ovoce (papája a banán) a sušená hlíza – zázvor. U cukru krupice byl stanoven endotermní pík tání sacharózy při teplotě 189,11 °C. U škrobu byl sledováno tání karbohydrátů s endotermním píkem stanoveným při teplotě 146,03 °C. Při teplotě píku 176 °C jsme pozorovali tání škrobu. Vzorek sušeného ovoce papáji měl endotermní pík při teplotě 149,57 °C a vzorek zázvoru při 149,46 °C odpovídající tání karbohydrátů. Vzorek banánu vykazoval endotermní pík při teplotě 169,5 °C, související s procesem tání karbohydrátů a také škrobu zastoupeného v banánu. U vzorku banánu je důležitá zralost ovoce (s rostoucím stupněm zralosti se mění škrob na sacharózu).

Pro skupinu lipidů byly zvoleny vzorky arašídového oleje, rýžového oleje a čokolády. U čokolády byly stanoveny teploty tání kakaového másla. U rýžového i arašídového oleje bylo zaznamenáno více endotermních i exotermních píků. U rýžového oleje byly stanoveny během „cooling cycle“ dva exotermní píky při teplotách -7,91 °C a -38,92 °C, které odpovídaly krystalizaci a tři endotermní píky („heating cycle“) při teplotách -53,02 °C, -28,43 °C a -6,65 °C, které odpovídaly tání mastných kyselin obsažených v rýžovém oleji. Pro arašídový olej byl během „cooling cycle“ detekován jeden exotermní pík při teplotě -5,84 °C související s krystalizací TAG a během „heating cycle“ dva endotermní píky -22,64 °C a -8,64 °C, představující tání TAG.

Jako vzorky čokolády byly zvoleny čokoláda mléčná, čokoláda mléčno - hořká, čokoláda hořká na vaření a bílá čokoláda značky Orion. Mléčné čokolády obsahovaly kakaové máslo a také mléčný tuk, který mohl ovlivnit výsledky měření. Hořká čokoláda kromě kakaového másla obsahovala také palmový tuk. U bílé čokolády byl výsledek naměřené teploty nižší, protože bílá čokoláda neobsahuje kakaovou hmotu, ale kakaové máslo a plnotučné mléko.

Pro skupinu bílkovin byl zvolen vzorek vepřové šunky nejvyšší jakosti. U šunky docházelo k denaturaci bílkovin, byly zde stanoveny dva endotermní píky. První endotermní pík byl 67,68 °C, kde byla pozorována denaturace myosinu a druhý endotermní pík byl stanoven při teplotě 74,96 °C, kde byla pozorována denaturace aktinu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANONYM. TN-18 Thermal applications note. Guide for choosing DSC pans, TA Instruments, New Castle: USA.

BISWAS, Nirupam, et al. Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 82: 420-428.

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

CHANVRIER, Hélène, et al. Processing high amylose wheat varieties with a capillary rheometer: Structure and thermomechanical properties of products. *Food research international*, 2013, 53.1: 73-80.

CHEONG, Ling-Zhi; XU, Xuebing (eds.). *Rice Bran and Rice Bran Oil: Chemistry, Processing and Utilization*. Elsevier, 2019.

CHOMA, Christin T. Characterizing Protein-Protein Interactions by ITC. *TA Instruments*, 2005, 1-6.

DING, Yuanyuan, et al. Effects of frying on starch structure and digestibility of glutinous rice cakes. *Journal of Cereal Science*, 2018, 83: 196-203.

ELIASSON, Ann-Charlotte (ed.). *Starch in food: Structure, function and applications*. CRC press, 2004.

GARTI, Nissim; WIDLAK, Neil R. (eds.). *Cocoa butter and related compounds*. Elsevier, 2015.

HOZA, Ignác. *Potravinářská biochemie I*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011, 167 s. ISBN 9788073189365.

DSC 250. Discovery DSC Series [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.tainstruments.com/dsc-250/>.

JOTHI, Jakia Sultana, et al. Effect of water sorption on the glass transition temperature and texture of deep-fried models. *Journal of Food Engineering*, 2018, 237: 1-8.

KVASNIČKOVÁ, A. Informační centrum bezpečnosti potravin. In: Referenční hodnoty pro výživové faktory: sacharidy, vláknina, tuk [online]. 2009 [cit. 2023-03-01]. Dostupné z:

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/referencni-hodnotypro-vyzivove-factory-sacharidy-vlaknina-tuk.aspx>.

LAPČÍKOVÁ, Barbora, et al. Physical characterization of the milk chocolate using whey powder. *LWT*, 2022, 154: 112669.

RAHMAN, Mohammad Shafiur; AL-MARHUBI, Insaaf Mohd; AL-MAHROUQI, Abdullah. Measurement of glass transition temperature by mechanical (DMTA), thermal (DSC and MDSC), water diffusion and density methods: A comparison study. *Chemical Physics Letters*, 2007, 440.4-6: 372-377.

SIVASANKAR, B. Instrumental Methods of analysis, 1. vyd. Indie, Oxford University Press, 2012, 600 s. ISBN 13978019807391.

SLOBODIAN, Petr. *Termická analýza materiálů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 153 s. ISBN 9788074544033.

THAMBURAJ, Suman, et al. Effect of different drying treatments on total polyphenolics content and *in-vitro* biological properties of *Ficus benghalensis* fruit: A comparative study. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2022, 39: 102249.

VASKOSKA, Rozita, et al. Myosin sensitivity to thermal denaturation explains differences in water loss and shrinkage during cooking in muscles of distinct fibre types. *Meat Science*, 2021, 179: 108521.

VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. Tábor: OSSIS, 1999, 342 s. ISBN 8090239153.

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 9788086659176.

YANG, Haiping, et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, 2007, 86.12-13: 1781-1788.

ZADEH, Jalal Bayati; KOR, Nasroallah Moradi. Physiological and pharmaceutical effects of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as a valuable medicinal plant. *European journal of experimental biology*, 2014, 4.1: 87-90.

ZAJÍC, Jiří a Milan BAREŠ. *Chemie a technologie tuků*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1988, 244 s.

ZHANG, Pingyi, et al. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review. *Carbohydrate polymers*, 2005, 59.4: 443-458.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

c_p – tepelná kapacita za konstantního tlaku

DSC – diferenciální skenovací kalorimetrie

DTA – diferenční termická analýza

G – volná entalpie, Gibbsova volná energie (ΔG – změna volné entalpie)

H – entalpie (tepelný obsah)

S – entropie

TAG – triacylglyceroly

TG – termogravimetrie

TMA – termomechanická analýza

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Znáznornění termogravimetrické křivky a) a znázornění diferenciální termogravimetrické křivky b), (Blažek, A. 1972).....	12
Obrázek 2 Znáznornění křivky DSC – Diferenciální skenovací kalorimetrie (Slobodian, P., 2014).....	14
Obrázek 3 Body tání mastných kyselin (Brát, J., 2017).....	21
Obrázek 4 Termická denaturace proteinů (Velíšek, J., 1999).....	24
Obrázek 5 DSC 250.....	26
Obrázek 6 DSC křivka – Mléčná čokoláda Orion.....	34
Obrázek 7 DSC křivka – Mléčno-hořká čokoláda Orion.....	35
Obrázek 8 DSC křivka – Hořká čokoláda na vaření Orion.....	36
Obrázek 9 DSC křivka Bílá čokoláda Orion.....	37
Obrázek 10 DSC křivka – Sušená hlíza zázvor.....	38
Obrázek 11 DSC křivka – Sušené ovoce – papája.....	39
Obrázek 12 DSC křivka – Sušené ovoce – banán.....	40
Obrázek 13 DSC křivka – Rýžový olej.....	41
Obrázek 14 DSC křivka – Arašídový olej.....	42
Obrázek 15 DSC křivka – cukr krupice.....	43
Obrázek 16 DSC křivka – Škrob jemný kukuřičný.....	44
Obrázek 17 DSC křivka – Vepřová šunka nejvyšší jakosti.....	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Průměrné výživové hodnoty ve 100g Mléčné čokolády Orion	28
Tabulka 2 - Průměrné výživové hodnoty ve 100g Mléčno-hořké čokolády Orion	28
Tabulka 3 - Průměrné výživové hodnoty ve 100g Hořké čokolády na vaření Orion	29
Tabulka 4 – Průměrné výživové hodnoty ve 100g Bílé čokolády Orion.....	29
Tabulka 5 Průměrné výživové hodnoty ve 100g Sušeného zázvoru	30
Tabulka 6 Průměrné výživové hodnoty ve 100g Sušeného banánu	30
Tabulka 7 Průměrné výživové hodnota ve 100g Sušená papája.....	30
Tabulka 8 Průměrné výživové hodnoty ve 100g v Rýžovém oleji.....	31
Tabulka 9 Průměrné výživové hodnoty ve 100g v Arašídovém oleji.....	31
Tabulka 10 Průměrné výživové hodnoty ve 100g v Cukru krupici	32
Tabulka 11 Průměrné výživové hodnoty ve 100g Jemném kukuřičném škrobu	32
Tabulka 12 Průměrné výživové hodnoty ve 100g ve Vepřové šunce nejvyšší jakosti.....	33