Možnosti sledování změn kvality potravin metodami termické analýzy

Bc. Martina Jonášová

Diplomová práce
2014

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Martina Jonášová**
Osobní číslo:	**T12384**
Studijní program:	**N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor:	**Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia:	**prezenční**
Téma práce:	**Možnosti sledování změn kvality potravin metodami termické analýzy**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. **Metody termické analýzy.**
2. **Aplikace metod termické analýzy v potravinářství.**
3. **Vliv teploty na základní složky potravin**

II. Praktická část

1. **DSC denaturace proteinů.**
2. **DSC tuků a olejů, krystalizační chování.**
3. **TG polysacharidů.**
4. **TG sýrů – hmotnostní změny způsobené dehydratací.**
5. **Diskuze získaných výsledků a formulace závěrů práce.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] RICHARDSON, Philip.áThermal technologies in food processing. 1. ed.Cambridge: Woodhead, 2001, 294 p. Food science and technology. ISBN 978-1-85573-558-3.
[2] RAEMY, A., LAMBELET P., Thermal behaviour of foods. Thermochimica Acta, 1991, vol. 193, p. 413-439.
[3] GABBOTT, Paul.áPrinciples and applications of thermal analysis. 1. ed. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2008, xviii, 464 p. ISBN 978-140-5131-711.
[4] BROWN, Michael E.áIntroduction to thermal analysis: techniques and applications. 2. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, xviii, 464 p. ISBN 9781402004728.
[5] FIGURA, Ludger O a Arthur A TEIXEIRA.áFood physics: physical properties-measurement and applications. 2nd ed. New York: Springer, 2007, xv, 550 p. Food science and technology. ISBN 35-403-4191-9.

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

Datum zadání diplomové práce: **10. ledna 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2014**

Ve Zlíně dne 3. února 2014

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: VOMÁČKOVÁ MARTINA Obor: TECH. HYG. A EK. VP. POTR.

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 [1)];
- 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 [2)];
- beru na vědomí, že podle § 60 [3)] 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 [3)] 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 21.4.2014 .....

[1)] 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 nevýdělečně 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.

[2)] 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).

[3)] 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

Cílem diplomové práce bylo charakterizovat možnosti využití jednotlivých metod termické analýzy a jejich aplikace v potravinářství. Z fyzikálně chemického hlediska byl popsán vliv teploty na základní složky potravin. Vybranými metodami termické analýzy byly měřeny proteiny sacharidy a lipidy. Dle výsledků byly porovnávány fyzikálně - chemické vlastnosti jednotlivých výrobků související s jejich kvalitou.

Klíčová slova: termická analýza, proteiny, lipidy tuky

ABSTRACT

The aim of thesis was to characterize to options the use of each methods of thermal analysis and theirapplications in food industry. A physicochemical point of view has been described the influence of temperature on the basic ingredients. Selected methods of thermal analysis were measurend proteins, carbohydrates, lipids. According to the results were compared to the physico-chemical characteristics of the products related to their quality.

Keywords: thermal analysis, proteins, lipids, fats

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce paní doc. Mgr. Barboře Lapčíkové PhD. za její cenné rady a trpělivost při vedení mé diplomové práce.

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

Ve Zlíně dne Bc. Martina Jonášová

OBSAH

OBSAH **8**

ÚVOD **10**

I. **11**

TEORETICKÁ ČÁST **11**

1 TERMICKÁ ANALÝZA - ÚVOD **12**

2 ZÁKLADNÍ METODY **14**

2.1 DIFERENCIÁLNÍ TERMICKÁ ANALÝZA (DTA) 14

2.2 DIFERENCIÁLNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE (DSC) 15

2.3 TERMOGRAVIMETRICKÁ ANALÝZA (TGA) 17

2.4 TERMOMECHANICKÁ ANALÝZA (TMA) 19

2.5 TEPELNĚ MODULOVANÁ DIFERENCIÁLNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE (MDSC) 20

2.6 STEPSCAN DSC 20

3 APLIKACE TERMICKÉ ANALÝZY V POTRAVINÁŘSTVÍ **21**

3.1 BÍLKOVINY 21

3.1.1 Chemické složení a výživa 21

3.1.2 Vliv účinku teploty na proteiny 23

3.1.3 Sledování změn proteinů metodou DSC 24

3.1.4 Možnosti sledování změn kvality sýrů pomocí termogravimetrické analýzy 25

3.2 SACHARIDY 27

3.2.1 Chemické složení a výživa 27

3.2.2 Vliv teploty na sacharidy a polysacharidy 30

3.3 LIPIDY 32

3.3.1 Chemické složení a výživa 32

3.3.2 Vliv teploty na lipidy 35

II . PRAKTICKÁ ČÁST **39**

4 MATERIÁL A METODY **40**

4.1 MATERIÁL 40

4.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE 43

5 VÝSLEDKY A DISKUZE **46**

5.1 VÝSLEDKY 46

5.2 DISKUZE 55

5.2.1 Vepřové maso – chlazené (4 °C) 55

5.2.2 Vepřové maso – mrazené (-18 °C) *55*
5.2.3 Vepřové maso hluboce mrazené (-77 °C) *56*
5.2.4 Řepný cukr krystal *57*
5.2.5 Kukuřičný škrob *59*
5.2.6 Sezamový olej *62*
5.2.7 Slunečnicový olej *64*
5.2.8 Olivový olej *65*
5.2.9 Ořechový olej *67*
5.2.10 Máslo *68*
5.2.11 Margarín *72*
ZÁVĚR **76**
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY **77**
SEZNAM OBRÁZKŮ **83**
SEZNAM TABULEK **84**

ÚVOD

Metody termické analýzy patří mezi experimentálně analytické metody. Společným znakem všech metod termické analýzy je působení teploty a následná analýza změn složení a vlastnostístudovaného materiálu. V posledních letech došlo k velkému rozvoji metod termické analýzy. Především došlo k velkému pokroku v oblasti automatizace kontroly měření a registrace dat. V současné době metody termické analýzy nachází uplatnění v mnoha oborech. Výhodou je především použití značně vysokého rozmezí teplot, malé navážky vzorků materiálu, rychlost, přesnost a automatizace [1].

Metod termické analýzy se v současnosti stále více využívá v potravinářském půmyslu, neboť pomáhá především technologům výroby potravin analyzovat změny, ke kterým v potravinách dochází při připůsobení různých teplot. Většina potravin je totiž vystavena různým teplotním změnám během výroby, dopravy, skladování, přípravě i konzumaci. Následkem těchto změn dochází ke změnám ve fyzikálních i chemických vlastnostech jednotlivých složek potravin, které ve finále ovlivňují konečné vlastnosti hotového výrobku. Analýza těchto změn umožňuje výrobcům potravin optimalizovat podmínky při zpracování a výrobě potravin a celkově zajistit lepší kvalitu výrobků. Ovšem metod termické analýzy se využívá i při kontrole kvality potravin, neboť tepelné vlastnosti potravin přímo souvisí s jejich celkovou kvalitou. Výsledky měření jsou tudíž velmi specifické pro jednotlivé druhy potravin. Naměřené výsledky přímo souvisí s chemickým složením analyzovaného materiálu a jakákoli změna ve složení dané potraviny bude podávat odlišné výsledky termické analýzy. Cílem této diplomové práce bylo popsat počátky vzniku termické analýzy, stručně popsat jednotlivé metody termické analýzy. Následně se tato práce zabývá aplikací na základní složky potravin tedy na proteiny, sacharidy, polysacharidy a lipidy a srovnává, jak složení a kvalita potravin může ovlivnit výsledky měření [1,2,3].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TERMICKÁ ANALÝZA - ÚVOD

Termická analýza je obecně řazena mezi experimentální analytické metody. Popisuje fyzikální a chemické změny, které probíhají ve zkoumaném vzorku a mění tak jeho vlastnosti a to působením teploty a času. Termická analýza je řazena mezi jednu z nejstarších analytických metod, jelikož jejím nástrojem je především teplota a ta jako jeden z nejstarších analytických nástrojů umnožňovala např. zkoušení pravosti některých materiálů především na základě působení různých teplot. Příkladem může být zkoušení čistoty cínu ve starém Egyptě, kdy zahřívání a s ním spojené úplné roztavení mělo poukázat na přídavek olova [1, 2, 3].

Metody termické analýzy tedy sledují změny vlastností systému při jeho ohřevu a to především hmotnosti, energie, rozměru, vodivosti aj. Podstatným jevem při aplikaci termické analýzy je také změna entalpie (ΔH). Všechny látky mají obecně určitý obsah volné entalpie (G), kterou je možno vyjádřit výrazem:

$$G = H - TS \qquad [2]$$

kde:

H- entalpie

T – absolutní teplota

S – entropie

Látky za určité teploty dosahují obvykle stavů, které odpovídají nižšímu obsahu volné entalpie. Následkem toho tak přechází z jedné krystalické formy o vyšším obsahu energie do formy druhé, která má při dané teplotě obsah energie nižší a je tedy stálejší. Obecně se touto přeměnou myslí tání, var, sublimace, krystalická přeměna, chemická reakce apod. [3,2].

Termická analýza je však široký pojem a bývá tedy dělena na jednotlivé metody termické analýzy. Termickoanalytická metoda bývá zvolena na základě toho, jaký cíl má být sledován. Značný vliv má také atmosféra, ve které pokus probíhá. Jisté rozdíly jsou při použití inertních nebo oxidujicích plynů. Volbu termické analýzy také ovlivňuje složení zkoumaného materiálu a stanovení probíhajících změn. Pro stanovení pouze jedné probíhající změny může být použita kterákoli metoda vhodná pro dany druh a sledovanou změnumateriálu. Pro určení dostatečné chemické reakce je však vhodné kombinovat různé metody, aby interpretace výsledků byla co nejpřesnější. O přesnosti výsledků však rozhoduje také

dodržení vhodnýchpodmínek experimentu. Proto již v minulosti na první mezinárodní konferenci o termické analýze v roce 1956 byla ustanovena standardizační komise, která navrhla zásady pro postup a zveřejňování výsledků termické analýzy. Zásady se týkají především přístrojů, identifikaci materiálů, experimentálních podmínek, ale také doporučení různých sloučenin pro standardizaci teploty během termické analýzy [4,2,3,5].

Termická analýza a její využití v potravinářství souvisí především se změnami teplot během výroby, dopravy, skladování, přípravy i konzumace potravin.To má za následek různé změny v chemických a fyzikálních vlastnostech jednotlivých složek potravin, což se projevuje ve finálních vlastnostech produktů jako je chuť, vzhled, konzistence i stabilita. Mezi nejčastější chemické změny bývá řazena hydrolýza, oxidace aj. Mezi změny fyzikální patří především vypařování, tání, krystalizace, gelovatění apod. Ovlivňování těchto vlastnotí na základě znalosti teploty umožňuje výrobcům potravin zlepšení technologií při zpracování i dosáhnutí celkově lepší kvality potravin. Techniky termické analýzy nejčastěji pracují na principu měření hustoty, hmostnosti, reologie, tepelné kapacity atd. na základě změn fyzikálních veličin v průběhu s měnící se teplotou [5,2,4,5, 7,8].

Jednotlivé metody termické analýzy se dělí na konvenční metody – Diferenciální termická anlýza (DTA), Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC), Termogravimetrie (TG), Termomechanická analýza (TMA) a na dynamické metody – Dynamická termomechanická analýza (DTMA), Dynamická diferenciální skenovací kalorimetrie (DDSC), Stepscan DSC[3].

2 ZÁKLADNÍ METODY

2.1 Diferenciální termická analýza (DTA)

Je jednou z nejstarších a nejjednodušíchtermoanalytických metod, při níž se sleduje účinek teploty působící na vzorek spojený s jeho fyzikálními a chemickými změnami.Tato metoda vznikla s objevem termoelektrického článku umožňujícího přesné měření teploty. Na vzorek působí ohřev nebo ochlazování lineárně a plynule. Metoda je založena na zkoumání teplotního rozdílu mezi skutečnou teplotou zkoumaného vzorku a teplotou definovanou zvoleným jednotným teplotním programem, který bývá označován jako vzorek referenční (srovnávací). Vzorek referenční bývá řízen teplotním programem a během analýzy u něj nenastávají žádné fyzikální ani chemické změny. Zkoumaný vzorek působením teploty podléhá změnám, které poskytují informace o fyzikálních a chemických změnách způsobené změnou entalpie, které ve zkoumaném materiálu probíhají. V průběhu chemických a fyzikálních reakcí dochází k uvolňování nebo k pohlcování energie, následkem čehož dochází k zjistitelným změnám teplot zkoumaného vzorku.Grafický záznam měření z rozdílů teplot obou vzorků vykazuje obvykle ostrá snížení nebo zvýšení teplotních rozdílů na základě toho, zda dochází k ději endotermickému, tudíž vzorek teplo adsorbuje nebo k ději exotermickému, kdy vzorek teplo uvolňuje. Tyto děje mohou být způsobeny fázovými změnami jako je změna krystalické struktury, var, sublimace, odpařování, tavení i změnami chemickými jako jsou oxidačně- redukční i rozkladné, dehydratace, disociace apod. Děje endotermní bývají obvykle způsobeny fázovými změnami, jako je redukce, dehydratace a některé rozkladné reakce. Oproti tomu děje exotermní bývají způsobeny fázovými změnami, jako je oxidace, některé rozkladné procesy a krystalizace [1,2,3,5].

Diferenčně termická analýza měří změny zkoumaného vzorku na základě změn chemických a fyzikálních, které se projevují různými teplotními efekty na křivkách DTA. Při aplikaci DTA bývá většinou používán ohřev. Při ohřevu ale i ochlazovánídochází k energetickým změnám, které mohou být měřeny různými metodami. Mezi nejčastější patří přímý záznam křivky ohřevu nebo ochlazování vzorku, záznam inverzní křivky rychlosti ohřevu, záznam diferenčně termické křivky[1,2].

Typický přístroj pro měření se skládá ze dvou měřících kyvet, které bývají umístěny v prostoru s řízenou teplotou, což umožňuje její přesné řízení. Studovaný vzorek bývá umístěn do prostoru pro měření studovaného vzorku a vzorek referenční – nejčastěji destilovaná voda, bývá umístěn do prostoru pro měření referenčního vzorku.Vzorky jsou pak

proti sobě zahřívány nebo ochlazovány konstantní rychlostí. Pro možnost zaznamenání teplotního rozdílu je totiž rozhodující množství tepla, které se uvolní za jednotku času. Teplotní rozdíl bývá poté zaznamenán pomocí velmi citlivých termočlánků. V případě, že teplota zkoumaného vzorku je vyšší než teplota vzorku referenčního, tedy $\Delta T > 0$ došlo k reakci exotermické. Naopak, je – li teplota vzorku referenčního vyšší než teplota vzorku zkoumaného, tedy $\Delta T < 0$ došlo k reakci endotermické. Každá chemická nebo fyzikální reakce je způsobena určitou složkou obsaženou ve vzorku a může na křivce DTA způsobit teplotní efekt, který způsobuje kladnou nebo zápornou odchylku a bývá označován jako pík, ze kterého je potom možné zjistit teplotu probíhající přeměny. Čím je složky ve vzorku více tím je i plocha píku větší. Druh složky lze pak stanovit pomocí polohy píku na vodorovné ose teplot [1,2,4].

Diferenčně termická analýze může být používána ke kvalitativní nebo kvantitativní analýze jednoduchých i komplexních materiálů směsí, ke sledování reakční kinetiky a reakčního mechanismu, k určování reakčních a měrných tepel, ke studiu konstituce a fázových podobností [1].

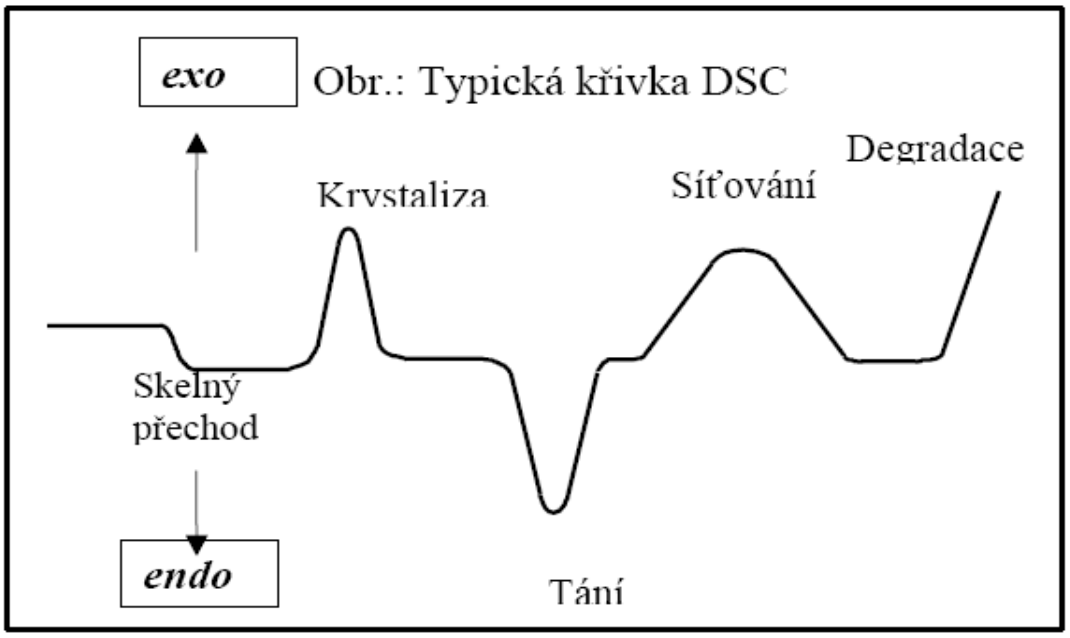
2.2 Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC)

DSC patří mezi metody termické analázy, kteráposkytuje kvantitativní výsledky měření. V podstatě jde o tzv. obrácenou formu DTA analýzy. Principem této metody je lineárníohřev vzorku a měří se rychlost tepelného toku, která je úměrná okamžitému měrnému teplu. Tato analýza probíhá za konstantních podmínek. DSC bývá obvykle měřena pomocí diferenciálního skenovacího kalorimetru. Existují dvě uspořádání DSC. První typ přístroje bývá označován jako Heat- flux DSC (kvantitativní DTA). Podobně jako u metody DTA i zde se analýza měří ve dvou vzorcích, kdy jeden je označován jako vzorek měrný, tedy ten, kde se nachází měřený materiál a vzorek referenční neboli srovnávací. Oba jsou umístěny do nádob, které by měly být z tepelně dobře vodivého materiálu. Následnějsou umístěny na tepelně vodivou destičku. Teplota se pak měří vícebodově přímo pod kelímky [1,2,7,8,9].

Druhý typ uspořádání se nazývá Power – compensatedDSC, neboli pravá DSC. Oba vzorky (měrný a refenční) jsou vzájemně izolovány a jsou každý zvlášť umístěny do mikropícek, kdy každá má svůj teplotní senzor. Přístroj pro měření této analýzy má totiž jiné konstrukční uspořádání než u HF – DSC. Oba vzorky by měly mít nulový teplotní rozdíl a

proto by energie měla být přiváděna tak, aby oba vzorky měly neustále stejnou teplotu. Pomocí speciálního elektrického obvodu lze stanovit jaké je množství dodané energie, která je potřebná pro udržení stejné teploty u obou vzorků v závislosti na čase nebo na těplotě. Jde tedy o měření elektrického příkonu, který je potřebný pro udržení izotermních podmínek. Množství uvolněného tepla je úměrné množství elektrické energie potřebné pro ohřatí vzorku referenčního. Změny teploty u jednoho ze vzorků se na základě toho, zda jde o děj endotermický nebo exotermický projeví změnou výkonu mikropícky a to tak, aby teploty u obou vzorků byly neustále stejné. Tímto měřením lze pomocí změn výkonu vypočítat tepelný tok a z něj pak změny entalpie [1,2,7].

Obecně lze konstatovat, že všechny přístroje pro měření analýzy DSC měří v širokém rozsahu teplot a mohou být použity pro látky pevné, polopevné i kalapné. Poskytují tedy informace o dějích jako je tavení, krystalizace a jiné různé chemické reakce. Vyhodnocení dat DSC analýzy probíhá graficky pomocí píků, kdy obvykle děje endotermické se zobrazují směrem dolů a děje exotermické směrem nahoru.Poloha maxima píků je odvozena od rychlosti změny teploty. Velmi důležité je však odlišit efekty o nízké intenzitě, které mohou být způsobeny tzv. šumem přístroje od jednotlivých efektů, které již podávají informace o měřených datech. Je tedy důležité sledovat velikost jednotlivých změn. Změny izobarické tepelné kapacity při skelném přechodu se pohybují v řádu desetin J/(g.K), zatímco relaxační entalpie se pohybuje v řádu jednotek J/(g.K). Krystalizační entalpie a entalpie tání se pohybuje v řádu desítek až stovek J/(g.K) [1,2,3,7].



Obr. 1. Typická křivka DSC[10].

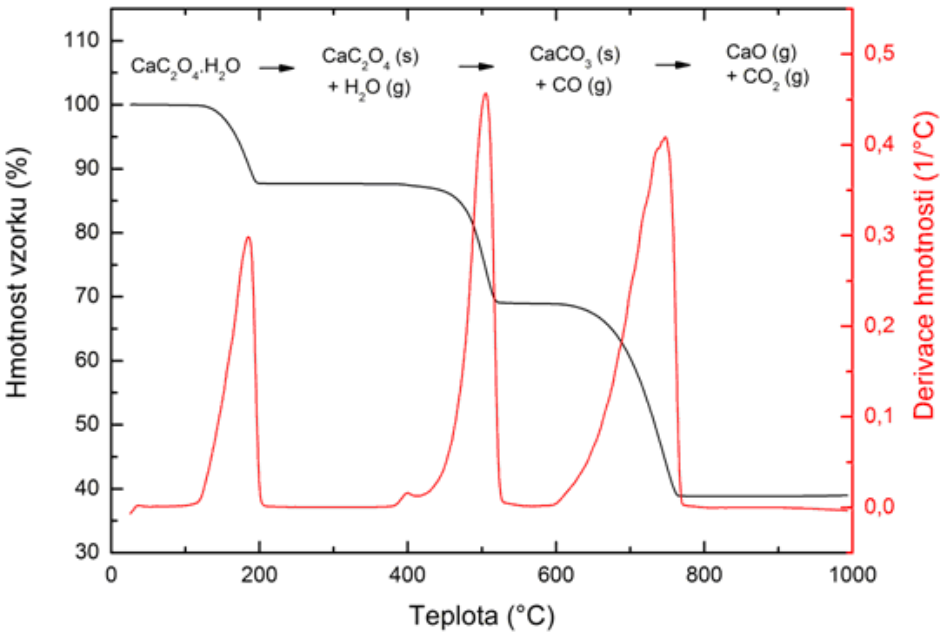
2.3 Termogravimetrická analýza (TGA)

TGA patří mezi experimentální metody, kdy princip této metody spočívá v detekci hmotnosti vzorku při jeho ohřevu. Umožňuje detekci chemických nebo fyzikálních procesů, které nastávají během působení různé teploty při procesu měření. Měření obvykle probíhá za přesně definovaných podmínek, kdy dle způsobu ohřevu rozlišujeme TGA izotermní, kdy měření probíhá za konstantní teploty, vzorek je tedy vystaven působení teploty plynule stoupající nebo klesající. Naopak u TGA neizotermní je vzorek obvykle vystaven teplotě plynule stoupající nebo klesající lineárně s časem. Výsledkem měření je obvykle termogravimetrická křivka, která vyjadřuje závislost změn hmotnosti na teplotě a poskytuje tedy informace o složení vzorku, jeho tepelném rozkladu i o produktech, které během rozkladu vzorku vznikají. Dle zkoumaných vlastností během měření lze tedy rozlišit termogravimetrickou křivku, která vyjadřuje závislost změn hmotnosti na těplotě nebo čase označovanou jako normální termogravimetrická křivka. Závislost rychlosti změny hmostnosti na těplotě nebo čase bývá označována jako diferenciální termogravimetrická křivka. Pokud během měření nedochází ke změnám složení vzorku, je závislostí vodorovná přímka. Pokud však dochází ke změnám složení vzorku, začne nastávat i úbytek hmotnosti, který se na křivce objeví jako sestupný schod. Hmotnost vzorku se měří pomocí vysoce přesných elektronic-

kých vah. Rušivé vztlaky, které mohou během procesu měření z důvodu přivádění plynů vznikat, jsou obvykle korigovány pomocíměření tzv. baseline. Těkavé složky, které se mohou během měření ze vzorku uvolňovat, jsou stanoveny hmotnostním spektrometrem s modulem TGA [1,2,3,4].

V potravinářství se TGA využívá především při sledování procesů, které představují změnu hmotnosti potravin nebo jejich složek jako je sušení, adsorpce vlhkosti apod. Aplikace TGA tedy umožňuje napodobit různé typy skladování a zpracování potravin a stanovit tak změny, které během těchto procesů nastávají. Působením různých teplot se hmotnost vzorku může vlivem teploty snížit nebo zvýšit v závislosti na specifickýchchemicko – fyzikálních dějích. Působením vysoké teploty se obvykle hmotnost zkoumaného vzorku sníží na základě odpařování těkavých složek ze vzorku. Ovšem v některých případech se může hmotnost zkoumaného vzorku tatkéž zvýšit na základě adsorpce vlhkosti z atmosféry. Při aplikaci TGA jsou všechny parametry jako je teplota, tlak a složení plynů přesně kontrolovány a tudíž poskytují velmi cenné informace o procesech jako je vaření, sušení a adsorpce vlhkosti během skladování potravin [1, 3,5,9].

Měření u TGA probíhá pomocí speciálních vysoce přesných termovah, kdy je vzorek umístěn na misku vyrobenou z platiny, korundu nebo jiného vhodného materiálu. Miska se vzorkem bývá obvykle umístěna na ohřívač, který je řízen a kontrolován počítačově. Při aplikaci této metody bývá také použita řízená atmosféra a to většinou za použití plynného dusíku. Plyny unikající z pícky mohou být poté vedeny do plynového chromatografu nebo IR spektrometru. Většina přístrojů pro TGA také umožňuje využívat izotermické a dynamické vytápěcí nebo chladící cykly anebo udržení určité teploty, dle toho jestli jde o TGA izotermní nebo neizotermní. TGA je tedy velmi užitečná při zkoumání různých kinetických procesů pevných látek a kapalin spojených se změnou hmotnosti zkoumaného vzorku [2,3,4,11].



Obr. 2. Typická křivka TGA[10].

2.4 Termomechanická analýza (TMA)

TMA analýza měří změny rozměru vzorku v závislosti na teplotě. Z výsledků měření je možno stanovit koeficient teplotní roztažnosti. Deformace vzorku při konstatntním zatížení se měří při určitém teplotním programu. Pokud je konstantní zatížení během procesu měření při určité teplotě periodicky se opakující, nazývá se tato metoda DLTMA neboli dynamické zatížení TMA [2,3,7].

Měření TMA se provádí na termomechanickém analyzátoru. Zkoumaný vzorek je obvykle umístěn do pícky a spojen se sondou. Na základě působení teploty při aplikaci TMA dochází ke změně rozměrů vzorku, což způsobí změnu pozice sondy, jejíž přesná poloha je měřena pomocí LVDT (LinearVarriableDifferentialTransformer). Velikost měřených změn závisí na síle působící na sondu, přičemž TMA měří změny rozměrů od mikrometrů až po milimetry za působení teplot hloboko pod 0 °C až po 1000 °C. TMA poskytuje informace o bodu tání, o rozměrové stabilitě při vytápění a o viskoelastickém chování zkoumaného vzorku [3,7,13].

2.5 Tepelně modulovaná diferenciální skenovací kalorimetrie (MDSC)

Velký rozvoj této metody v aplikaci termické analýzy nastal v 90. letech minulého stolení. V podstatě se jedná o rozvoj a zdokonalení techniky konvenční DSC. Výsledky měření této metody podávají podrobnější informace o dějích, které ve zkoumaném a referenčnímvzorku probíhají během působení teploty za přesně definovaných podmínek. Rozdílné teploty mezi oběma vzorky způsobí i rozdílný tepelný tok. Tepelný tok je způsoben ohřevem a probíhajícími změnami během fázového přechodu. Klasická DSC je schopna měřit pouze jejich sumu, kdežto MDSC je schopna tyto dva probíhající děje vzájemně oddělit. Aplikace této metody probíhá v přístroji zvaném teplotně modulovaný diferenciální skenovací kalorimetr. Měřena je teplota vzorku, modulovaný tepelný tok a modulovaná rychlost ohřevu. Stanovením modulovaného tepelného toku je poté možno vypočítat celkový tepelný tok a použitím zpětné Fourierovy transformace vypočítat reversibilní tepelný tok, kdy reversní složka je vhodná pro měření skelného přechodu a bodu tání. Při odečtení reversibilního tepelného toku od celkového lze vypočítat nereversibilní tepelný tok, kdy nereversní složka je vhodná pro měření entalpické relaxace, krystalizace, rozkladu a odpařování. V podstatě se jedná o kinetickou část celkového tepelného toku [3,13].

Mezi velké výhody této metody patří především podstatně vyšší citlivost při detekci skelného přechodu, schopnost oddělit procesy se změnou kapacity od procesů kinetických. Umožňuje taktéž měření velmi nízkých tepelních vodivostí a taktéž identifikaci rekrystalizace i v průběhu tání [3,13,14].

2.6 Stepscan DSC

Je řazena mezi nejnovější techniky DSC analýzy, kdy princip této metody je v podstatě stejný jako je tomu u MDSC. Výhodou stepscan DSC je, že výpočet není zatížen tak komplikovanými matematickými operacemi jako je tomu u MDSC. Aplikace této analýzy probíhá na speciálním výkonově kompenzačním DSC analyzátoru,který je velmi citlivý, umožňuje velmi rychlé změny teploty uvnitř pece a vyžaduje minimální teplotní kapacitu jak pece, tak i zkoumaného vzorku. Měření pomocí stepscan poskytuje informace o tepelné kapacitě vzorku, ovšem měří i tepelný tok, který je způsoben kinetickými efekty obdobně jako u MDSC. Umožňuje tedy stanovení jak reversní tak nereversní složky. Mezi značné výhody této analýzy patří především citlivost, jednoduchost a přesnost [3,15].

3 APLIKACE TERMICKÉ ANALÝZY V POTRAVINÁŘSTVÍ

3.1 Bílkoviny

3.1.1 Chemické složení a výživa

Bílkoviny jsou polymery aminokyselin. V potravinách se běžně vyskytuje asi 20 základních aminokyselin, z kterých spojováním pomocí peptidových vazeb do lineárního řetězce vznikají jednotlivé bílkoviny. Peptidová vazba spojuje pomocí jednoduché kovalentní vazby aminoskupinu jedné aminokyseliny a karboxylovou skupinu aminokyseliny druhé. Bílkovina neboli protein ve svém polypeptidovém řetězci obsahuje 100 a více aminokyselin, kdy sled animokyselin a zároveň prostorové uspořádaní, udává bílkovinám jejich biologickou funkci. Na molekuly bílkovin jsou dále vázány molekuly vody a různé anorganické ionty. Kromě peptidových vazeb se na prostorovém uspořádání proteinů podílí i jiné vazby např. disulfidové, esterové a amidové. Některé proteiny obsahují ještě jiné vázané organické sloučeniny jako lipidy, cukry, nukleové kyseliny aj.Takovéto proteiny pak bývají označované jako proteiny složené neboli konjugované, zatímco proteiny složené pouze z aminokyselin se nazývají proteiny jednoduché. Jednoduché proteiny bývají dále děleny podle tvaru jejich molekuly na proteiny globulární, jejichž molekula má tvar oblý až kulovitý. Tyto proteiny bývají vesměs rozpustné ve vodě a to především proto, že nepolární funkční skupiny jsou orientovány dovnitř molekuly, zatímco polární funkční skupiny tvoří vnější obal, na nějž se váží molekuly vody. Proteiny fibrilární jsou proteiny strukturní a mají tvar molekuly mikroskopických vláken. Ve vodě jsou prakticky nerozpustné. Molekulová hmotnost bílkovin přesahuje 10 000. Dle jejich biologické funkce můžeme proteiny dělit na proteiny strukturní, katalytické, transportní, pohybové, obranné, zásobní, senzorické, regulační a výživové [16,17].

Obecně se rozeznávají 4 úrovně struktury proteinů. Struktura primární, sekundární, terciální a kvartérní. Struktura proteinů je velmi důležitá a udává proteinům jejich funkci. Primární struktura udává počet a uspořádání jednotlivých aminokyselin v řetězci, dále charakter peptidových vazeb a počet a polohu kovalentních vazeb. Sekundární struktura udává prostorové uspořádání polypeptidového řetězce. Odvíjí se tedy od primární sruktury a je fixována nevazebnými interakcemi funkčních skupin aminokyselin. Existují dvě základní sekundární struktury proteinů a to α-helix, kdy polypeptidový řetězec je stočen do pravotočivé nebo levotočivé šroubovice. U přirodních proteinů se zpravidla vyskytuje šroubovice

pravotočivá. Tento typ sekundární struktury se vyskytuje především u proteinů svalových nebo vláknitých. Druhým typem sekundární struktury je β- skládaný list. Vzniká spojením dvou polypeptidových řetězců pomocí vodíkových můstků a to paralelně nebo antiparalelně. Průměrně se β−struktura skládá z 6 vláken připomínajících složený list papíru. Terciární struktura proteinů je v podstatě tvořena dalšími intramolekulárními interakcemijako disulfidické můstky, iontové vazby, van der Waalsovy síly apod. Kvartérní struktura vzniká u proteinů, které obsahují dva a více polypeptidových řetězců. Tyto řetězce se spojují pomocí extramolekulárních vazebných interakcí. Kvartérní strukturu obsahuje např. bílkovina hemoglobin. Některé proteiny kvártérní strukturu vůbec neobsahují [16,17].

Z hlediska výživy jsou proteiny nedílnou součástí lidské stravy. Představují hlavní zdroj dusíku v potravě, kterého průměrně dosahují až 16 % hmotnosti. V organismu se podílí na výstavbě a obnově tkání. Minimální denní potřeba pro lidský organismus představuje 0,5 – 0,6 g na 1 kg lidské hmotnosti. Při dávkách nižších se již mohou dostavit různé zdravotní poruchy. K zamezení těchto poruch je tedy obykle doporučováno množství vyšší a to 1,0 – 1,2 $g.kg^{-1}$. Nutné je také podotknout, že ne všechny proteiny mají stejnou využitelnost. Je to dáno především aminokyselinovým složením proteinu. Ne všechny aminokyseliny jsou organismem využity v optimálním množství. Zvlášť důležitá je výživa dětí v období růstu a také výživa těhotných žen a kojících matek. Kojící ženy ztrácí část proteinů mateřským mlékem, a proto je u těchto kategorií doporučován dení příjem až 2,4 $g.kg^{-1}$. Organismus přijímá proteiny v jejich původní formě, ovšem protein je látka vysokomolekulární a tu není organismus schopen využít, jelikož proteiny kvůli své velikosti nemohou projít přes střevní stěnu do krve. Procesem trávení tedy dochází ke štěpení proteinů za účasti proteolytických enzymů až na základní jednotky, tedy na aminokyseliny. Proteolytické enzymy jsou součástí žaludečních šťáv, pankreatické šťávy a šťávy tenkého střeva. Samotná hydrolýza proteinů dle štěpících enzymů probíhá v různých stupních, kdy postupnou degradací vznikají nejprve polypeptidy, následně oligopeptidy a konečnými produkty jsou jednotlivé aminokyseliny. Jednotlivé stupně hydrolýzy katalyzuje vždy určitý enzym. Konečné produkty – aminokyseliny jsou pak v tenkém střevě vstřebávány a transportovány lymfatickým oběhem do tkání nebo krevním oběhem do jater, kde jsou dále metabolizovány. Lidské tělo je schopno denně účinně metabolizovat 2,2 g bílkovin na 1 kg hmosnosti. Nadbytečně přijaté proteiny jsou pak zdrojem energie, kdy energetická hodnota bílkovin činí okolo17 kJ/g [16, 17].

Nutriční hodnota proteinů je však posuzována na základě esenciálních aminokyselin. Tyto aminokyseliny si totiž organismus nedokáže syntetizovat sám jako je tomu u ostatních aminokyselin. Nutriční hodnota se tedy stanovuje na základě obsahu všech esenciálních aminokyselin v žádaném poměru a množství. Nejlépe využitelné jsou tedy proteiny vajec, masa a mléka. Obsah proteinů se v potravinách vyskytuje v různém množství a to od 0 – 100 %. Nejvyšší nutriční hodnotu mají proteiny živočišného původu. Ovšem i potraviny rostlinného původu jsou dobrým zdrojem proteinů a to zejména luštěniny a některé olejniny [16,17].

3.1.2 Vliv účinku teploty na proteiny

Hlavním činitelem u metod termické analýzy je teplota. Působením teploty na proteinydochází k různým chemickým reakcím, z nichž nejvýznamnější je denaturace. Denaturace je obecně podstatná změna prostorového uspořádání molekuly proteinu, přičemž dochází ke ztrátě biologickéaktivity a původní funkce proteinu. Primární struktura zůstává zachována. Denaturace může být vratná nebo nevratná. Ovšem pokud dojde k denaturaci proteinů, jedná se většinou o jev nevratný. Denaturace bývá vyvolána fyzikálními faktory, jako je působení teploty, tlaku, ultrazvuku apod. Denaturaci může taktéž vyvolat působení chemických činidel a to za přítomnosti solí, kyselin či zásad, povrchově aktivních látek obecně tedy pokud dochází ke změně pH roztoků. Při denaturaci se mění prostorové uspořádání proteinu. Dochází k odkrývání funkčních skupin, které byly v nativním uspořádání proteinu nepřístupné. Tyto nové funkční skupiny obvykle interagují s vodou, z čehož vyplývá, že bílkoviny v denaturovaném stavu více vykazují schopnost vázat vodu. Ovšem při denaturaci taktéž dochází ke koagulaci proteinu, přičemž koagulace je agregace proteinů na základě reakcí nových funkčních skupin, které se právě denaturací odkryly. Tyto funkční skupiny tedy reagují mezi sebou, a tudíž už nemohou reagovat s vodou jako u prvního případu a schopnost vázat vodu je tedy podstatně nižší. Vše tedy záleží na typu denaturovaných proteinů. Když dojde k zahájení denaturace proteinů, dochází ke všem probíhajícím reakcím tak rychle, že je v podstatě nejde individuálně sledovat. Lze rozlišit pouze protein v nativním stavu nebo protein denaturovaný. Ovšem denaturace neprobíhá homogenně v celém materiálu, tudíž je možno alespoň rozlišovat jednotlivé frakce denaturovaného proteinu. V potravinářství dochází k denaturaci proteinů obvykle působením vysoké teploty při tepelném zpracování potravin. Ovšem i při mrazení potravin může docházet k denaturaci, a to v důsledku porušení tkáně především při pomalém zmrazování v rozmezí teplot od 0 až – 15 °C.Obecně tedy denaturaci způsobují změny teplot.V materiálu dochází

k vytváření krystalků ledu, které mohou porušovat buněčné membrány. Denaturace je obvykle reakce endotermická areakční entalpie během denaturace se pohybuje v rozmezí 100 až 400kJ/mol proteinu. K detekci denaturace se většinou využívá DSC metoda termické analýzy [16,18,19].

3.1.3 Sledování změn proteinů metodou DSC

Při tepelném zpracování proteinů dochází k poškození jejich molekulární struktury. Tento jev ovlivňuje dále jejich funkční vlastnosti, přičemž kalorimetrické metody umožňují sledování těchto změn a to na základě měření energetických změn, které tyto přechody doprovázejí. Denaturace je považována za jev endotermický, ke kterému obvykle dochází při působení teplot v rozsahu od 40 – 160 °C. DSC detekuje denaturaci pomocí endotermického signálu. DSC udává základní informace o termodynamických vlastnostech proteinu, o entalpii a entropii tepelných denaturačních přechodů dále informace o molekulárních interakcích, které mají vliv na celkovou stabilitu proteinu apod. Při aplikaci metody DSC je velmi důležitá příprava vzorku. Vzorek by měl být dokonale připraven.V zásadě by měl být čistý tedy bez kontaminujících látek, měl by být odvzdušněn, obzvláště pokud vzorek proteinů obsahuje aminokyselinu cystein, kde by mohlo snáze docházet k oxidaci. Dále je při přípravě vzorku velmi důležitá úprava pH, neboť pH by mohlo mít zásadní vliv na posunutí denaturační křivky a tudíž na zkreslené výsledky měření. Množství vzorku proteinů se obvykle připravuje o koncentraci v rozmezí 0,1 – 10 mg/ml [19,20,21].

Principem metody DSC je sledování množství energie potřebné ke zvýšení teploty ve vzorku. Obecně se zvyšování teploty během DSC volí pomalé vzhledem ke srovnání s kinetikou proteinu. Rychlost zvyšování teploty se tedy obvykle volí v rozmezí 0,1 – 2 K/min. Výsledkem měření je DSC grafická křivka, která popisuje závislost spotřebované energie vzorkem proteinu na teplotě. Křivka DSC obsahuje alespoň dvě téměř lineární oblasti, které představují závislost energie na teplotě, přičemž jsou od sebe odděleny píkem, který představuje charakteristický přechod stavů proteinu. Přesněji přechod ze stavu nativního do stavu denaturovaného [19,21].

V potravinářství se údaje o denaturaci proteinu a s tím spojené přesné monitorování teploty využívá především ke stanovení technologicko – funkčních vlastností. Získané informace umožňují technologům výroby potravin lepší rozhodování v procesech technologického zpracování potravin, zvolení optimálních teplot při výrobě, vlivu provozních podmínek na kvalitu výrobků. DSC také podává informace o interakcích proteinů s jinými složkami po-

travin, stanovení parametrů jako je rozpustnost, textura. Stanovení reakční kinetiky denaturace bílkovin. Velmi důležitá je ovšem i tepelná denaturace enzymů, která poskytuje informace o jejich inaktivaci. Metodou DSC lze sledovat taktéž průběh Maillardovi reakce, což je reakce mezi redukujícími cukry a proteiny za vzniku specifických produktů – hnědých pigmentů – melanoidinů. Proto tato reakce bývá označována jako neenzymatické hnědnutí. Tato reakce bývá řazena mezi reakce exotermické a v zásadě ji ovlivňuje obsah vlhkosti ve výrobku.Často bývá hlavním problémem při výrobě sušeného mléka, kdy způsobuje nežádoucí hnědnutí sušené směsi [16,19,20,21].

3.1.4 Možnosti sledování změn kvality sýrů pomocí termogravimetrické analýzy

Sýry patří mezi mléčné výrobky, které obsahují mléčnou bílkovinu, tuky a ostatní složky mléka. Sýr se vyrábí vysrážením mléčné bílkoviny z mléka a to působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, prokysáním a oddělením podílu syrovátky.Srážením obecně dochází ke snížení pH k izoelektrickému bodu kaseinu. Sýry se dělí dle způsobu získávání sraženiny na kyselé, sladké, popřípadě smíšené. Dále lze sýry dělit podle konzistence, kterou ovlivňuje obsah vody v tukuprosté hmotě sýra na sýry extra tvrdé, tvrdé, polotvrdé, poloměkké a měkké. Technologie výroby sýra se dle jednotlivých druhů liší, některé operace však zůstavají společné. Sýry se obvykle vyrábí z tepelně ošetřeného (pasterovaného) mléka, ovšem možná je i výroba z mléka syrového. Výše teploty a doba působení teploty se liší v závislosti na druhu vyráběného sýra, především na požadovaném množství zadržené vody v sýřenině a s tím související zvětšení výtěžnosti. Následuje standardizace obsahu sušiny, homogenizace, přídavek $CaCl_2$, KNO_3a $NaNo_3$, přídavek čistých mlékařských kultur, které především ovlivňují rychlost sýření a následné zrání sýrů, přičemž se používají primární – základní a sekundární - doplňkové kultury. Naposled se přidává syřidlo, jehož přesné množství bývá dle množství zasyřovaného mléka přesně stanoveno. Doba a teplota sýření je pak odlišná v závislosti na druhu vyráběného sýra. Během sýření pak vzniká sýřenina, což je jemná trojrozměrná síť tzv. bílkovinný gel. V kapilárách gelu jsou uzavřeny tukové kuličky, i větší množství vody – syrovátky, kterou je potřeba odstranit. Tohoto lze docílit zpracováním sýřeniny. Během zpracování sýřeniny odtéká volná voda. Při smršťování sýřeniny odtéká i kapilární voda,čehož lze docílit krájením, mícháním i přihříváním sýřeniny. Dohřívání sýřeniny sepoužívá při výrobě tvrdých a polotvrdých sýrů. Následuje formování sýřeniny, solení. Poté se nechají sýry několik hodin oschnout a následuje zrání sýrů, přičemž některé sýry zrají ve zracích obalech jiné bez obalů. Podmínky při zrání ovlivňují konzistenci, aroma a celkový vzhled sýrů a liší se

v závisloti na vyráběném druhu sýraBěhem zrání obvykle dochází k rozkladu laktózy bakteriemi mléčného kvašení a ke vzniku kyseliny mléčné. Snižuje se kyselost sýra, dochází k dalším reakcímkyseliny mléčné a to k jejímu rozkladu na další kyseliny, CO_2, vodu a jiné sloučeniny. Dochází také k rozkladu bílkovin a ke vzniku polymerů s nižší molekulovou hmotností. Proteolytické reakce mohou probíhat aerobně nebo anaerobně. Při delší době zrání dochází k rozkladu až na peptidy a aminokyseliny. Následuje degradace volných aminokyselin za vzniku amoniaku a dalších sloučenin. Při zrání dochází i k lipolytickým reakcím, kdy obvykle dochází k uvolnění mastných kyselin z triacylglycerolů [22].

Právě pomocí termoanalytických metod lze sledovat a kontrolovat změny, ke kterým dochází během zrání. Během zrání sýra dochází ke změnám obsahu vody, především díky různým interakcím mezi vodou a jinými sloučeninami, které jsou převážně důsledkem probíhající lipolýzy, proteolýzy, difůze soli i migrace vody. Pomocí termogravimetrické analýzy lze podrobně analyzovat vodu obsaženou ve vzorku sýra. Lze stanovit jak kvalitativní, tak kvantitativní rozdíly mezi různými druhy vody. Přítomná voda může být vázaná ve struktuře sýra různě silnou energií. A proto při postupném zahřívání vzorku se voda s postupně se zvyšující teplotou ze vzorku vypařuje a to v závislosti na množství aktivační energie potřebné k rozbití vazeb mezi vodou a matricí sýra. Tyto vazby mohou být tak silné, že teplota varu vody nepostačí k jejich rozbití. Právě proto je termogravimetrická analýza vhodnou analytickou metodou, která umožňuje stanovení celkové vody v potravině, studie o probíhajícím zrání apod. U sýrů má zrání obecně zásadní vliv na kvalitu finálního výrobku. Termogravimetrická analýza umožňuje zahřívání vzorků na různě vysokou teplotu obecně až na1200°C. Při studiu odborné literatury byly vzorky sýrů obecně zahřívány na teplotu okolo 500 °C. Autoři odkazují, že ke ztrátě vody ve vzorku dochází během dvou hlavních částečně se překrývajících procesů v závislosti dle druhu vázané vody a to v rozmezí teplot 30 – 200 °C. Tímto mohou být odlišně stanoveny dva druhy vody a to voda volná a vázaná. Volná voda je vázaná slabší energií na matrici sýra než voda vázaná, lze ji tedy snadněji odstranit. K jejímu uvolnění dochází v rozmezí teplot 30 - 110 °C. Voda vázaná je na matrici sýra vázaná silnější energií, její odtranění není tak snadné a obecně k němu dochází v rozmezí teplot 110 – 200 °C. Po odstranění veškeré vody dojde k úplnému rozložení vzorku na popel a to při teplotách okolo 600 °C [23,24,25].

Během procesu zrání sýrů se celkový obsah vody snižuje důsledkem odpařovacích procesů. Na okrajích sýra je přitom odpařování vody mnohem silnější. Množství volné vody je ovlivňováno větším množstvím parametrů, než je tomu u množství vody vázané. Nicméně

chování volné vody přítomné ve vzorku sýra má vliv na chování vody vázané přes řadu kinetických a termografických rovnováh [23,24].

Obecně lze TG analýzu použít ke stanovení celkového obsahu vody a popela. Získané výsledky umožňují zpracovat informace spojené se ztrátou hmotnosti, jako je například dehydratace, rozklad, vypařování apod.[23,24,25].

3.2 Sacharidy

3.2.1 Chemické složení a výživa

Sacharidy jsou spolu s proteiny, lipidy, nukleovými kyselinami řazeny mezi základní živiny, nejrozšířenější přírodní látky tzv. biomolekuly zajišťující hlavní zdroj energie pro organismy. Kromě toho, že plní tuto funkci jsou dále zdrojem zásobních látek (škrob, glykogen), součástí nuklevých kyselin, hormonů, koenzymů. Dále plní funkci stavební, kdy jsou základním stavebním materiálem rostlinných tkání (celulosa, chitin), chrání buňky před působením vnějších vlivů. Řadí se mezi látky biologicky aktivní [16,31,32].

Z hlediska chemického jsou to polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony, které mají ve své struktuře alifaticky vázané alespoň tři atomy uhlíku a dále sloučeniny, které vznikají ze sacharidů jejich hydrolýzou a sloučeniny vznikající ze sacharidů reakcemi oxidačními, redukčními, substitučními aj. Sacharidy se dle počtu atomu uhlíku v molekule dělí na triosy, tetrosy, pentosy a hexosy. Dle přítomné funkční skupiny se dělí na aldosy (aldehydová funkční skupina) a ketosy (ketonová funkční skupina). Na základě funkční skupiny a počtu atomů uhlíku jsou pak označovány např. jako aldohexosy, ketohexosy apod. [16,26].

Obecně jsou sacharidy děleny na základě počtu cukerných jednotek vázaných v molekule sacharidu na monosacharidy obsahující pouze jednu cukernou jednotku, oligosacharidy obsahující dvě až deset různých nebo stejných monosacharidových jednotek, polysacharidy obsahující více než deset různých nebo stejných monosacharidových jednotek a komplexní sacharidy, které ve své molekule obsahují navíc i jiné sloučeniny např. peptidy, proteiny a lipidy. Cukerné jednotky jsou navzájem spojeny glykosidovými vazbami [16,26].

Monosacharidy v potravinách tedy polyhydroxyaldehydy nebo polyhydroxyketony mají aldehydovou skupinu umístěnou na prvním uhlíku, přičemž ketoskupina bývá umístěna na uhlíku druhém. Jejich uhlíkový řetězec bývá většinou lineární v některých případech i rozvětvený. Vyskytují se jako látky s volnou karbonylovou skupinou nazývané látky acyklické nebo jako látky nazývané cyklické hemiacetaly, přičemž triosy jsou výhradně látky

acyklické, zatímco vyšší monosacharidy se vyskytují v pětičlenných, šestičlených a výjimečně sedmičlenných cyklických strukturách.Za cyklické formy monosacharidů je zodpovědná vysoce reaktivní karbonylová skupina. Předpony D- a L- udávají monosacharidům prostorovou orientaci. Látky obsahující chirální uhlík jsou opticky aktivní, tzn., že mají schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla o určitý úhel a to buď doprava, nebo doleva. D- a L- konfigurace je dána polohou OH- skupiny na chirálním atomu uhlíku umístěným nejdál od karbonylové skupiny, přičemž D- a L- monosacharidy jsou sobě navzájem zrcadlovými obrazy tzv. enantiomery [16,26,27].

V potravinách se monosacharidy nejvíce vyskytují v ovoci. Ovšem množství monosacharidů značně závisí na druhu, stupni zralosti, podmínkách skladování, zpracování apod. Obsah sacharidů v průběhu zrání stoupá. Tento jev je způsoben postupnou degradací škrobu, hemiceluloz, pektinů až na jednoduché cukry. Mezi hexosy patří D- glukosa nazývaná hroznový cukr, D-fruktosa nazývaná cukr ovocný, D-manossa a D-galaktosa a další hexosy a jejich deriváty. Mezi pentosy patří D-ribosa, L-arabinosa a D-xylosa. Pentosy se v potravinách vyskytují v menším množství. Obecně se sacharidy vyskytují více v potravinách rostlinného původu než v potravinách původu živočišného [16,26,27].

Oligosacharidy se skládají z 2 – 10 monosacharidových jednotek spojených glykosidovými vazbami. Dle počtu jednotek bývají poté rozlišovány disacharidy, trisacharidy, tetrasacharidy apod. Velmi významné jsou disacharidy skladájící seze dvou monosacharidových jednotek spojených navzájem glykosidovou vazbou. Mohou vznikat kondenzací αnebo βanomerní hydroxylové skupiny monosacharidu s jakoukoli hydroxylovou skupinou monosacharidu druhého. Podle umístění glykosidické vazby se disacharidy dělí na redukující, které jsou schopny redukovat oxidační činidla, nebo na neredukující, které této redukce nejsou schopny. Mezi nejvýznamnější neredukující disacharid patří sacharosa složená z jednotek glukosy a fruktosy. Hlavním průmyslovým zdrojem sacharosy je cukrová třtina a cukrová řepa. Sacharosa je v organismu hydrolyzována pomocí enzymu invertázy na základní monosacharidové jednotky, tedy na glukosu a fruktosu. Sladivost sacharosy je 100 %. Disacharid laktoza, neboli mléčný cukr se skládá z jednotek glukosy a galaktosy. Vyskytuje se nejvíce v mléce savců, přičemž v mléce kravském se vyskytuje zhruba v obsahu 4 – 5 %. V metabolismu je hydrolyzována v tenkém střevě enzymaticky na glukosu a galaktosu. Relativní sladivost laktosy je 40 – 60 % sladivosti sacharosy. Disacharid maltosa neboli sladový cukr je složená ze dvou jednotek glukosy. V chlebovém těstě vzniká hydrolýzou škrobu a to působením enzymů produkovaných kvasinkami *Sacharomycescerevisiae.*

V organismu jsou obvykle disacharidy hydrolyzovány enzymaticky na jednotlivé monosacharidy [16,27].

Polysacharidy se skládají z více než 10 monosacharidových jednotek spojených vzájemně glykosidovou vazbou. Obvykle ve své molekule obsahují tisíce, stovky tisíce až milion monosacharidových jednotek. Stavebními jednotkami homopolysacharidů jsou nejčastěji pentosy, hexosy a glykuronové kyseliny. Ve své molekule mohou obsahovat identické monosacharidy, obvykle jednotky D- glukosy. Tyto polysacharidy se označují jakohomopolysacharidy. Mezi nejznámnějšíhomopolysacharidy patří glykogen, škrob, celuloza. Pokud ve své molekule obsahují více různých monosacharidů, pak bývají nazývány heteropolysacharidy a patří sem většina ostatních polysacharidů. Struktura řetězců polysacharidů může být buď, lineární nebo cyklická. Názvy jednotlivých polysacharidů bývají odvozeny od monosacharidového základu, kdy koncovka -osa bývá nahrazena koncovkou –an. Polysacharidy jsou směs polymerů o různém stupni polymerace a mají určitou průměrnou molekulovou hmotnost. Jsou řazeny mezi polydisperzní látky. Polysacharidy se dělí na základě jejich původu na polysacharidy rostlinné a živočišné. Nejvýznamnější jsou polysacharidy rostlinného původu. V potravinářství se využívají jako aditiva. Dle funkcí v organismu se polysacharidy dělí na strukturní a zásobní. Mezi významné struktruní polysacharidy rostlinného původu patří celulosa a s ní asociované necelulosové polysacharidy – pektin a hemicelulosy.Mezi významné zásobní polysacharidy živočišného původu patří glykogen, zatímco u rostlinného původu je to škrob [16,26,27].

V ovoci se z polysacharidů vyskytují nejvíce pektiny. Škrob se vyskytuje jen u nezralého ovoce a obsah se během zrání snižuje. Škrob naopak převládá u kořenové zeleniny, brambor a obilovin. Z obilovin se škrob nejvíce vyskytuje u pšenice, žita, ovse, ječmene, kukuřice, rýže. Významným zdrojem jsou taktéž luštěniny. Obilná zrna obsahují od 40 – 90 %. Lustěniny od 30 - 70% a hlízy rostlin od 65 – 85 %. Z hlediska nutričního se rozlišují polysacharidy využitelné a nevyužitelné. Toto rozdělení je na základě stravitelnosti jednotlivých polysacharidů, neboť nevyužitelné polysacharidy nejsou v metabolismu enzymaticky hydrolyzovány, tudíž nemohou být v organismu využity. Mezi polysacharidy využitelné patří škrob a gylokogen. Mezi nevyužitelné celulosy, hemicelulosy, pektin a polysacharidy využívané v potravinářství jako aditivní látky – polysacharidy mořských řas, polysacharidy produkované mikroorganismy, rostlinné gumy a slizy. Všeobecně se tyto nevyužitelné polysacharidy nazývají jako vláknina. Vláknina je dále dle rozpustnosti ve vodě dělena na rozpustnou část a nerozpustnou [16,27].

Škrob je směsí amylosy a amylopektinu vyskytujícím se v hmotnostním poměru 1:3. Amylosa je lineární α – D –(1→4)glukan obsahující obvykle 1000 – 2000 glukosových jednotek. Je zčásti esterifikována kyselinou fosforečnou a má jeden redukující zbytek monosacharidu. Amylosa je ve vodě rozpustná. Stavební jednotkou amylopektinu je isomaltosa. Řetězec amylopektinu je mnohonásobně větvený a skládá se z řětězců D- glukosových jednotek pojených glykosidovou vazbou α(1→4) a α(1→6). Svým značným větvením strukturně připomíná glykogen. Amylopektin je v horké vodě téměř nerozpustný a a vytváří velmi viskózní maz [16,27].

Škrob se ukládá ve formě škrobových zrn v zásobních orgánech rostlin. Škroby se dělí dle velikosti škrobových zrn na škrobová zrna typu A a škrobová zrna typu B. Tyto dva typy škrobů se liší dle velikosti, kdy A škrob má škrobová zrna poměrně větší než B škrob. Dále se liší chemickým složením, ultrastrukturou amylopektinu, způsobem uložení ve škrobovém zrnu apod. Ve struktruních jednotkách glukanů se nachází pět molekul atomů kyslíku, což umožňuje interakce mezi škrobem a vodou.Obsah vody ve škrobových zrnech při běžné relativní vlhkosti činí okolo 17 %. Škrobová zrna přijímají z atmosféry zhruba 0,2 g vody, aniž by se měnil objem zrn [16,26].

3.2.2 Vliv teploty na sacharidy a polysacharidy

Škrobová zrna jsou ve studené vodě nerozpustná. Při záhřevu roste adsorpce vody, ovšem do určité teploty zůstává integrita škrobových zrn zachována. Teplota, při které dochází k porušení integrity škrobových zrn, bývá označována jako počáteční želatinační teplota a pohybuje se od 10 – 15 °C, škrobová zrna nepatrně zvětšují svůj objem a tento jev bývá označován jako bobtnání škrobových zrn. Želatinační teplotu ovlivňuje druh škrobu, vzájemný poměr škrobu a vody, pH prostředí a obsah dalších složek. Želatinační teplota se pohybuje v rozmezí 50 – 70 °C. Při procesu želatinace dochází k rozrušování stávajících vazeb následkem tepelného pohybu moleklul. Molekluly vody pronikají do amorfních oblastí zrn a interagují s volnými vazebnými místy polymerů. Celá struktrura se stává neorganizovanou amorfní. Při dalším zvyšování teploty cca nad 60 °C dochází k prudkému zvětšování zrn.Některé molekuly amolosy a amylopektinu se dostávají na povrch. Molekuly amylosy sezcela uvolňují do prostředí, kde jsou hydratovány, následkem čehož roste viskozita. Škrobová zrna praskají a mizí polarizační kříž. Vzniká škrobový maz skládající se z porušených škrobových zrn mnohonásobně zvětšených obsahujících převážně molekuly amylopektinu. Při pokračujíccím záhřevu ovšem viskozita klesá následkem ztráty integrity

granulí. Po ochlazení škrobového mazu dochází k obnově vodíkových vazeb mezi molekulami amylosy a amylopektinu, viskozita opět roste a vzniká pevná trojrozměrná síť, tzv. škrobový gel se schopností zachycovat velké množství vody. Rheologické vlastnosti škrobových gelů závisí na původu škrobu, stupni degradace granulí, teplotě, množství přítomné vody apod. [16,26,27].

Tepelné vlastnosti mazovatění škrobu lze metodami termické analýzy sledovat pomocí diferenční skenovací kalorimetrie. Suspenze škrobu je zahřívána s konstantním gradientem teploty na čase [20].

Retrodegradace škrobu je v podstatě obrácený děj mazovatění. Zmazovatěný škrob není z termodynamického hlediska v rovnováze, a proto se po nějaké době mění struktura a rheologické vlastnosti škrobových mazů. Vzniká dvoufázový systém pevná látka – kapalina. Dochází k asociaci řetězců amylosy pomocí vodíkových vazeb, následkem čehož se uvloňuje vázaná voda. Tento děj se obecně nazývá synereze. Obecně je retrodegradace škrobu závislá na mnoha faktorech zejména na původu škrobu, teplotě, obsahu vody apod. Retrodegradaci škrobu velmi ovlivňují podmínky skladování, kdy při teplotách okolo – 5 °C je silně potlačována, zatímco při teplotách od – 5 do 20 °C je proces retrodegradacenejvyšší. Při teplotách vyšších a to okolo 32 – 40 °C je retrodegradace potlačována a při těplotách okolo 65 °C k procesu retrodegradace vůbec nedochází. Obsah vody ve škrobu také podporuje retrodegradaci. Nejvíce k ní dochází u škrobů s obsahem vody okolo 45 – 50 %. Proces retrodegradace naopak může potlačit přítomnost soli, cukru nebo lipidů. Lipidy reagují s amylosouza vzniku inklusních sloučenin [16,27].

Maillardova reakce – neboli proces neenzymatického hnědnutí je reakce vznikající vazbou karbonylových sloučenin vč. redukujících cukrů na volné aminoskupiny biomolekul bez katalytikcého působení enzymů za vzniku hmědých pigmentů melanoidinů. Reakce probíhá ve třech základních krocích. Počáteční fáze reakce vzniká neenzymovou kondenzací redukujícího cukru a aminu za vzniku Shiffovy báze, ta je ovšem nestabilní. Dochází k Amadoriho přesmyku za vzniku více stabilního Amadoriho produktu – aminodeoxycukru. Další fáze reakce je označována jako střední a nazývá se propagace – degradace Amadoriho produktů. Obecně dochází k rozkladu sacharidů, glykosylaminů, aminodeoxycukrů a to procesy dehydratace, fragmentace. Dále dochází k rozkladu aminokyselin Streckerovou degradací. Amadoriho produkty se zcela oxidují nebo dochází k jejich rozkladu na původní amin. V poslední fázi reakce označované jako terminace dochází k reakcím jednotlivých produktů a rozkladných produktů za vzniku senzoricky významných látek jako

např. pyrrolů, pyrrolinonů, pyrrolinonreduktonů. Dále může docházet k reakcím mezi těmito produkty s aminy dalšími karbonylovými sloučeninami za vzniku hnědých barevných sloučenin melanoidinů. Maillardova reakce má jak pozitivní, tak negativní důsledky. Pozitivně ovlivňuje především senzorické vlastnosti potraviny a to především vůni,chuť a barvu [16,27].

Energetická hodnota 1 g sacharidů činí 17 $kJ.g^{-1}$.V lidské stravě by měl podíl sacharidů činit okolo 65 % veškerého denního příjmu všech živin. Z toho alespoň 75 % energie zajišťují polysacharidy a zbylých 25 % oligosacharidy a monosacharidy. Cukry přijímané potravou jsou zpracovávány metabolismem a podléhají tak mnoha reakcím, kdy u složitých cukrů dochází k jejich degradaci na jednotky jednodušší. Nejvýznamnějím biologicky aktivním monosacharidem je glukosa.V tenkém střevě pak dochází k jejich resorpci přes stěnu střeva. Jsou transportovány do jater, kde se transformují na glukosu. Její oxidací vznikají jednoduché organické sloučeniny. Přebytek glukosy se potom ukládá v játrech a ve svalech ve formě glykogenu. Příjmem glukosy potravou také dochází ke zvýšení hladiny glukosy v krvi. Na regulaci hladiny glukosy v krvi se podílí inzulin vylučovaný pankreatem. Sacharidy také ovlivňují organoleptické vlastnosti potravin a to především chuť, vzhled, texturu. Sladkost glukosy je asi 40 – 70 %, fruktosy 90 – 180 % sladivosti sacharosy [16, 26, 27].

3.3 Lipidy

3.3.1 Chemické složení a výživa

Lipidy patří mezi nejednotně definovanou skupinu sloučenin. Společným znakem této skupiny je hydrofobnost. Lipidy jsou nerozpustné ve vodě ale dobře rozpustné v nepolárních rozpouštědlech. Mají nízké teploty tání, přičemž tuky mají teplotu tání o něco vyšší než oleje. Bod tání závisí na počtu atomu uhlíku. Obecná definice lipidů charakterizuje lipidy jako přírodní sloučeniny, které obsahují v molekule esterově vázané mastné kyseliny s více než 3 atomy uhlíku. Jsou to tedy estery některých karboxylových kyselin a některých alkoholů [16,28,30].

Z hlediska chemického složení se lipidy dělí do 3 hlavních skupin:

Homolipidy, Heterolipidy a komplexní lipidy. Jednoduché lipidy jsou prosté estery, zatímco složené lipidy obsahují navíc ve svých molekulách vázané další látky. Homolipidy jsou tedy sloučeniny mastných kyselin a alkoholu, přičemž se dělí podle struktury vázaného

alkoholu. Heterolipidy obsahují ještě další kovalentně vázané sloučeniny. Podle typu vázané sloučeniny se pak rozlišují např. glykolipidy, fosfolipidy aj. Komplexní lipidy obsahují jak homo- ,tak heterolipidya ještě další složky vázané různými fyzikálními vazbami [16,29,30].

Nejvýznamnější složkou lipidů jsou právě mastné kyseliny. Mastné kyseliny jsou definovány jako karboxylové kyseliny s uhlovodíkovým řetězcem. Jsou to bezbarvé kapaliny nebo tuhé látky. Obecně se vysktují v lipidech různé skupiny mastných kyselin a to nasycené, které ve své struktuře neobsahují dvojnou vazbu, nenasycené mastné kyseliny, které ve své struktuře obsahují dvojné vazby, přičemž podle počtu dvojných vazeb je můžeme rozdělit na monoenové a polyenové. Monoenové mastné kyseliny obsahují jednu dvojnou vazbu, polyenové mastné kyseliny obsahují několik dvojných vazeb [16,29].

Nasycené mastné kyseliny obsahují ve své struktuře 4 až 60 atomů uhlíku. Mají zpravidla rovný, nerozvětvený řetězec obsahující obvykle sudý počet atomů uhlíku. Mezi hlavní kyseliny běžně vyskytující se v potravinách patří většinou kyseliny palmitová a stearová. Palmitová kyselina se vyskytuje prakticky ve všech živočišných a rostlinných lipidech. Nejvíce se nasycené mastné kyseliny vyskytují v tuku užitkových zvířat. V mléčném tuku se vyskytují převážně nasycené mastné kyseliny s kratším řetězcem. Výskyt nasycených kyselin s lichým počtem atomů uhlíku je vzácný a vyskytují se jen ve stopových množstvích. Nasycené mastné kyseliny mají vyšší bod tání než nenasycené [16,29,30].

Nenasycené mastné kyseliny se vzájemně liší podle počtu atomu uhlíku, polohy dvojné vazby a také dle prostorové konfigurace. Mezi hlavní a nejvíce se v potravinách vyskytující monoenovou mastnou kyselinu patří kyselina olejová. Prostorová konfigurace mastných kyselin bývá u přírodních sloučenin zpravidla cis. Jen nepatrně se vyskytuje konfigurace trans. Polyenové mastné kyseliny se dělí z hlediska počtu dvojných vazeb ve strutuře molekuly. Mastné kyseliny se dvěma dvojnými vazbami se nazývají dienové a z hlediska výživy jsou velmi důležité. V přírodních lipidech se však ve významném množství vyskytuje jen několik, kdy nejvýznamnější je kyselina linolová. Dle polohy první dvojné vazby od koncového řetězce se rozlišují kyseliny řady n-6 a n-3. Mastné kyseliny se třemi dvojnými vazbami se nazývají trienové mastné kyseliny. Nejvýznamnější trienovou mastnou kyselinou je kyselina linolenová. Vzáně se vyskytují taktéž kyseliny se čtyřmi až šesti dvojnými vazbami.Nenasycené mastné kyseliny se v tuku živočichů vyskytují v menší míře než kyseliny nasycené, výjimkou je rybí tuk. Daleko více se nenasycené mastné kyseliny vyskytují v rostlinách. Především se vyskytují v semenech olejnatých rostlin. Kyselina olejová se

i v malém množství prakticky vyskytuje ve všech živočišných i rostlinných lipidech. Nenasycené mastné kyseliny mají nižší bod tání než nasycené a většina z nich jsou viskózní kapaliny. Bod tání také závisí na krystalické modifikaci. Rozlišují se modifikace A, B,C u kyselin se sudým počtem atomu uhlíku, u kyselin s lichým počtem uhlíku A´, B´, C´ [16,29].

Homolipidy jsou složené z mastných kyselin a alkoholu, přičemž se dělí podle struktury vázaného alkoholu. V přírodních lipidech se nejčastěji vyskytuje glycerol. Dále pak ethery glycerolu, hemiacetaly vyšších alifatických alkoholů, terpenoidní sloučeniny i steroidní sloučeniny. Mezi homolipidy se řadí různé přírodní produkty rostlinného i živočišného původu. Vosky jsou estery mastných kyselin s jednosytnými alkoholy. Mastné kyseliny vázané ve voscích jsou obvykle nasycené s vyšším počtem atomů uhlíku. Vázané alkoholy bývají nejčastěji nasycené alifatické alkoholy s vyšším počtem atomů uhlíku v molekule jako např. cetylalkohol, cerylalkohol aj. V přírodě se vosky vyskytují převážně jako stopové složky na povrchu organismů, kde vytváří povrchovou lipofilní vrstvu [16,30].

Estery glycerolu patří z hlediska potravinářství mezi nejvýznamnější lipidy. Dle skupenství se dělí na tuky a oleje. Jako oleje jsou nazývány tuky, které jsou při teplotě okolí kapalné. Chemická struktura těchto sloučenin je různá a to podle počtu navázaných mastných kyselin. Pokud je na molekulu glycerolu navázána jenom jedna mastná kyselina, označuje se tato sloučenina jako 1- nebo 2 - monoacylglyerol. Pokud jsou na molekulu glycerolu vázány dvě mastné kyseliny, pak se tato sloučenina označuje jako 1,2- nebo 1,3 - diacylglycerol. Nejčastěji se však v přírodě vyskytují sloučeniny, které mají na molekulu glycerolu navázány tři mastné kyseliny. Tyto sloučeniny se pak nazývají triacylglyceroly. Pokud jsou v molekule triacylglycerolu navázány 3 stejné mastné kyseliny, pak vzniká jednoduchý triacylglycerol, pokud se však v molekule nachází dvě nebo tři různé mastné kyseliny pak vzniká smíšený triacylglycerol. V přírodě slouží triacylgceroly především jako zásoba energie a to jak v rostlinných, tak v živočišných organismech. Z rostlinných materiálů se rostlinné tuky a oleje získávají ze semen olejnatých rostlin lisováním a extrakcí a následnou úpravou organoleptický vlasností tzv. rafinací. U panenských olejů se olej získává pouze lisováním za studena, tedy bez předcházejícího záhřevu. Živočišné tuky se nejčastěji získávají působením horké vody a poté oddělením od vodné fáze. U mléčného tuku odstředěním smetany [16,30].

Heterolipidy se od homolipidů liší tím, že ve své struktuře obsahují navíc vázané další složky, dle kterých se dělí na fosfolipidy, glykolipidy, sulfolipidy. Nejvýznamnější jsou

fosfolipidy,které obsahují esterově vázanou kyselinu fosforečnou. Fosfolipidy jsou v živočišných i rostlinných organismech přítomny jako součást vnitrobuněčných membrán a lipoproteinů. Glykolipidy obsahují ve své struktuře vázané cukry. Nejčastěji vázaným cukrem je D- galaktosa, dále pak také D- fruktosa a D- glukosa. Pokud mají estery glycerolu ve své molekule vázánou síru nabo kyselinu sírovou pak se jedná o sulfolipidy [16,29].

Komplexní lipidy se řadí mezi makromolekulární látky. Obsahují jak lipidový, tak nelipidový podíl, které jsou na sebe vázány vodíkovými můstky, hydrofóbními interakcemi i jinými fyzikálními vazbami. Nelipidový podíl bývá nejčastěji protein, polysacharid aj. Velmi významnou skupinou jsou lipoproteiny. Lipoproteiny jsou obvykle rozpustné ve vodě a slouží tak k transportu lipidů. Zvlášť velmi významné jsou lipoproteiny krevního séra [16,29].

Mezi lipidy se rovněž řadí netěkavé lipofilní sloučeniny, které doprovází vlastní lipidy nazývané doprovodné látky lipidů. Tyto sloučeniny jsou však z hlediska chemické struktury odlišné, v jejich struktuře se většinou ani nevyskytují esterově vázané mastné kyseliny. Patří sem terpenoidy, lipofilní vitaminy a také barviva, přírodní antioxidanty a jiné lipofilní sloučeniny [16,29].

3.3.2 Vliv teploty na lipidy

V přírodních lipidech se nenasycené mastné kyseliny vyskytují v konfiguraci cis. Při záhřěvu však může dojít ke změně jejich konfigurace z cis na thermodynamicky stálejší konfiguraci trans. Isomerační reakce nenasycených mastných kyselin jsou reakce, při nichž může dojít k posunu nenasycených dvojných vazeb mastných kyselin nebo se může změnit jejich sterická konfigurace. Teploty, při níž k těmto reakcím dochází, jsou různé a liší se dle počtu dvojných vazeb. U monoenových mastných kyselin tyto reakce probíhají při teplotách okolo 270 °C, kdežto u pentadienových mastných kyselin tyto reakce mohou probíhat již od 240 °C. U mastných kyselin s více dvojnými vazbami může dojít i k posunu dvojné vazby o jeden atom uhlíku od karboxylu nebo ke karboxylu. Záhřev provází i další reakce jako cyklizace mastných kyselin. Při tomto jevu dochází ke tvorbě cyklických mastných kyselin s petičlennými nebo šestičlennými cykly. Tyto mastné kyseliny se tvoří přes příslušné radikály z nenasycených mastných kyselin [16,31].

Polymerací mastných kyselin se rozumí reakce, při níž sice nedochází ke změnám strukturním jako v předchozích případech, dochází však ke změně molekulové hmotnosti. Molekulová hmotnost se zvýší a to až o násobek hmotnosti monomeru. Polymerace mastných

kyselin vzniká při záhřevu. Předchází jí isomerace a cyklizace mastných kyselin, při níž se vytvoří volné radikály a právě přes ně vznikají polymery s vyšší molekulovou hmotností [16,31].

Oxidačních reakcí, které mohou běžně v potravinách probíhat, je několik typů. Autooxidační reakce vzdušným kyslíkem, oxidace hydroperoxidy či peroxidem vodíku, oxidace singletovým kyslíkem, oxidace katalyzovaná enzymy, oxidace těžkými kovy, chinony a příbuznými sloučeninami [16,31].

Autooxidace je reakce, která běžně vzniká při skladování a zpracování potravin. Je podmíněna přítomností vzdušného kyslíku. U nenasycených mastných kyselin tato reakce probíhá při běžné skladovací teplotě, jelikož dvojné vazby podlehají autooxidaci snáz než nasycené. U nasycených mastných kyselin dochází k autooxidaci obvykle až při teplotách odpovídajících smažení, pečení a jiným tepelným úpravám. Autoxidací se rozumí radikálová řetězová reakce uhlovodíkového řetězce, která probíhá obvykle ve třech stupních. Při dodání jakékoli energie dochází ke štěpení kovalentní vazby uhlovodíkového řetězce, následně dochází ke vzniku volného vodíkového radikálu a ke vzniku volného radikálu mastné kyseliny. Vzniklý volný radikál mastné kyseliny reaguje snadno s kyslíkem za vzniku peroxidového radikálu, ten pak odtrhne atom vodíku z další nenasycené mastné kyseliny a vznikne hydroperoxid a další volný radikál mastné kyseliny. Pokud proběhne reakce dvou radikálů, vznikne produkt stálý, neradikálový a řetězová reakce je ukončena [16,31].

Rychlost autooxidace je podmíněna mnoha faktory. Ovlivněna je jednak strukurou a koncentrací reagujících látek ale také reakčními podmínkami. Struktura mastných kyselin především přítomnost reaktivních dvojných vazeb ovlivňuje jak rychlost, tak zahájení oxidace. Dvojné vazby reagují se vzdušným kyslíkem ihned, kdežto nasycené mastné kyseliny, které dvojné vazby neobsahují, oxidují až při samotném záhřevu, kdežto při skladování při pokojové teplotě jsou poměrně stabilní. Teplota jako jedna z reakčních podmínek urychluje průběh oxidace. Vzniká větší množství volných radikálů, které jsou však za vysokých teplot nestálé, tudíž dochází k jejich rychlejšímu rozkladu. Rychlost reakce dále ovlivňuje koncentrace kyslíku a aktivita vody. Potraviny s nižší aktivitou vody, tedy potraviny suché podléhají oxidaci snadněji než potraviny s vyšší aktivitou vody. V podstatě do potravin s nízkým obsahem vody snadněji prostupuje vzdušný kyslík, kdežto potraviny s vysokým obsahem vody jsou do určité míry chráněny. Antioxidanty jsou naopak látky, které oxidaci zabraňují nebo oxidaci zpomalují. Tyto látky mohou reagovat s volnými radikály přede-

vším s peroxylovými radikály, přičemž vznikne hydroperoxid nebo jiný neradikálový produkt. Naopak těžké kovy podmiňují vznik oxidace a oxidaci rovněž urychlují [16,31].

Enzymová oxidace je reakce katalyzována enzymy lipoxygenazámi. Lipoxygenázy se běžně v přírodě vyskytují. Tyto enzymy obsahují vázané železo, které reakci kakatalyzuje.

Žluktnutí tuků je spojeno s oxidací mastných kyselin, zároveň je provázeno dalšími reakcemi. Je rozeznáváno několik typů žluknutí jako hydrolytické, oxidační, ketonové a chuťová reverze. Při hydrolytickém žluknutí dochází k hydrolýze tuků. Z tuků se uvolňují mastné kyseliny. Mastné kyseliny s uhlovodíkovým řetězcem do 10 uhlíků, jako je kyselina máselná a jiné udávají potravinám nepříjemnou chuť a vůni. Oxidačním žluknutí vznikají vedle hydroperoxidů i sekundární metabolity, které vyvolávají nepříjemnou chuť. Žluknutí ketonové je charakteristické pro máslo, kdy volné mastné kyseliny se enzymaticky oxidují za vzniku methylketonů, které potravině dodávají parfémovou příchuť. Chuťová reverze je reakce vyskytující se u olejů s obsahem linolenové kyseliny. Typickým projevem je vůně po trávě a slámě. Je způsobena deriváty furanu a jinými sloučeninami, které vznikají rozkladem hydroperoxidů [16,31].

Esterifikační reakce jsou reakce glycerolu nebo parciálních esterů s mastnými kyselinami. Reakce je katalyzovaná obvykle enzymově a to specifickými lipásami nebo neezymově kyselinami či zásadami. Za vysokých teplot může taktéž docházet k různým degradačním reakcím, při nichž dochází k dekarboxylaci mastných kyselin nebo se tvoří anhydridy mastných kyselin [16,31].

Rostlinné oleje slouží pro výrobu tukových násad margarínů a pokrmových tuků. Bod krystalizace je definován jako taková teplota vzorku, při níž se ve vzorku začnou vylučovat krystalky. Polymorfismus je schopnost látek se stejným chemickým složením krystalizovat v různých krystalických modifikacích. Při této nevratné reakci dochází k přechodu z jedné krystalické modifikace v druhou ve směru od nestabilní ke stabilnější. Vznik jednotlivých krystalických modifikací ovlivňuje složení a rychlost chlazení tuku. Mezi základní krystalické modifikace triacylglycerolů patří γ, α, β a β´. Jednotlivé krystalické modifikace se liší uspořádáním molekul TAG v krystalické mřížce. Změnou jednotlivých modifikací roste obvykle stabilita a snižuje se rozpustnost. Krystalické formy produktů jsou vhodnější pro transport a skladování. Krystalická fáze ovlivňuje vlastnosti produktu jako je vzhled, konzistence apod. Postupný přechod krystalických modifikací z nejméně stabilní po nejstabilnější je definován γ, α, β a β´. Silným podchlazením taveniny nejprve vzniká modifikace γ,

která je velmi nestabilní, též označovaná jako amorfní. Po přechodu do modifikace α vznikají nestabilní krystaly tenké, deskovité. Krystalová soustava je hexagonální. Modifikace β´ je označována jako metastabilní modifikace, krystaly jsou malé jehličkovité. Krystalická soustava je orthorombická. V této modifikaci krystalizuje především olej palmový, erukový, řepkový, hovězí lůj a mléčný tuk. Modifikace β je označována jako stabilní. Krystaly mají zrnitou strukturu. Krystalická soustava je triklinická. V této modifikaci krystalizuje olej sójový, olivový, řepkový, bezerukový, kokosový tuk apod. Důležitá je znalost detailní struktury triacylglyceridů obsažených v tucích a olejích. Především znalost délky a stupně nasycení mastných kyselin je důležitá, protože definuje některé z fyzikálních vlastností oleje. Teploty tání triacylglyceridů a krystalizační chování oleje ovlivňuje struktura a pozice mastných kyselin vázaných na glycerolu [32, 33,34].

II . PRAKTICKÁ ČÁST

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Materiál

Tabulka 1: charakteristika vzorku masa

Vzorek	Podmínky skladování:	Stáří	Dodavatel	Navážka vzorku (mg)
Vepřová kýta – horní šál	Chlazená (4 °C)	1 den po porážce	Jatka Holešov	10
	Mrazená (-18 °C)			12
	Mrazená (-77 °C)			9

Byl analyzován vzorek vepřového masa resp. vepřové kýty – horní šál. Stáří masa bylo deklarováno jako 1 den po porážce, přičemž maso bylo rozporcováno na 3 díly. 1. díl byl skladován za chladírenských podmínek (4°C), 2. díl byl zmrazen (-18 °C), 3. díl byl hluboce zmrazen (-77 °C). Vzorky byly měřeny na přístroji DSC Pyris 1. Přístroj byl před začátkem měření nejprve kalibrován na indium a zinek. Poté byly do hliníkových kelímků postupně naváženy jednotlivé vzorky a postupně vloženy do měřící cely přístroje. Program měření byl stanoven jako ohřev od 20 do 105 °C, rychlost ohřevu byla10 K/min.

Tabulka 2: Charakteristika vzorku řepného cukru

Vzorek	Podmínky skladování	Datum spotřeby	Výrobce	Navážka vzorku (mg)
Řepný cukr – krystal bílý zn. Korunní	Sucho, temno (20 °C)	01- 2015	Moravskoslezské cukrovary a.s.	12,7

Byl analyzován vzorek řepného cukru krystal. Vzorek byl skladován dle doporučení výrobce, tedy v suchu, temnu, při teplotě do 20 °C. Vzorek byl měřen na přístroji Netzsch STA 449 C, simultánní TGA/DTA.Před samotným měřením vzorku byla provedena kalibrace přístroje na indium a zinek. Poté byl do hliníkového kelímku navážen vzorek a pře-

vrstven Al2O3 z důvodu zabránění úniku vzorku do prostoru pícky a vložen do měřící cely přístroje. Byl nastaven teplotní program ohřevu od 40 do 600 °C. Rychlost ohřevu 10 K/min,atmosféra dusíku 50 ml/min.

Tabulka 3: Charakteristika vzorku škrobu

Vzorek	Podmínky skladování	Datum spotřeby	Výrobce	Navážka (mg)
Kukuřičný škrob zn. Gustin	Sucho, temno (20 °C)	01. 2015	Dr. Oetker	10

Byl analyzován vzorek kukuřičného škrobu. Vzorek byl skladován dle doporučení výrobce, tedy v suchu a temnu při teplotě do 20 °C. Vzorek byl měřen na přístroji Shimadzu DTG 60. Před začátkem měření byla provedena kalibrace přístroje. Poté byl navážen vzorek do aluminiového kelímku a vložen do měřící cely přístroje. Byl zadán teplotní program ohřevu od 40 do 600 °C. Rychlost ohřevu 10 °C/min, v atmosféře dusíku 50ml/min.

Tabulka 4: Charakteristika vzorků olejů a tuků

Vzorek	Podmínky skladování	Datum spotřeby	Distributor	Složení	Navážka (mg)
Sezamový olej zn. DELUXE	Sucho, temno (15 °C)	05-2015	Lidl ČR	Jednodruhový čistý, ze sezamových semen	14,2
Ořechový olej zn. DELUXE	Sucho, temno (15 °C)	03-2015	Lidl ČR	Jednodruhový čistý, z Lískových ořechů	19,5
Olivový olej EXTRA VIRGIN	Sucho, temno (15 °C)	07-2015	Lidl ČR	Jednodruhový čistý, z oliv	14
Slunečnicový olej zn. Premium	Sucho, temno (15 °C)	10-2015	Lidl ČR	Jednodruhový, čistý, ze semen slunečnice	18
Vzorek	Podmínky skladování	Datum spotřeby	Výrobce	Složení	Navážka (mg)
Máslo. Dr. Halíř	Chlazené (4 °C)	06-2014	Mlékárna Čejetičky, spol. s.r.o.	Deklarovaný obsah tuku 82 %	19,3
Margarín	Chlazený (4 °C)	07-2014	Unilever ČR, spol. s.r.o.		19

Složení : margarín - rostlinný olej, rostlinný tuk, voda, sušená syrovátka, jedlá sůl, E471-mono- a diglyceridy mastných kyselin, slunečnicový lecitin, sorban draselný, kyselina citronová, vit. A, D, E, B6, B12, kyselina listová, aroma, E160a(ii) - beta-karoten.

Byly analyzovány různé druhy vzorků olejů. Oleje byly skladovány dle doporučení výrobce v suchu, temnu, za nepřístupu vzduchu při teplotě do 15 °C. Vzorky byly měřeny na

přístroji DSC Pyris 1. Přístroj byl před začátkem měření nejprve kalibrován na indium a zinek. Poté byly postupně naváženy vzorky do hliníkových kelímků a jednotlivě proměřeny v DSC. U olejů byl zadán teplotní program chlazení od 46 do -70 °C. Rychlostohřevu 10K/min.

Byly analyzovány vzorky tuků. Jednalo se o vzorek másla a margarínu. Oba vzorky byly nejprve přepuštěny. Tedy zahřáty a poté zchlazeny a nadále uchovávány dle doporučení výrobce, tedy při teplotě okolo 4 °C v uzavřeném obalu za nepřístupu vzduchu. Vzorky byly měřeny na přístroji DSC Pyris 1. Před začátkem měření byl nejprve stroj kalibrován na idium a zinek. Poté byly postupně naváženy vzorky do hliníkových kelímků a postupně proměřeny. Teplotní program byl zadán jako chlazení od 50 do -70 °C a poté ohřev z – 70 do 50 °C. Rychlost ohřevu byla 5K/min,atmosféra dusíku 50 ml/min.

4.2 Použité přístroje

Pyris 1 DSC diferenční skenovací kalorimetr, zn. Perkin Elmer

Pyris 1 DSC Diferenční skenovací kalorimetr je přístroj s kompenzačním výkonem řazený mezipřední DSC. Řízení přístoje probíhá ze standardního PC a standardního softwaru Microsoft Windows NT, který nastavuje standard pro vysoce výkonné DSC. Unikátní kompenzační výkon systému umožňuje rychlé a přesné kvantitativní analýzy DSC. Pyris 1 DSC nabízí velmi rychlé, řízené vytápění a chlazení. Zároveň umožňuje rychlou kalibraci a stálé rovnovážné podmínky pro izotermickou analýzu. Využívá se při složitých analýzách DSC.Výkonný PyrisTM Software pro Windows se využívá pro náročné aplikace v oblasti výzkumu a vývoje [35].

Pyris 1 DSC také nabízí několik chladících příslušenství a výsledky zpracovává bez nutnosti použití sušícího boxu. Pyris 1 DSC má velmi vysoký výkon.Pyris 1 DSC umožňuje bezobslužný provoz, automaticky načte vzorek a zahájí experiment[35].

Dávkování vzorku:Vzorek se rovnoměrně dávkuje do hliníkových pánviček. Důležité je dokonalé rozprostření vzorku na dno pánvičky, přičemž vzorek byměl mít ve všech částech pánvičky sahat do přibližně stejné výšky. Navážka vzorku k DSC analýze činí od 10 – 20 mg, dle typu vzorku.

Obr. 3: Pyris 1 DSC [36].

DTG Shimadzu 60

TG / DTA umožňuje snadný a rychlý provoz.Vykazuje vysokou citlivost a analytickou přesnost.Využívá se především při měřeních ,kde je nutná flexibilita a vysoký výkon. Atmosféra při analýze je programovatelná. Stejně jako v DSC, TA-60WS poskytuje pokročilé analýzy a funkce, které zajistí pohodlné simultánní měření [37].

DTG-60 je simultáníTG/DTA analyzátor, který definuje nové standardy v technologiích. Přístroj pracuje v teplotním rozmezí 20°C – 1100°C v atmosféře vzduchu nebo inertního plynu (N_2) a zaznamenává úbytek hmotnosti vzorku. Maximální navážka vzorku je 1g. Vzorek je vážen s přesností na 0,0001mg s měřícím rozsahem ± 500mg. Vzorek může být pevného nebo kapalného skupenství a nesmí během zahřívání uvolňovat toxické látky nebo degradovat na korozivní produkty. Detektorem je termočlánek Pt + 10% Pt/RH. Měření probíhá s přesností ± 1% [37].

Dávkování vzorku:

Vzorky se rovnoměrně dávkují do aluminiových pánviček. Nutné je rovnoměrné roprostření vzorku v tenké vrstvě. Především je důležitá přibližně stejná výška vzorku ve všech částech pánvičky.

Obr. 4: Shimadzu DTG 60 [37].

Netzsch 449 C

Umožňuje současné použití Termogravimetrie (TG) a diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) na jeden vzorek v přístroji STA, poskytuje tím více informací než samostatné aplikace ve dvou různých přístrojích. Zkušební podmínky jsou naprosto stejné pro TG a DSC signály (stejná atmosféra, průtok, tlak par na vzorek, vytápění, radiační efekt, atd.).Výsledkem měření jsou lepší informace o získaném signálu, protože dvě nebo více informací o chování vzorku jsou vždy současně k dispozici (rozlišení mezi fázovými přeměnami a rozkladem, mezi adiční a kondenzačních reakcí, pyrolýzou, oxidací a spalovacími reakcemi, atd.)[35].

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky

Tabulka 5:výsledky DSC masa

Vzorek	Peak (°C)
Vepřová kýta –horní šál – chlazená (4 °C)	65,3
Vepřová kýta – honí šál – mrazená (-18 °C)	----------
Vepřová kýta – horní šál – mrazená (-77 °C)	----------

Tabulka 6: výsledky DSC řepný cukr krystal

Vzorek	Peak (°C)
Řepný cukr – krystal bílý	197,3
	230,3

Tabulka 7: výsledky TGA řepný cukr krystal

Řepný cukr krystal – bílý	Onset (°C)
	222,4

Tabulka 8: výsledky DTA kukuřičný škrob

Vzorek – kukuřičný škrob	Peak (°C)
	70,9

Tabulka 9: výsledky TGA kukuřičný škrob

Vzorek – kukuřičný škrob	Inflect. (°C)
	313
	377

Tabulka 10: výsledky DSC olejů

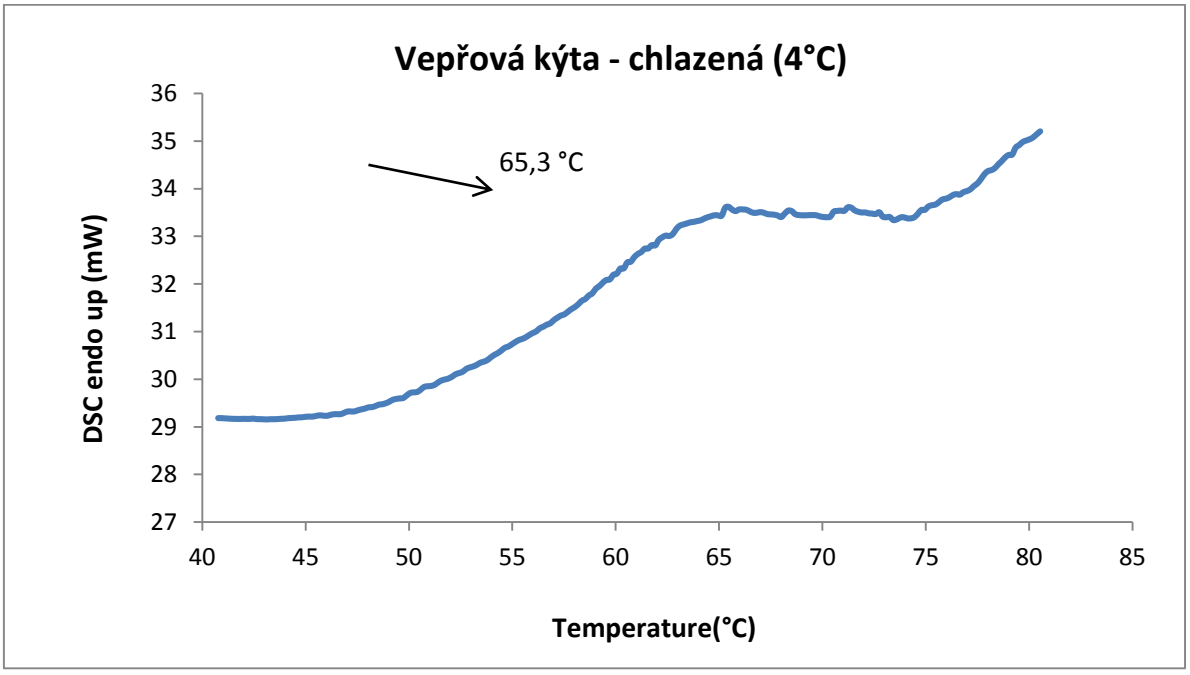
Vzorek	Peak (°C)	ΔH (J/g)
Sezamový	-38,6	-3,3
Slunečnicový	-38,6	-2,4
Olivový	-39,6	-40,9
Ořechový –lískový	-43,1	-50,2

Tabulka 11: výsledky DSC tuků

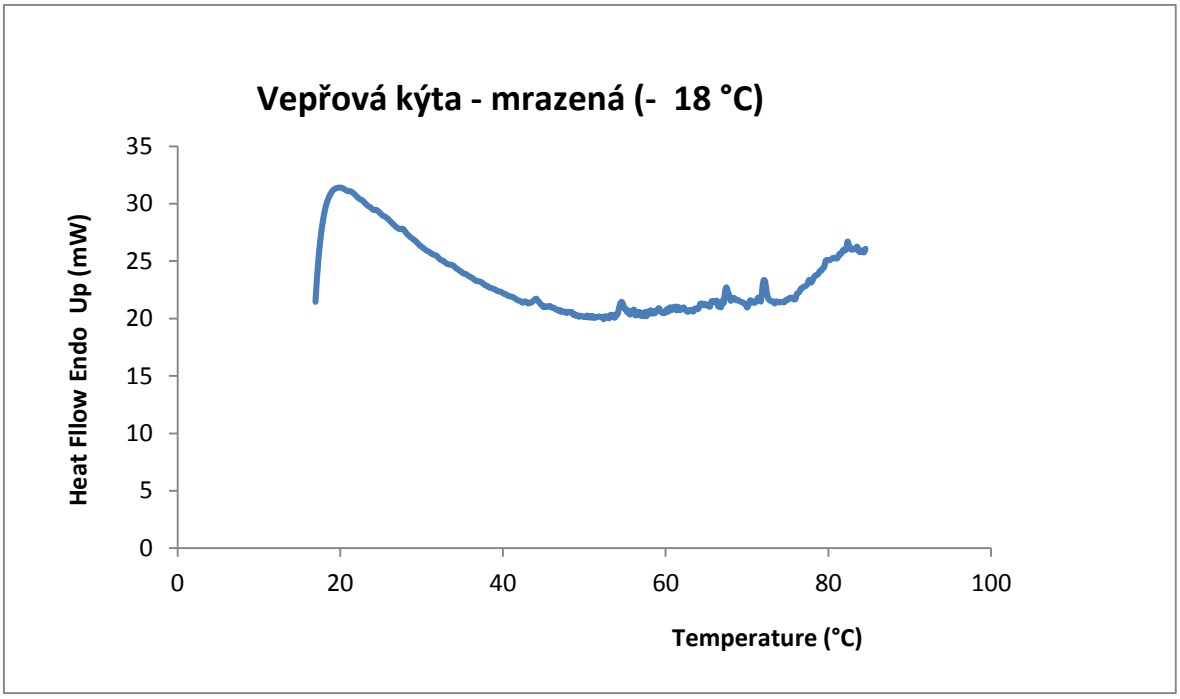
Vzorek- máslo	Peak (°C)	ΔH (J/g)
Chlazení (od 50 do -70 °C)	-10,9	-11,6
	-15,3	-27,6
Ohřev (od -70 do 50 °C)	0,4	21,8
	16,7	7,3

Tabulka 12: výsledky DSC

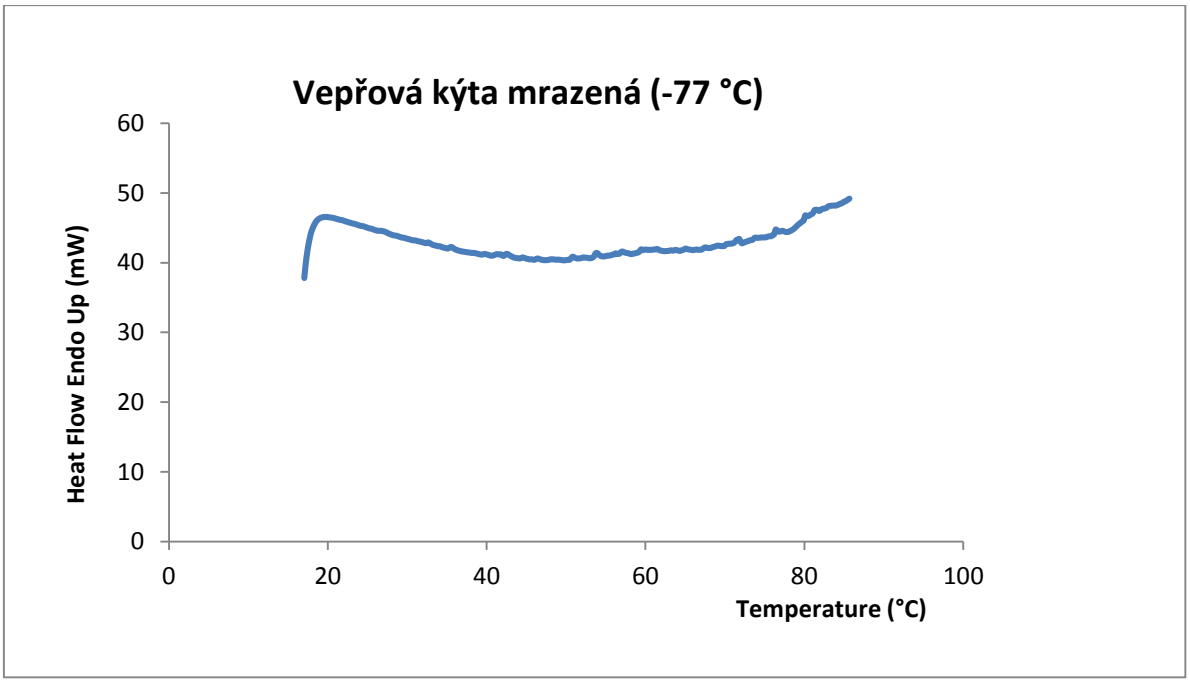
Vzorek – margarín	Peak (°C)	ΔH (J/g)
Chlazení od 50 do -70 °C	17,8	-2,9
	-17,2	-14,9
	-19	-5,5
	-21	-13,9
	-37,9	-7,2
	-52	-1,6
Ohřev od -70 do 50 °C		
	-23,9	9,7
	1,8	27,2



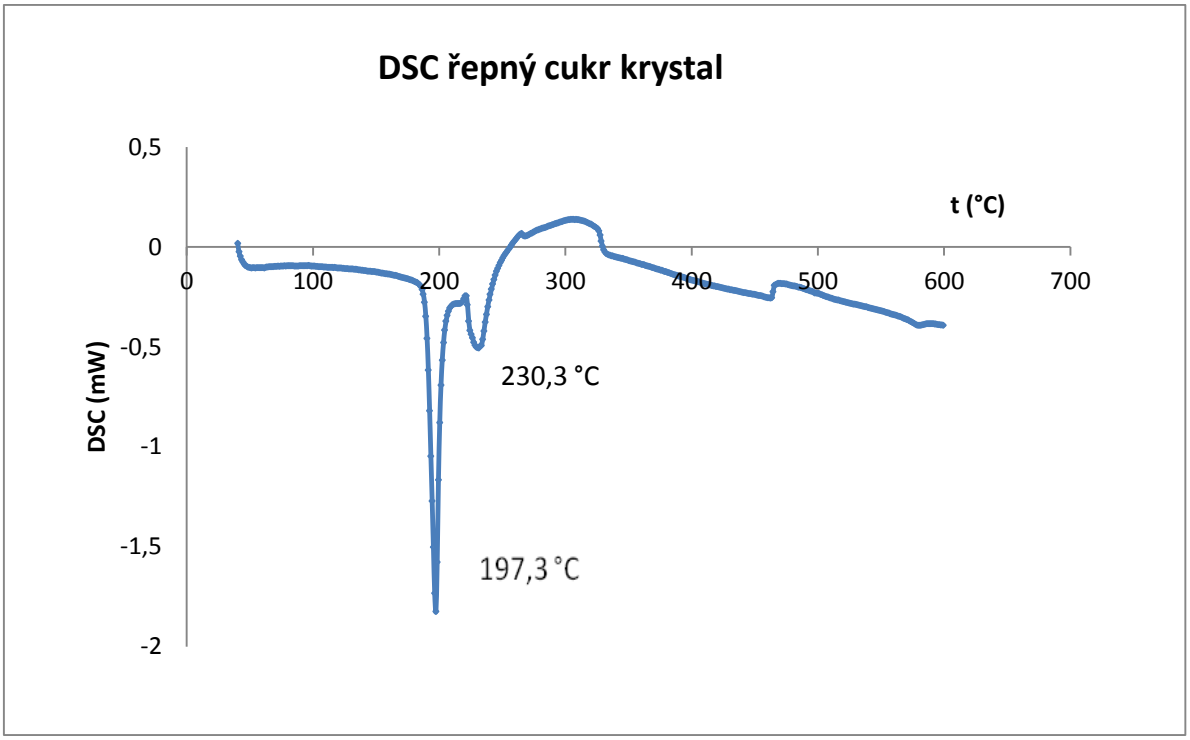
Obr. 5. DSC vepřové maso chlazené (4°C)



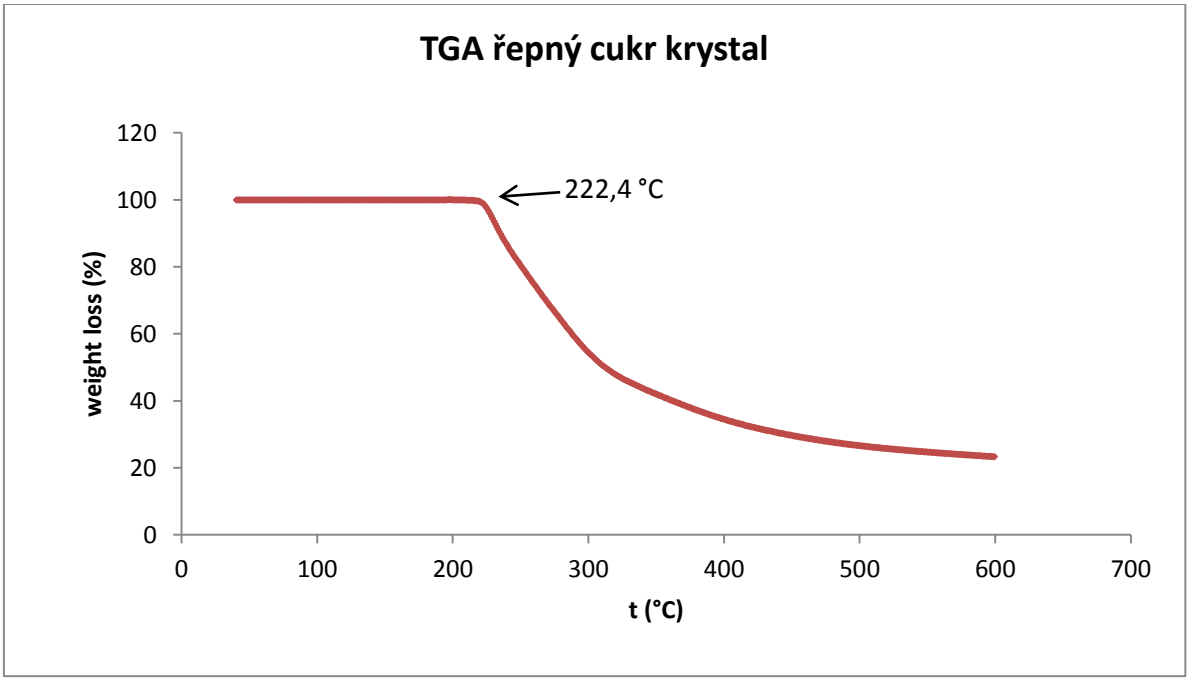
Obr. 6. DSC vepřové maso mrazené (-18 °C)



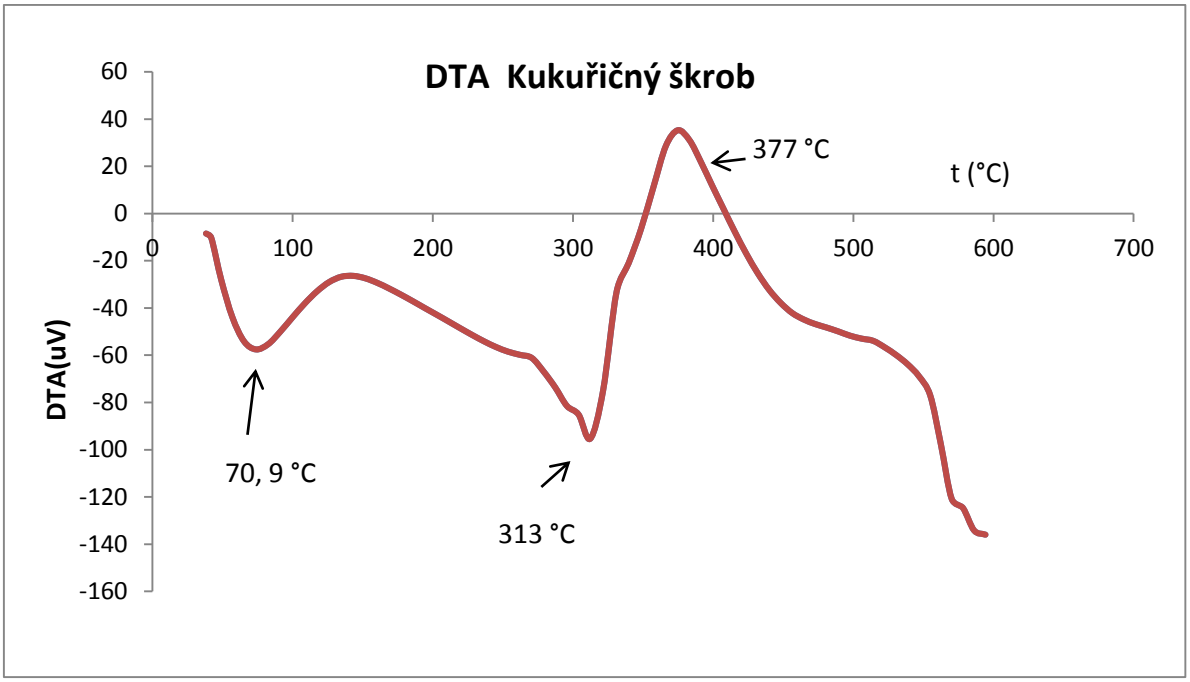
Obr. 7. DSC vepřové maso mrazené (-77 °C)



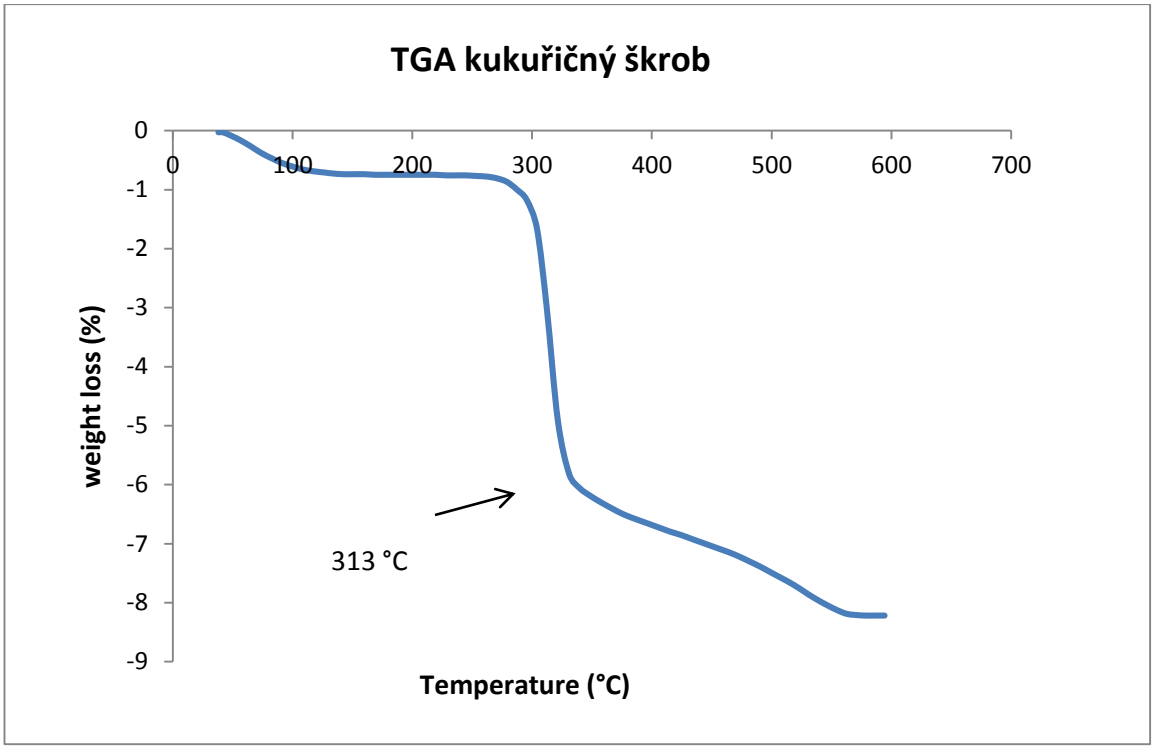
Obr. 8. DSC řepný cukr krystal



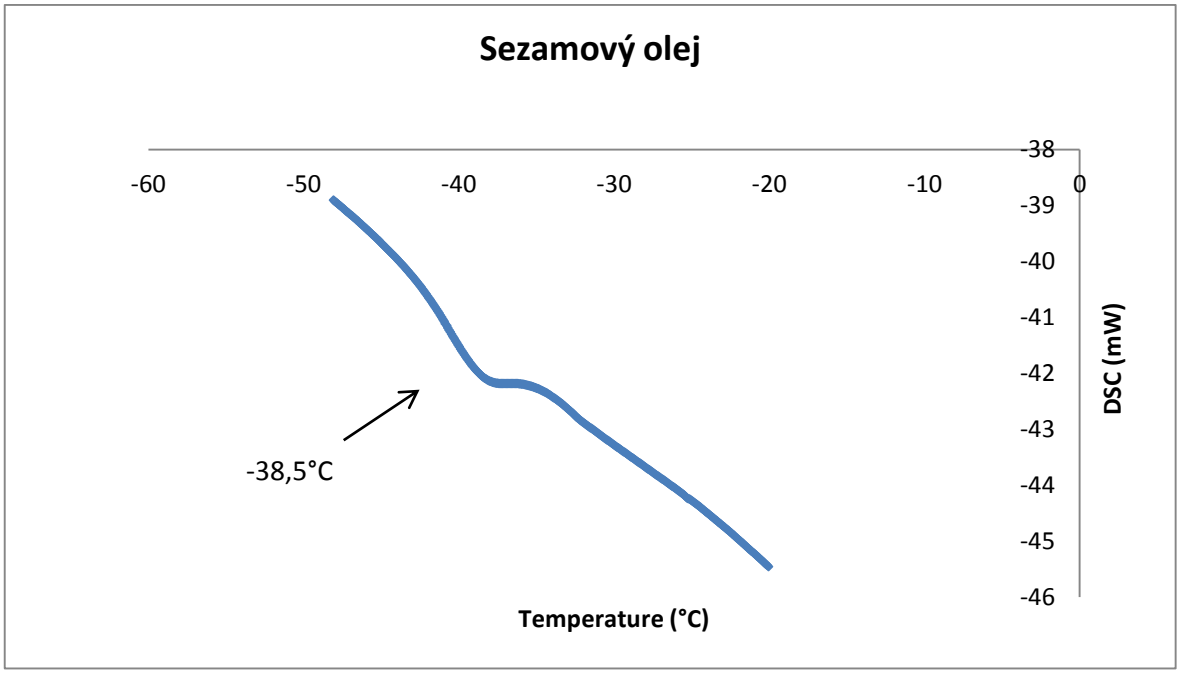
Obr. 9. TGA řepný cukr krystal



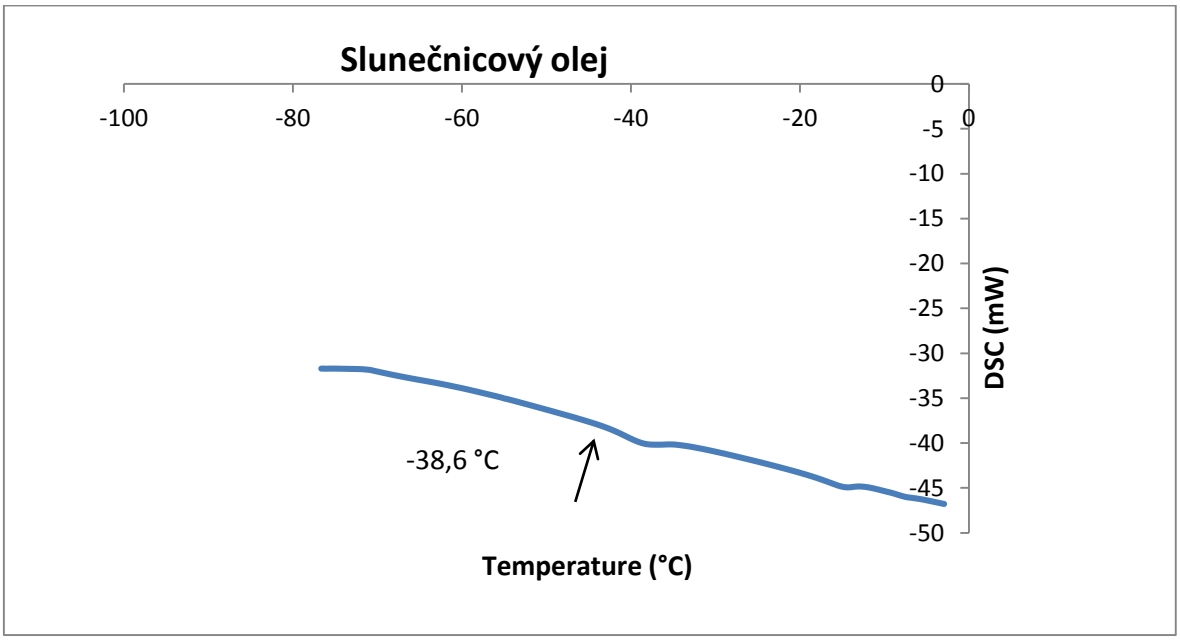
Obr. 10. DTA kukuřičný škrob



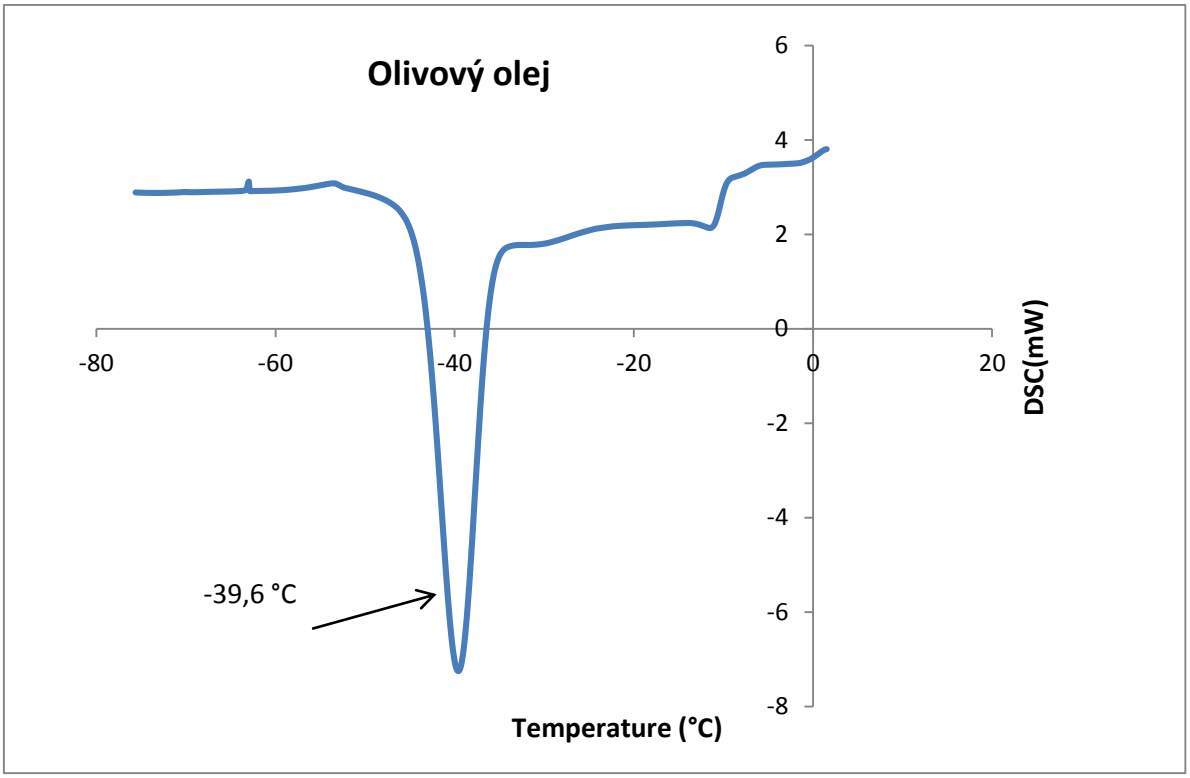
Obr. 11. TGA kukuřičný škrob



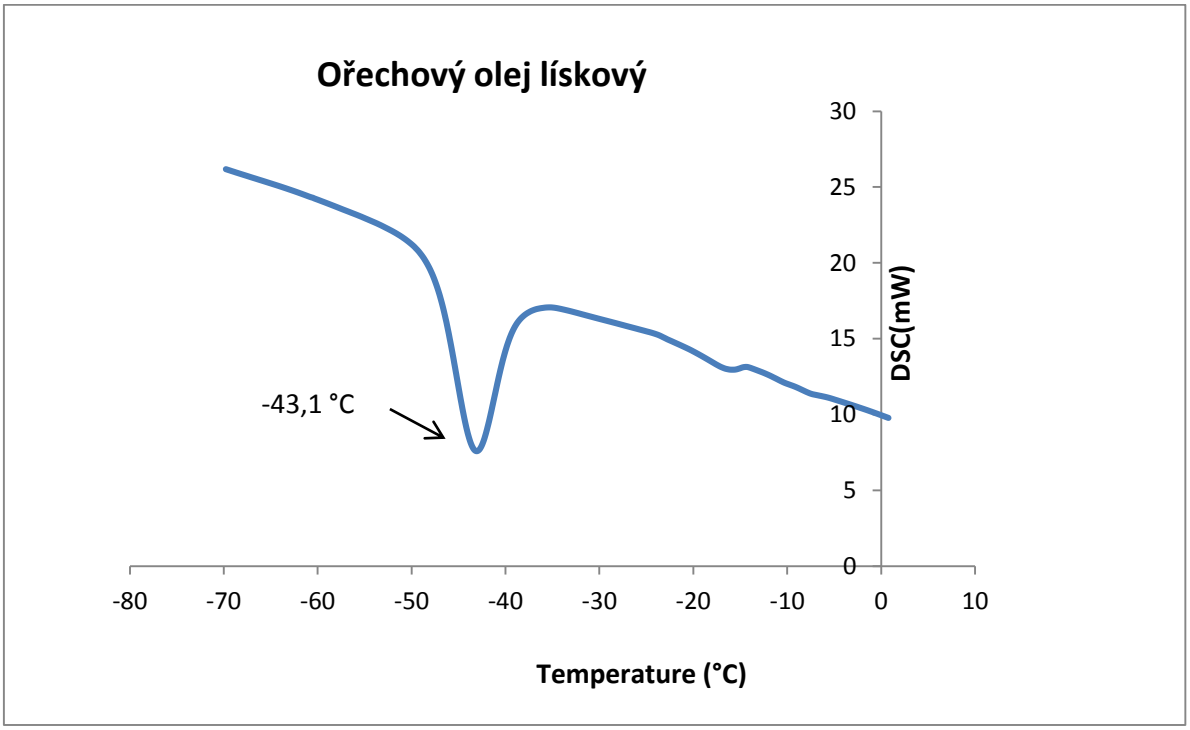
Obr. 12. DSC sezamový olej



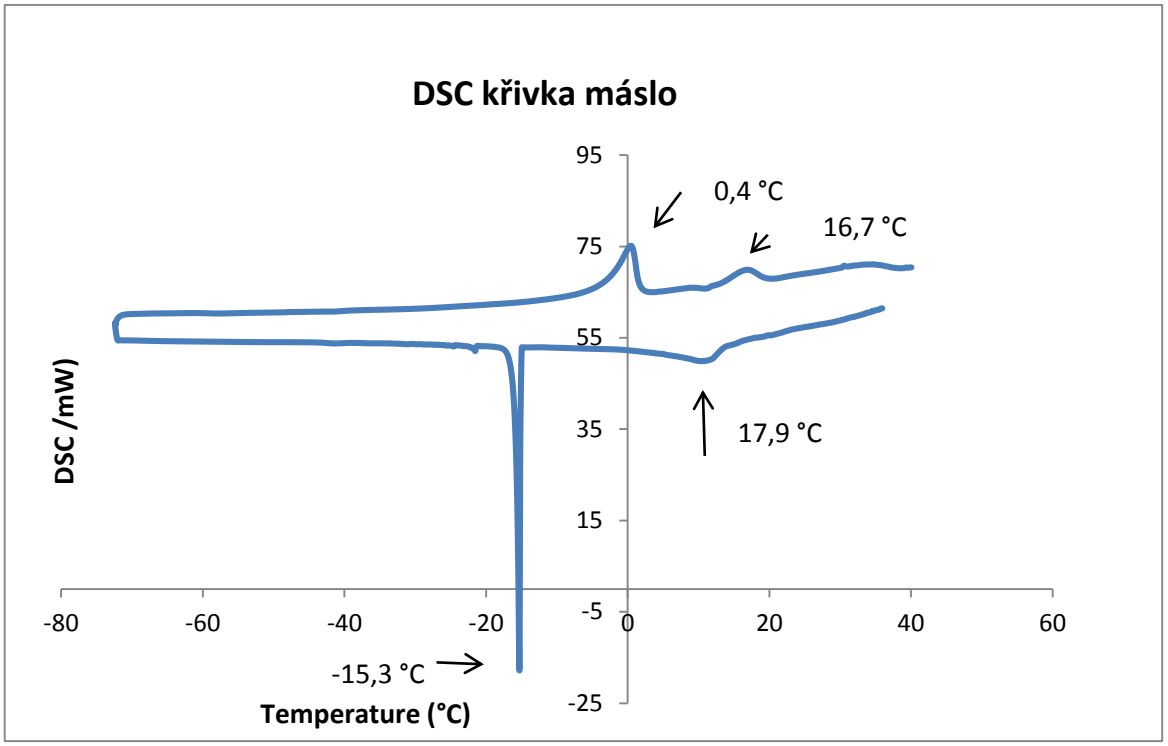
Obr. 13. DSC slunečnicový olej



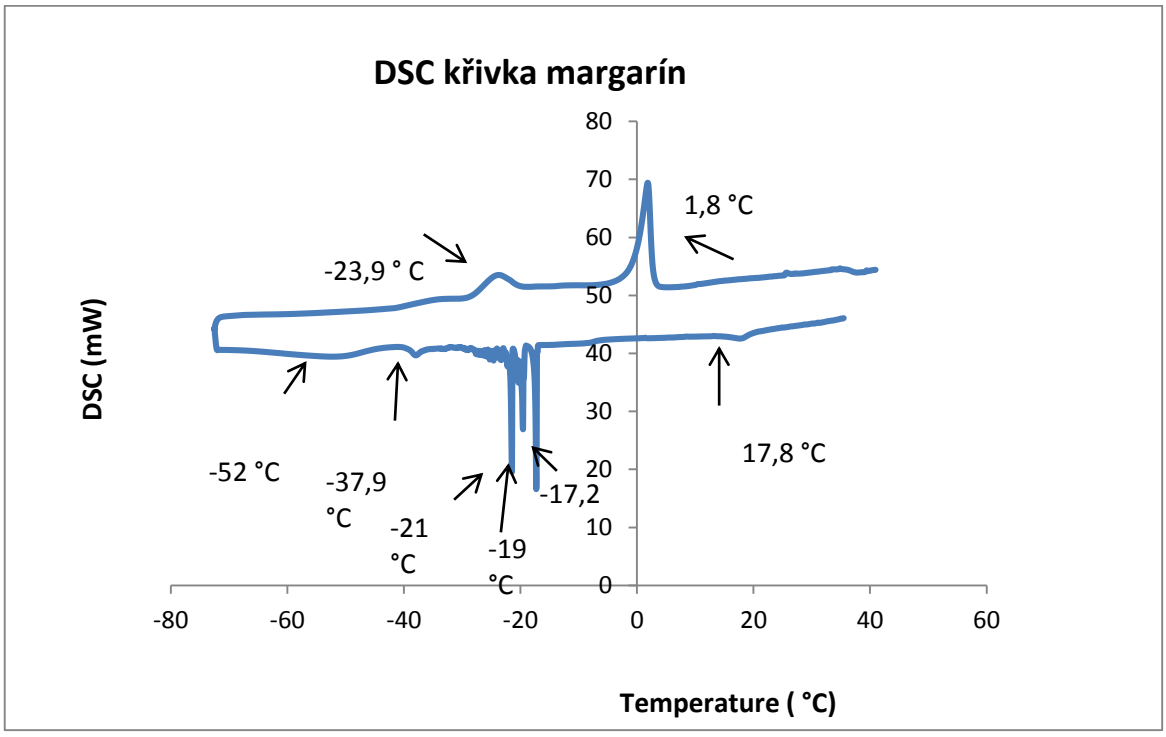
Obr. 14. DSC olivový olej



Obr.15. DSC ořechový olej – lískový



Obr.16. DSC máslo



Obr. 17. DSC margarín

5.2 Diskuze

5.2.1 Vepřové maso – chlazené (4 °C)

Maso z hlediska chemického je složenopřevážne z vody, jejíž obsah dosahuje až 57 %, z proteinů, jejichž obsah se pohybuje okolo 15% a z tuku jehož obsah se pohybuje okolo 25 %. Obsah jednotlivých složek je různý a je ovlivněnpředevšímdruhem masa, částí z které pochází, stářím a výživou zvířete, zpracováním a dalšími faktory. Denaturace proteinů je děj endotermní, který nastává při teplotách od 60 do 75 °C. Na obrázku 5 zobrazující grafický záznam DSC analýzy byl zaznamenán pík při teplotě 65,3 a lze tedy předpokládat, že při této teplotě došlo k denaturaci. Denaturace však nastává postupně. Při tepelném opracování masa dochází působením postupně se zvyšující teploty k různým dějům. Obecně lze předpokládat, že při působení teploty okolo 35 °C dochází k asociaci sarkoplazmatických bílkovin, ke zvýšení tuhosti a snížení vaznosti. Při teplotách okolo 45 °C dochází k viditelnému zkrácení svaloviny následkem denaturace myosinu. Při teplotách okolo 50 -55 °C dochází k denaturaci aktinu a při teplotách okolo 55 -65 °C dochází k denaturaci sarkoplazmatických bílkovin a k celkové denaturaci proteinů. Při srovnání s jinými studiemi, kdy byla aplikována DSC analýza taktéž na čerstvé vepřové maso, byl denaturační pík zaznamenán celkem dvakrát. Poprvé při teplotě 58.6 °C, kdy pravděpodobně došlo k denaturaci myosinu. Druhý pík byl zaznamenán při teplotě 64,6 °C, kdy došlo k denaturaci sarkoplazmatických bílkovin. Lze tedy konstatovat, že druhá teplota se téměř shoduje s teplotou zaznamenanou v tomto měření [16,38,40,41,59].

5.2.2 Vepřové maso – mrazené (-18 °C)

Zmrazování potravin se obecně používá k zachování mikrobiologické nezávadnosti potravin a s tím související prodloužení trvanlivosti. Technologie zmrazování patří k moderním způsobům konzervace potravin. Během zmrazování potravin se však mění jak chemické, tak senzorické vlastnosti. Při procesu zmrazování se voda obsažená v potravině mění na krystalky ledu. Toto působení má však pozitivní i negativní dopady. Vlivem zvětšeného objemu ledových krystalků dochází i k vyššímu osmotickému tlaku, který působí na buňky mikroorganismů a omezuje jejich životní pochody. Negativním dopadem však je poškození živočišných tkání právě zvýšeným tlakem, důsledkem čehož pak potravina po rozmrazení uvolňuje více vody. Led má asi o 1/11 větší objem než voda, což způsobuje poškození tkání a pletiv. Rozmrazená potravina pak uvolňuje více vody a po rozmrazení dochází ke

zkáze potraviny mnohem rychleji než u potraviny nemrazené. Při uvolňování vody taktéž dochází ke ztrátě významných nutričních látek. S vytékající vodou z potraviny odchází rozpuštěné bílkoviny, chuťové a nutričně cenné látky. Všechny tyto reakce, jak dehydratace koloidů, tak poškození živočišné tkáně může u vzorku masa způsobit částečnou denaturaci proteinů, následkem čehož pak píky na termografu DSC analýzy nebudou tak výrazné nebo nebudou zachyceny vůbec.Poměr ledových krystalků k vodě, která je v potravině obsažena v nezmrzlém stavu je při teplotách pod bodem mrazu různý. Při teplotě -7 °C je již většina vody přeměněna v led, ovšem koloidní systémy potravin si i při mrazírenských teplotách udržují část nezmrzlé vody v tekutém stavu. Vymrzání vody může způsobit až nevratnou dehydrataci koloidů.Teplotní pásmo definované jako pásmo maximální tvorby ledových krystalů je stanoveno v rozmezí teplot - 6 až -8 °C. Právě při této teplotě je důležité, aby zmrazování probíhalo co nejrychleji, neboť při rychlém zmrazování se tvoří malé ledové krystalky. Rychlým zmrazováním se vytvoří velké množství krystalizačních jader a krystalky nemají čas narůst. Při rozmrazování se pak voda vznikající táním krystalků stačí navázat zpět na koloidy a nedochází k tak významným nežádoucím změnám. Celkové hmotnostní ztráty jsou pak až o 38 % nižší než při pomalém zmrazování [39,40,41].

Na obrázku 6 zobrazující grafický záznam DSC analýzynejsou viditelné žádné píky. Při zmrazování pravděpodobně došlo ke tvorbě větších ledových krystalů. Při táníkrystalů působením zvyšující se teploty při DSC analýze pravděpodobně došlo k poškození tkáně spojenou s denaturací a dehydratací koloidů. Po srovnání s jinými studiemilze konstatovat, žepravděpodobně došlo k denaturaci proteinů, proto při DSC analýze nebyly zaznamenány žádné píky, které by vykazovaly denaturaci masa, neboť k denaturaci již došlo během zmrazování a struktura masa tedy byla narušena [39,40].

5.2.3 Vepřové maso hluboce mrazené (-77 °C)

Potraviny zmrazené hluboce pod bodem mrazu patří v mrazírenských technologiích mezi moderní metody konzervace potravin. Voda v potravinách bývá přitomna jako voda volná a vázaná na ionty či koloidy. Volná voda přítomna v potravině je hlavním důvodem kažení potravin, neboť je volná pro reakce, které způsobují kažení potravin. Velké množství volné vody obsahují potraviny neúdržné, snadno podléhající zkáze. Fyzikálně vázaná voda přítomná v potravinách může být dále dělana podle velikosti a typu síly, kterou je ovládána na vodu krystalizační a adsorpční, kapilární a konstituční. Kapilární voda bývá přítomna v kapilárních pórech ovládána kapilárními silami. Konstituční voda bývá vázána do jednot-

livých složek potravin. Nejčastěji bývá vázána vodíkovými můstky na bílkoviny či jiné organické látky, přičemž vnější vrstvy vody bývají vázány méně pevně než vnitřní. Vnitřní vrstva vody bývá označována jako pravá hydratační voda. Každé teplotě přísluší rovnovážné procento zmrzlé vody v potravině. Kryohydratický bod tzv. eutektická teplota je definována jako teplota, při níž došlo ke zmrznutí posledního zbytku tkáňové vody v potravině. U většiny potravin je definována při teplotě - 55 až – 65 °C. V potravině se tedy při této teplotě nenachází již žádná voda v tekutém stavu, ale veškerá přítomna voda je přeměněna v ledové krystalky. Tlak při této teplotě je tedy vyšší než při běžných mrazírenských teplotách. Potraviny takto zmrazené mohou být podstatně déle skladovány, neboť tlak působící na mikroorganismy je pro ně velmi nepříznivý. Mikroorganismy nemají k dispozici žádnou volnou vodu nezbytnou pro jejich životní pochody. Na druhou stranu tento tlak způsobuje intenzivnější poškození tkání a roslinných pletiv, obzvlášť pokud se vytvoří větší množství velkých ledových krystalků. Na obrázku 7 zobrazující grafický záznam DSC analýzy ukazuje záznam termogramu DSC analýzy, kdenebyl zachycen žádný signál ve formě píků. Lze předpokládat, že denaturace masa nenastala při samotném zahřívání během DSC analýzy. Samotnou denaturaci bílkovin způsobilo hluboké zmrazení vzorku a převážně pomalé zmrazování v rozmezí teplot 0 až – 10 °C, kdy dochází k maximální tvorbě ledových krystalků. Tím došlo k poškození živočišné tkáně, dehydrataci koloidů a pravděpodobně i k denaturaci bílkovin. DSC analýzy lze v potravinářství využít ke kontrole úpravy masa a lze určit, zda se jedná o maso čerstvé chlazené, nebo maso hluboce zmrazené [39,40,41].

5.2.4 Řepný cukr krystal

Řepný cukr se získává z cukrové řepy. V ČR je hlavním průmyslovým zdrojem sacharosy cukrová řepa.Sacharosase vyrábí z bulev cukrové řepy, přičemž bulva obsahuje přibližně 17 % sacharosy. Sacharosa se z řepných řízků získává vyslazováním horkou vodou, přičemž se takto získaná šťává musí vyčiřit a to přidáním vápenného mléka. Tímto procesem se oddělí všechny nečistoty neboli necukry, které by mohly bránit krystalizaci roztoku. Opakovanou krystalizací se pak získá surový cukr, který obsahuje až 96 % sacharosy. Jedná se o hnědý cukr, který se dále čistí afinací či rafinací na výsledný bílý cukr, který obsahuje až 99,8 % sacharosy. Sacharosa je jednou z nejrozšířenějších čistých chemických látek vyráběných na celém světě. Z chemického hlediska je to disacharid skládající se z jedné molekuly glukosy a jedné molekuly frukrosy pojený glykosidickou vazbou. V čistém stavu se jedná o bílou krystalickou látku sladké chuti, přičemž jednotlivé krystaly

jsou bezbarvé. Sacharosa slouží jako standard sladivosti. Sacharosa nemá volný polocacetalový hydroxyl, proto se jedná o neredukující cukr [43].

Záhřevem cukrů dochází k mnoha chemickým reakcím.Sacharosa je dobře rozpustná ve vodě a při zahřívání nad 160 °C taje a mění se v karamel. Rozsah teploty tání je pro jednotlivé druhy sacharosy různý a pohybuje se v rozmězí teplot od 160 do 200 °C. Snížená teplota tání sacharosy se vyskytuje u vzorků, které obsahují více nečistot. Pomocí DSC analýzy lze tedy nejen stanovit jednotlivý druh cukru, ale lze také stanovit čistotu vzorku. Čistotu lze hodnotit podle nežádoucí změny charakteristické teploty tání jednotlivých láteknebo podle změny tvaru endotermního píku tání krystalické látky. Pokud je vzorek látky jen mírně znečistěný, její teplota klesá a charakteristická edoterma se rozšiřuje nebo snižuje. Hodnocení čistoty pomocí DSC analýzy má několik značných výhod a to především vysokou citlivost a malé navážky vzorku. Samotná reakce cukrů zvaná karamelizace, je proces kdy dochází ke vzniku hnědých až hnědočerných produktů zvaných karamel. Jedná se o reakci neenzymového hnědnutí. Karamel vzniká při zahřívání cukrů na teploty vyšší než 120 °C. Zpravidla se jedná o teploty okolo 150 – 190°C. Nejvíce 240 °C. Suroviny pro výrobu karamelu jsou nejčastěji sacharosa, glukosa, fruktosa, škrobový sirup. U fruktozy dochází ke karamelizaci již okolo 110 °C, u glukosy okolo 160 °C a u sacharosy taktéž okolo 160 °C, u maltosy okolo 180 °C.Karamely se v potravinářském průmyslu používají k barvení piva, alkoholických a nealkoholických nápojů, pekařských a masných výrobků, cukrovinek apod. Reakce probíhající při karamelizaci jsou obdobné jako při Mailliardově reakci. Při karamelizaci však nevznikají až na některé výjimky dusíkaté sloučeniny. Karamel obsahuje jak vysokomolekulární látky, tak velké množství nízkomolekulárních látek, především nezreagované sacharidy, kyseliny, anhydridy cukrů, deriváty furanu a fragmenty cukrů. Nízkomolekulární látky slouží převážně jako prekurzory pro vznik hnědých pigmentů melanoidinů[16,44].

Na obrázku 8 zobrazujícígrafický záznam termogramu z DSC analýzy, lze pozorovat první pík vyjadřující endotermní děj tání při teplotě 197,3 °C, kdy vzorek energii absorboval, tudíž lze předpokládat, že při této teplotě dochází ke karamelizaci sacharosy.

Tato teplota ve srovnání s jinými studiemi odpovídá teplotě karamelizace a lze konstatovat, že dokazuje, že se jednalo o vzorek řepného cukru s optimální čistotou. Teplota nižší by naopak vypovídala, že se nejedná o vzorek sacharosy nebo se jedná o vzorek nečistý, např. kontaminovaný necukry, s neoptimální vlhkostí apod. Podle výše teploty karamelizace by se dalo určit o jaký vzorek sacharidu se jedná. Při teplotách okolo 110 °C by se např. jed-

nalo o DSC křivku fruktózy. Pokud by se teploty pohybovaly okolo 160 °C i nižší např. okolo 150 °C, jednalo by se o vzorek kontaminovaný organickými nebo anorganickými sloučeninami. Mezi nejběžnější kontaminanty, které snižují pík tání patří především minerální soli. Druhý pík zaznamenaný na DSC křivce byl zaznamenán při teplotě 230,3 °C. Při této teplotě již dochází k postupné degradaci sacharidu. Při dalším zvyšování teploty dochází ke štěpení uhlíkové kostry a k následné oxidaci vzniklých fragmentů až na výsledný CO_2 a H_2O [45].

Termogravometrická analýza je proces, při kterém je vzorek vystaven teplotnímu režimu postupně zvyšující se teploty, přičemž se sleduje změna hmotnosti navážky vzorku. Grafický záznam tedy vyjadřuje závislost aktuální hmotnosti na teplotě resp. na čase. TGA tedy umožňuje zjišťování teplotních intervalů, při nichž dochází k rozkladným reakcím. Při jednotlivých teplotních intervalech dochází k úbytkům hmotnosti, z nichž lze stanovit složení nebo kvantitativní zastoupení různých složek ve vzorku.Na obrázku 9 zobrazující grafický záznam TGA analýzy je zobrazena křivkavyjadřující závislost úbytku hmotnosti vzorku v % na postupně se zvyšující teplotě. Rozklad vzorku spojený s úbytkem hmotnoti nastal při teplotě 222,4 °C, onset.V porovnání s DSC analýzou je tedy zřejmé, že postupný rozklad vzorku nastává při teplotě vyšší než 220 °C. Tepelný rozklad je fyzikálně- chemický děj, který vzniká působením teploty, která převyšuje mez chemické stability materiálu. Postupně se zvyšující teplotou dochází ke štěpení makromolekulárních látek. Dochází k postupnému sušení, které je spojeno s odpařováním vzniklé vody, následuje postupný rozklad nízkomolekulárních látek, který je spojený s postupným rozpadem uhlíkového řetězce, následně dochází k oxidaci vzniklých produktů. Následkem všech po sobě jdoucích reakcích je úbytek hmotnosti měřeného vzorku. Konečnými produkty termického rozkladu, který nastává při teplotách okolo 500 °C až 1200 °C dle charakteru analyzované látky jsou pyrolytické plyny a pyrolytické oleje vzniklé kondenzací par organických látek [46].

5.2.5 Kukuřičný škrob

Škrob patří mezi rostlinné polysacharidy, přičemž v rostlinnách slouží jako zásobní zdroj energie. Vyskytuje se v podobě zrn různé velikosti a struktury v závislosti na druhu rostliny.Zrna se vyskytují ve volné formě, nejsou tedy chemicky ani fyzikálně vázaná na jiné složky, což umožňuje jejich poměrně dobré získávání. Mezi nejvýznamnější plodiny, ze kterých se škrob nejvíce získává, patří brambory, kukuřice a pšenice. Mezi jednotlivými

druhy škrobu je však značný rozdíl ve kvalitě získaného škrobu. Bramborový škrob se získává z hlíz, nachází se tedy v prostředí s převahou vody. Tato škrobová zrna jsou velká, nakypřelá a polydisperzní. Kukuřičný a pšeničný škrob se naopak získává ze zrn. Tato škrobová zrna se nachází v prostředí suchém, kde obsah vody činí nejvýše 20 %. Škrobová zrna jsou malá, monodisperzní. Škrob se taktéž liší z hlediska chemického složení zejména tedy podle různého podílu amylosy a amylopektinu. Škrob se využívá v mnoha odvětvích průmyslu a to především v potravinářském, kvasném. Také ve farmacii, k výrobě lepidel, nátěrů apod. [16,47].

Technologie získávání a výroby kukuřičného škrobu se liší od technologie zpracování a výroby škrobu bramborového nebo pšeničného. Z hlediska chemického složení kukuřičné zrno průměrně obsahuje 56 % škrobu, 18 % vody, 8,2 % bílkovin, 3 % tuků, 5 % pentosanů, 2,4 % vlákniny, 1,5 % popelovin. Technologie výroby kukuřičného škrobu spočívá v máčení kukuřičného zrna za přídavku roztoku kyseliny a při teplotě okolo 50 °C. Je nutné, aby došlo k částečné hydrolýze endospermu a ke změknutí zrna. Takto upravené zrno se pak dále zpracovává a to hrubým drcením, dále dochází k separaci klíčků. Následuje jemné mletí drti a vypírání škrobu. Získaný škrob však obsahuje i bílkoviny, proto je nutná důkladná rafinace škrobu. Nakonec následuje předsoušení a sušení získaného škrobu. Vedlejšími produkty při výrobě škrobu jsou bílkovinný koncentrát tzv. gluten, klíčkový olej, pokrutiny, kukuřičné mláto a cornsteep využívaný pro přípravu fermentačních půd. Získaný škrob je bílý prášek bez vůně a chuti. Ve studené vodě nerozpustný [16,47].

Při aplikaci TG analýzy dochází vlivem teploty k mazovatění škrobu tvoří se tedy škrobový maz, přičemž teplota mazovatění škrobu je ovlivněna především jeho chemickým složením z hlediska obsahu jednotek amylosy a amylopektinu.Škrob je směs složená z jednotek amylosy a amylopektinuAmylosamá lineární strukturu řetězce, ve vodě je rozpustná. V závislosti na druhu škrobu tvoří zhruba 20 – 30 % hmotnosti. Amylopektin svou strukturou připomíná glykogen. Je mnohonásobně větvený a je v horké vodě téměř nerozpustný. Při zahřívání tedy dochází k postupné adsorpci. Při teplotách okolo 10 – 15 °C nastává počáteční želatinační teplota a škrobová zrna nepatrně zvětšují svůj objem právě adsorpcí vody. Dochází k bobtnání škrobových zrn. Želatinační teplotu ovlivňuje druh škrobu, vzájemný poměr škrobu a vody, pH prostředí a obsah dalších složek. Želatinační teplota se pohybuje v rozmezí 50 – 70 °C a ovlivňuje ji především druh škrobu. Při procesu želatinace dochází k rozrušování stávajících vazeb, molekluly vody pronikají do amorfních oblastí zrn. Celá struktrura se stává neorganizovanou amorfní. Při dalším zvyšování teploty

nad 60 °C dochází k prudkému zvětšování zrn.Některé molekuly amolosy a amylopektinu se dostávají na povrch. Molekuly amylosy se zcela uvolňují do prostředí, kde jsou hydratovány, následkem čehož roste viskozita. Škrobová zrna praskají a mizí polarizační kříž. Vzniká škrobový maz skládající se z porušených škrobových zrn mnohonásobně zvětšených, obsahujících převážně molekuly amylopektinu. Při pokračujíccím záhřevu ovšem viskozita klesá následkem ztráty integrity granulí [16,48].

Pomocí DTA analýzy byl měřen vzorek kukuřičného vzorku. Při DTA analýze byl zachycen endotermický pík při teplotě 70,9 °C. Tato teplota zachycuje proces mazovatění škrobu. Ve srovnání s odbornou literaturou HiTachi HighTech, kde byl měřen taktéž kukuřičný škrob byla teplota mazovatění analyzována při teplotě 70 °C. Analyzován byl taktéž vzorek bramborového a pšeničného škrobu. Teplota mazovatění u bramborového škrobu byla analyzována při teplotě 60 °C. U pšeničného škrobu byla teplota mazovatění analyzována již při těplotě okolo 58 °C. Z výsledků je tedy zřejmé, ževýše teploty mazovatění je charakteristická pro jednotlivé druhy škrobu. Ovlivněno je to především tedy složením škrobu z hlediska obsahu amylozy a amylopektinu a obsahem vody ve vzorku škrobu[48,48].

Pomocí TGA analýzy byl ve vzorku kukuřičného škrobu sledován obsah vlhkosti, aktivních ingrediencí a obsah popela. Tato metoda tedy slouží k identifikaci vzorku polysacharidů. Při této analýze byl zachycen endotermický pík, jehož vrchol leží při teplotě 313 °C. Při této teplotě došlo pravděpodobně k uvolnění vázané vody ze struktury vzorku. Další pík byl zachycen při teplotě 377 °C. Jednalo se o exotermický děj zachycující proces spalování škrobu. Tento proces souvisí s degradací struktury vzorku. Dochází k rozpadu řetězce následkem trhání vazeb mezi jednotlivými složkami škrobu. Po úplném spálení vzorku škrobu zbyl jen čistý uhlík, zbytek látkového složení vzorku se vypařil ve formě vody a CO_2. Celkový úbytek hmotnosti vzorku činil 90 %. Dle odborné literatury teplota rozkladu kukuřičného škrobu není ovlivněna obsahem vody, neboť se veškerá přítomná voda ve vzorku odpaří před dosažením teploty rozkladu. Ve srovnání s odbornou literaturou, která analyzovala tepelnou degradaci různých vzorků kukuřičného škrobu byla tepelná degradace zachycena ve formě dvoustupňového rozkladu. První tepelný rozklad se pohyboval v rozmezí teplot 245 – 333 °C a úbytek hmotnosti vzorku se pohyboval okolo 52 %. Druhá tepelná degradace nastala v rozmezí teplot 333 – 485 °C a ztráty hmotnosti vzorku se pohybovaly okolo 32 %. První fáze tepelné degradace vzorků je pravděpodobně způsobena procesy dehydratace a vypařování. Druhá fáze tepelné degradace vzorků je pravděpodobně způsobena procesy depolymerizace. Ve srovnání s odborným článkem, kde byla měřena

pomocí TGA analýzy tepelná degradace pšeničného škrobu, byla teplota týkající se uvolnění vázané vody ze struktury vzorku zachycena při teplotě 291 °C. Obecně lze tedy konstatovat, že teploty tepelné degradace různých druhů vzorků škrobu se liší v závislosti na chemickém složení jednotlivých komponent. Obecně se ale teploty degradace pohybují v rozmezí teplot od 240 – 490 °C [47,48,49,50].

5.2.6 Sezamový olej

Na obrázku 12 zobrazující grafický záznam DSC analýzy, lze pozorovat krystalizační chování sezamového oleje. Krystalizaci oleje ovlivňuje jeho složení z hlediska zastoupení mastných kyselin. Bod tání je dán obsahem nenasycených mastných kyselin. Obecně tedy obsah nenasycených mastných kyselin bod tání snižuje. Při postupném chlazení dochází k tání TAG, pokud jsou TAG zchlazeny pod pod jejich maximální teplotu tání mají tendenci krystalizovat do malých krystalků. Tento děj závisí na stupni chlazení a na složení TAG z hlediska obsahu mastných kyselin přítomných ve vzorku. V závislosti na stupni chlazení mohou pak krystalizovat do tří hlavních fází a to do krystalické modifikace α, β´a β. Modifikace α je nestabilní, má nejnižší hustotu a během krystalizace se vytvoří větší množství krystalků. Naopak modifikace β je nejstabilnější, má nejvyšší hustotu a během krystalizace se vytvoří menší množství krystalků. Sezamový olej krystalizuje okolo – 30 až – 40 °C, především kvůli vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin. Kyselina olejová je v sezamovém oleji obsažena do 45 % obsahu všech mastných kyselin, kyselina linolová až do 50 % obsahu všech mastných kyselin. Pomocí DSC analýzy byl zaznamenán pík při teplotě – 38,6 °C, který zachycuje krystalizační chování oleje. Při této teplotě dochází k tání a ke krystalizaci TAG ve vzorku oleje. Energie, která se při tání a změně krystalizace oleje do vzorku absorbovala, byla zaznamenána jako ΔH a vykazovala hotnotu -3,3 J/g. Při chlazení na několik stupňů vyšší, než je bod tání α formy vzniká β´forma. Když pak dojde k zahřátí vzorku n ateplotu vyšší, než je bod tání β´formy vzniká stabilní β forma. Jednotlivé modifikace se liší uspořádáním molekul TAG v krystalové mřížce. Obvykle se vyskytuje několik polymorfních forem MK., z nichž jedna převládá. Olej je složen ze dvou frakcí. První frakce, která je kapalná při pokojové teplotě tvoří nenasycené mastné kyseliny. Druhou frakci, která je pevná při pokojové teplotě tvoří nasycené mastné kyseliny, u sezamového oleje je to převážně kyselina myristová, arachová a částečně palmitoolejová. Jelikož ale z hlediska obsahu mastných kyselin nenasycené převažují, je sezamový olej při pokojové teplotě kapalný. Každá fáze má však jinou teplotu tání. Aplikací DSC

analýzy bylo ověřeno složení oleje z hlediska zastoupení mastných kyselin. Ve srovnání s jinými odbornými studiemi byla krystalizace očekávána okolo – 40 °C, což bylo také praktickou aplikací analýzy ověřeno. Vzorek oleje byl tedy kvalitní s převažujícím zastoupením nenasycených mastných kyselin, převážně olejové a linolové. Pomocí DSC analýzy lze tedy ověřit složení sezamového oleje na základě teploty krystalizace. Především, zda nedochází k falšování oleje záměrným ředěným s jinými druhy méně kvalitního oleje [16,51,52,53].

Sezamový olej má zlatožlutou barvu. Panenský sezamový olej je nutričně bohatý. Obsahuje větší množství karotenů, převážně vitaminy skupiny A, B a E. Sezamový olej také obsahuje lecitin. Ačkoli sezamový olej obsahuje větší množství polynenasycených mastných kyselin, je poměrně stálý a nepodléhá tak lehce žluknutí, neboť obsahuje přirozeně se vyskytující sezamové lignanysezamolin a sezamin, které zpomalují oxidaci. Proto se někdy může taktéž přidávat do různých rostlinných olejů, kvůli prodloužení jejich trvanlivosti. Z hlediska majoritního zastoupení mastných kyselin vyskytujících se v sezamovém oleji převažuje kyselina olejová, která se může vyskytovat v rozmezí 35 – 42,3 %. Kyselina linolová se vyskytuje v množství 41- 47,9 %. Kyselina palmitová se vyskytuje v množství od 7 – 12 %. Kyselina stearová v množství od 4 – 6,1 %. Kyselina arachová v množství od 0,3 – 0,6 %, linolenová v množství 0,3 – 0,4 %, palmitoolejová v množství 0,1 – 0,2 % a kyselina myristová v množství 0,1 %. Je tedy zřejmé, že sezamový olej obsahuje ve větším množství převážně mononenasycené a polynenasycené mastné kyseliny oproti nasyceným [16,54,55].

Sezamový olej patří mezi rostlinné oleje. Získává se ze sezamových semen. Sezamová semena patří mezi jedny z nejstarších olejnin pěstovaných převážně v Japonsku, Číně nebo Indii. V současné době patří mezi největší světové producenty Indie, Čína, Barma a Mexiko. Sezamový olej patří mezi jedlé oleje, je tedy využíván v mnoha světových kuchyních. Velmi používaný a oblíbený je především v Asijských zemích. Díky svým velmi příznivým účinkům na lidské zdraví je využíván celosvětově nejen jako součást kuchyňského zpracování, kde se přidává především do salátů, pomazánek, omáček, alevelké oblibě se také těší v oblasti alternativní medicíny, kde bývá využíván k různým masážním procedurám apod. Sezamový olej patří mezi lehce stravitelné oleje a má velmi příznivý vliv na lidské zdraví. Sezamové semínko obsahuje kolem 50 % tuku, 20 % bílkovin, 16 % sacharidů a 9 % vlákniny [16,54].

Technologie výroby sezamového oleje je velmi složitá a zdlouhavá. Olej je získáván především v rozvojových zemích, tudíž jeho výroba nemůže být plně automatizována, což je hlavní důvod, proč je celosvětová produkce sezamového oleje značně omezena. Dalším důvodem je také relativně vysoká cena sezamových semínek, která je důsledkem celkově vyšší ceny sezamového oleje. Sezamový olej patří mezi kvalitní rostlinné oleje, získávané lisováním ze sezamových semen, která mohou být pražená nebo tepelně neupravená. Získává se studenou i teplou cestou. Sezamový olej může být dále čistěn rafinací, ovšem sezamový olej získávaný z kvalitních sezamových semen již má příjemnou vůni i chuť a není tedy potřeba chemických zásahů [16,54,56].

5.2.7 Slunečnicový olej

Na obrázku 13 zobrazující grafický záznam DSC byl stanoven pík při teplotě - 38,6 °C. Tento pík odpovídá teplotě, kdy dochází k tání a ke krystalizaci do nové modifikace. Energie ΔH, která se při tání a změně krystalizace oleje absorbovala, činila -2,389 J/g. Ve srovnání s odbornou literaturou byl tento pík očekáván při těplotě okolo - 40 °C. Krystalizační chování oleje je ovlivněno jeho chemickým složením z hlediska zastupení mastných kyselin. U slunečnicového oleje převládají především nenasycené mastné kyseliny. Z DSC analýzy vyplývá, že krystalizace slunečnicového oleje je ovlivněna přímým vztahem z hlediska obsahu mastných kyselin. Převládající mastnou kyselinou u slunečnicového oleje je kyselina linolová. Při této DSC analýze došlo při teplotě – 38,6 °C ke krystalizaci TAG ve vzorku oleje. [51,57,58].

Slunečnicový olej patří mezi rostlinné oleje získáváné ze semen slunečnice (*Helianthusannuus*). Obecně je známo asi 60 druhů této rostliny. Původ této rostliny pochází z Mexika. Slunečnice se hojně pěstuje i v ČR. Slunečnicová semínka patří mezi energeticky bohaté potraviny. V průměru obsahují okolo 22 g bílkovin, až 50 g tuku, dále vitaminy skupiny B1, B3, B6. Významný je i obsah vitaminu E, v průměru až 50,3 mg na 100g, dále zinek, draslík, fosfor. Obecně lze konstatovat, že semena slunečnice vykazují velmi vysokou energetickou hodnotu [16].

Slunečnicový olej se připravuje lisováním a extrakcí slunečnicového semene. Po vylisování oleje ze semen následuje čištění oleje především kvůli dobrým senzorickým vlastnostem. Rafinace oleje spočívá v odstranění vysokomolekulárních látek, které se do oleje mohly dostat během lisování. Takto vyrobený a upravený olej se nazývá rafinovaný.[16,56].

Z hlediska zastoupení mastných kyselin má slunečnicový olej významný obsah kyseliny linolové a to až 48 – 78 %. Obsah kyseliny olejové je nižší než například u oleje sezamového a pohybuje se v rozmezí 14 – 40 %, obsah kyseliny palmitové se pohybuje okolo 4 – 9 % a obsah kyseliny stearové činí okolo 1 – 7 %. Jednotlivé složení slunečnicového oleje z hlediska zastoupení jednotlivých mastných kyselin je různé a závisí především na odrůdě, klimatických podmínkách pěstování apod. Především díky nižšímu obsahu kyseliny olejové se slunečnicový olej nehodí k opakovanému smažení. Jelikož je kyselina olejová při působení vysokých teplot poměrně stabilní, vysoký obsah kyseliny olejové udává olejům určitou tepelnou stabilitu [56,59].

Slunečnicový olej má nevýrazný zápach po tuku. Rafinovaný slunečnicový olej má nevýraznou barvu. Z hlediska chemického složení převládá obsah nenasycených mastných kyselin nad nasycenými. Slunečnicový olej se využívá především v potravinářství, ale díky jeho zvláčňujícímu vlivu se přidává i do mnoha kosmetických přípravků. Z hlediska kuchyňské úpravy se přidává do salátových dresinků, majonéz, využívá se při pečení i jednorázovém smažení. K opakovanému smažení však není vhodný především kvůli jeho tepelné nestabilitě. Vysoký obsah nenasycených mastných kyselin a nižší obsah kyseliny olejové ho činí náchylným k oxidaci. Z hlediska nutričního nepatří slunečnicový olej mezi optimální. Neobsahuje n-3 mastné kyseliny, které jsou z hlediska výživy velmi důležité [16,59].

5.2.8 Olivový olej

Na obrázku 14 je zobrazena DSC křivka, která znázorňuje krystalizační chování olivového oleje. Krystalizace je ovlivněna především různými poměry mezi nasycenými a nenasycenými TAG. Při DSC analýze byl zachycen pík při teplotě – 39, 6 °C. Ve srovnání s odbornou literaturou zabývající se krystalizací olivového oleje, byl zachycen pík při teplotě okolo – 10 °C. Při této teplotě dochází ke krystalizaci frakcí nasycených mastných kyselin. Tento pík při aplikaci DSC analýzy na vzorek olivového oleje nebyl zachycen. Důvodem byl pravděpodobně velmi nízký obsah nasycených mastných kyselin ve vzorku, tudíž krystalizace nebyla tak významná a proto nebyla kalorimetrem zachycena. Druhý pík byl očekáván při teplotě – 35 až – 40 °C. Při této teplotě dochází k tání nestabilní modifikace a ke krystalizaci do stabilnější modifikace u hlavních frakcí nenasycených TAG, převážně kyseliny olejové a linolové. Dle odborné literatury teplota tání – 35 °C je dána pro formu krystalizace α. Při aplikaci DSC analýzy na vzorek olivového oleje došlo při teplotě

- 39,6 °C k absorbování energie ΔH, která činila – 40,9 J/g. Při této teplotě došlo k tání a ke změně krystalizace na β formu. Složení oleje z hlediska obsahu TAG ovlivňuje chování oleje při skladování chladírenském či mrazírenském. Dle odborné literatury lze předpokládat, že při chladírenském skladování (+ 4°C) vykrystalizuje asi 17 % w/w oleje. Při teplotách nad bodem mrazu totiž dochází ke krystalizaci nasycených TAG. U olivového oleje se jedná především o kyselinu palmitovou a stearovou, která však bývá obsažena v menším množství. Frakce nenasycených TAG krystalizuje při teplotách pod bodem mrazu, převážně při teplotách okolo - 35 °C a nižších. Tato teplota je taktéž dána poměrem obsahu nenasycených TAG. U olivového oleje se jedná především o kyselinu olejovou, která je z hlediska nenasycených TAG nejvíce zastoupena, a o kyselinu linolovou. Poměrové složení TAG přítomných v olivovém oleji ovlivňuje především odrůda, klimatické podmínky pěstování, argonomické postupy, období sklizně i zpracování. Dostatečné znalosti o fyzikálních a tepelných vlastnostech olejů jsou významné především pro určení funkčních, senzorických a nutričních vlatností mnoha potravin, kde se oleje přidávají. Jedná se především o různé salátové dresinky, omáčky, chlazené a mrazené polotovary. DSC analýza sice neumožňuje přímou identifikaci jednotlivých vytvořených krystalických druhů TAG. Ovšem toto lze stanovit pomocí DSC analýzy v kombinaci s jinými difrakčními metodami. Samotná DSC analýza však umožňuje rozlišení jednotlivých frakcí TAG dle teplot krystalizace, což umožňujé nové poznatky o krystalizačním chování jednotlivých druhů a typů oleje. Zároveň se DSC analýzy využívá k odhadu falšování panenských olejů, kdy dochází k nedovolenému přimíchávání nekvalitních rafinovaných olejů, nebo míchání různých druhů olejů [16,51,53].

Olivový olej patří mezi rostlinné oleje získávané z oliv. Mezi původní pěstitelské země olivovníku a výroby olivového oleje patří země v oblasti Středomoří. Dodnes tyto země zůstaly největšími producenty olivového oleje a patří mezi největší konzumenty olivového oleje. Olej dovážený do ČR pochází nejvíce z Pyrenejského poloostrova. Olivový olej však nenachází uplatnění jen v potravinářství. Využívá se i ve farmaceutickém, kosmetickém průmyslu a jako palivo do olejových lamp [16,56].

Technologie výroby olivového oleje je odlišná podle typu olivového oleje. Rozlišují se oleje panenské (virgin), extra panenské a rafinované. Výroba olivového oleje zpravidla začíná sklizní oliv, která trvá od října do ledna v zásvislosti na odrůdě a stupni zralosti. Panenské a extra panenské oleje jsou oleje velmi kvalitní, které si zachovávají své původní senzorické vlastnosti. Získávají se lisováním zpravidla celých plodů při teplotách do 50 °C.

Tyto oleje nejsou vhodné k tepelným zásahům, nedoporučuje se tedy smažení ani pečení. Bývají součástí studené kuchyně, kde se přidávají do salátů, omáček, dresinků. Doba trvanlivosti tohoto typu oleje je zpravidla 1 rok. Poté obvykle dochází ke zhoršení senzorických vlastností, jelikož tento typ oleje není tolik stabilní jako oleje rafinované. Oleje ošetřené rafinací se vyrábí z panenských olejů. Tyto oleje bývají lisované za vysokých teplot. Technologie výroby rafinovaných olejů se od panenských liší ještě rafinační úpravou, kdy se pomocí rafinačních metod upravují senzorické vlastnosti oleje především dochází k neutralizaci kyselosti. Tyto oleje vykazují nízkou aciditu, chemické složení zůstává stejné, avšak dochází ke ztrátě původních senzorických vlastností oleje. Rafinované oleje jsou poměrně stabilní.Je možno je tepelně zpracovávat. Na trhu se však vyskytuje velké množství různých typů olivového oleje. Jedná se především o různé směsi získané smícháním oleje panenského s rafinovaným nebo s pokrutinovým [16,56].

Z hlediska chemického složení obsahuje olivový olej velké množství nenasycených mastných kyselin. Převážně tedy mononenasycených, které jsou vhodné jak z výživového hlediska, tak i z hlediska stability oleje. Olivové oleje tedy obecně patří mezi oleje stálé, které nepodléhají tak snadno oxidaci. Z hlediska obsahu mastných kyselin převažuje kyselina olejová, která tvoří 55 – 83 %, kyselina linolová tvoří 3 – 21 %hmotnosti, kyselina palmitová tvoří 7,5 až 20 %, kyselina stearová 0,5 – 5 %, kyselina linolenová 0,1 – 5 % hmotnosti. Významný je i obsah antioxidantů především polyfenolů, které olej činí odolnějším proti oxidaci, zároveň oleji dodávají jeho typickou štiplavou chuť a vůni. Obsah polyfenolů v olivovém oleji je různý a závisí na mnoha faktorech např. na odrůdě olivovníku, sklizni, skladovacích podmínkách, extrakčních postupech apod.Významný je i obsah rostlinných sterolů a vitamínů rozpustných v tucích, především tedy vitaminu E. Jedinečná barva olivového oleje je dána obsahem pigmentů především chlorofylu, feofytinu a karotenoidů, přičemž se barva může lišit od světle zlaté po zelenou [16,60].

5.2.9 Ořechový olej

Na obrázku 15 zobrazující grafický záznam DSC analýzy je zachycen pík při teplotě - 43,1 °C. Tento pík zachycuje tání a změnu krystalizace lískového oleje. Při této teplotě pravděpodobně došlo k hlavní krystalizaci všech mastných kyselin. Jelikož však téměř 90 % všech mastných kyselin obsažených v lískovém oleji tvoří nenasycené mastné kyseliny olejová a linolová došlo ke krystalizaci právě těchto dvou kyselin. Ve srovnání s odbornou literaturou byl hlavní endotermní pík očekáván při teplotě do – 45 °C. Z hlediska chemic-

kého složení TAG obsažených v lískovém oleji byl hlavní pík očekáván při teplotách nižších, než je tomu u olejů a tuků s vyšším obsahem nasycených mastných kyselin. Právě poměr nenasycených TAG ku nasyceným ovlivňuje hlavní krystalizační chování vzorku. Energie ΔH, která se při změně krystalizace oleje absorbovala, činila -50,2 J/g [51].

Lískový olej patří mezi rostlinné oleje získávané z dřeviny zvané Líska. Je známo asi dvacet druhů této dřeviny, ovšem chutné lískové ořechy vhodné pro konzumaci dává Líska obecná (*Corylusavellana*). Pěstuje se především v mírném pásmu Evropy, přičemž se pěstují šlechtěné velkolepé odrůdy, ale vpřírodě se vyskytuje i planě. Mezi největší producenty patří Turecko. Po Turecku následuje Itálie, Španělsko a USA. Tento keř produkuje lískové ořechy, které díky své příznivé chuti i chemickému složení našli své uplatnění především v potravinářství. Lískové ořechy se konzumují celé syrové, pražené nebo se dále zpracovávají a to na výrobu mouky, oleje, másla. Olej z lískových ořechů se však nevyužívá jen v potravinářství. Využívá se značně i v kosmetickém průmyslu, neboť má velmi příznivé účinky na pokožku. Lískové ořechy jsou z hlediska chemického bohaté na vitamin B_3, B_6, B_9. Významný je především obsah vitaminu E a to až 23,6 mg/100g a A 3,25 mg/100g. V průměru obsahují 62 % tuku, 13 % bílkovin a téměř žádné sacharidy. Z lipidů převažují nenasycené mastné kyseliny. Významný je i obsah esenciálních aminokyselin a to argininu 2003 mg/100g a leucinu 1150mg/100g. Lískové ořechy jsou velmi významným zdrojem energie. 100 g lískových ořechů obsahuje 600 – 650 kcal. Jejich konzumace je doporučena především osobám se zvýšenou tělesnou aktivitou[56,61].

Olej z lískových ořechů se získává lisováním rozdrcených oříšků zpravidla za studena. Má žlutou až žlutohnědou barvu a aroma po lískových oříšcích. Zahříváním tohoto oleje dochází ke ztrátě jeho typického aroma, proto bývá lískový olej používán zpravidla jen ve studenékuchyni. Přidává se do salátů, omáček dresinků. Tepelné úpravy se na lískovém oleji nedoporučují [16,61].

Lískový olej z hlediska chemického složení obsahuje vysoké množství kyseliny olejové 68 – 78,6 %, linolové 14 – 23,3 %. Nižší množství kyseliny palmitové 4,5 -5,9 %, stearové 0,5 – 2,8 % a linolenové 0,1 – 0,2 %. Převládajícími mastnými kyselinami je tedy kyselina olejová a linolová atvoří až 90 % všech mastných kyselin[16,61].

5.2.10 Máslo

Na obrázku 16 zobrazující grafický záznam DSC analýzy je znázorněno tání a krystalizace másla. Krystalizace triacyglycerolů - TAG obsažených v másle je ovlivněna Van der

Waalsovými silami. Ovlivněna je především složením TAG v másle. Existuje několik krystalických druhů, přičemž se vyskytuje převážně α, β´ a β modifikace. Modifikace α– hexagonální jednotka je poměrně nestálá. Z hlediska struktury se jedná o ladičkovou strukturu, přičemž řetězce mastných kyselin v poloze 1. a 3. jsou opačně orientovány vůči 2. poloze mastné kyseliny. Modifikace α má úhel sklonu kolmý. Modifikace β´ je obdobná jako modifikace α, rozdíl je pouze v úhlu sklonu. Úhel sklonu u β´ modifikace je cca 68 – 70°. Modifikace β´ je metastabilní. β modifikace je poměrně stálá s nejvyšším bodem tání. Jedná se o trojklonou soustavuvykazující židličkovou strukturu. Bod tání a tuhnutí TAG ovlivňuje především složení mastných kyselin obsažených v TAG. Především délka řetězce, existence a umístění dvojných vazeb, konfigurace dvojných vazeb, přičemž trans konfigurace bod tání zvyšuje. V neposlední řadě bod tání a tuhnutí TAG ovlivňuje i krystalická modifikace. Krystalizaci TAG lze korigovat teplotou. Ochlazováním taveniny na několik °C vyšší než je bod tání α formy vzniká β´forma. Při zahřívání vzorku na teplotu vyšší než je bod tání β´formy vzniká stabilní modifikace β. Jednotlivé teploty tání a změny krystalizace jsou ovlivněny složením TAG z hlediska obsahu mastných kyselin, přítomnosti a poloze konjugovaných vazeb apod. [16,62].

Bod tání je definován jako teplota, při níž krystalická pevná látka přechází do skupenství kapalného. Body tání u TAG jsou neostré, to je dáno především tím, že TAG jsou smíšené, zastoupení MK je tedy proměnlivé, přičemž existuje několik krystalických modifikací. Bod tuhnutí je definován jako teplota, při níž se kapalná látka mění v látku tuhou. Od bodu tání se liší a bývá zpravidla o 5 – 10 °C nižší. Bod tání u tuku z kravského mléka je definován při teplotě 28 -32 °C, bod tuhnutí při teplotě 15 -25 °C [16].

DSC analýza byla aplikována na vzorek přepuštěného másla. Zahřatím vzorku másla by tedy mělo dojít ke změně krystalické modifikace z nestabilní α na stabilní β. TAG se zahřevem rozpustí, modifikace α zanikne a vzniknou nové krystaly modifikace β´. Následným ochlazením vznikne nová krystalická modifikace β, která je stabilní. Takto připravený vzorek byl použit na DSC analýzu. Vzorek přepuštěného másla byl vystaven teplotnímu programu, který zahrnoval chlazení z 50 °C do – 70 °Ca následný ohřev z – 70 do 50 °C. Při chlazení byl zaznamenán endotermní pík při teplotě – 10,8 °C. Energii, kterou vzorek absorboval činila – 11,6 J/g. Druhý pík byl zaznamenán při teplotě -15,3 °C. Energie, kterou vzorek absorboval činila -27,6 J/g. Ve srovnání s odbornou literaturou frakce částečně nasycených TAG obsažených v másle taje a následně krystalizuje do jiné modifikace v rozmezí teplot – 10 až – 20 °C v závislosti na druhu MK obsažených v TAG. V rozmezí

těchto teplot tedy pravděpodobně došlo k tání a k následné krystalizaci převážné části TAG. Jelikož má máslo rozdílné složení TAG, než je tomu například u olejů, tání a tvorba krystalků nastala při teplotách vyšších než u DSC analýzy olejů. Máslo obsahuje převážně nasycené TAG, které tají a následně krystalizují při teplotách vyšších než nenasycené TAG. Při zahřívání vzorku byl zaznamenán první exotermní pík při teplotě 0,4 °C. Energie, kterou vzorek uvolnil činila 21,8 J/g. Druhý pík byl zaznamenán při teplotě 16,7 °C. Energii, kterou vzorek uvolnil činila 7,3 J/g. Při zahřívání došlo pravděpodobně k opětovnému ztuhnutí a ke změně krystalizace MK obsažených v TAG. Při první teplotě 0,4 °C se pravděpodobně jednalo o krystalizaci kyseliny olejové, která je v másle obsažena okolo 38 %. Při druhé teplotě 16,7 °C došlo ke krystalizaci a k ztuhnutí zbytku převážně nasycených MK obsažených v TAG. Došlo k opětovnému ztuhnutí vzorku másla, což potvrzuje, že bod tuhnutí másla je stanoven v rozmezí teplot 15 - 25 °C. Ve srovnání s odbornou literaturou Mettler Toledo, která se zabývala studiem ohřevu a krystalizací TAG vzorku másla od 10 do 70 °C, byl při ohřevu zaznamenán pík při teplotě okolo 45 °C, kdy při této teplotě dochází k tání TAG v α modifikaci a následnou přeměnu krystalizace do metastabilní β´ modifikace. Následně došlo ke vzniku stabilní β modifikace v rozmezí teplot 50 - 55 °C, k tání TAG v β modifikaci dochází při teplotách okolo 65 °C. Výsledky DSC analýzy jsou ovšem různé. Při srovnání s další odbornou literaturou HiTachiHigh - Tech, která taktéž popisuje aplikaci DSC analýzy na vzorek nepřepuštěného másla byly zaznamenány celkem 3 píky při různých teplotách. Tání TAG bylo zaznamenáno jako endotermní píky při teplotách – 25, 15 a 30 °C. Tání TAG v α modifikaci bylo pravděpodobně zachyceno při teplotě 30 °C. Polymorfismus másla je dán především rozdílným složením TAG obsažených v másle, především tedy obsahem MK navázaných na glyceridy a působením teploty na vzorek. Tání a tuhnutí TAG ovlivňují především jednotlivé MK, délka jejich řetězce, obsah a poloha konjugovaných vazeb apod. Složení TAG v másle je ovlivněno mnoha faktory a to především ročním obdobím, klimatickými podmínkami, výživou zvířat při produkci mléka apod.[62,63,64,65].

Máslo se obecně vyrábí zakoncentrováním mléčného tuku – smetany. Z hlediska složení obecně máslo obsahuje minimálně 80 % tuku, zbytek tvoří voda a mléčná šušina, tedy bílkoviny a lakóza. Máslo se vyrábí v několika tržních druzích. Rozlišuje se například dle obsahu tuku. Máslo přepouštěné též dle české legislativy označované jako mléčný bezvodý tuk obsahuje alespoň 99,9 % tuku. Klasické máslo obsahuje minimálně 80 % tuku. Dále se vyrábí i másla se sníženým obsahem tuku a másla s nízkým obsahem tuku, která slouží ke

konzumaci převážně u osob při redukční dietě a s různými zdravotnímuideficity. Dle trvanlivosti se rozlišeje máslo čerstvé a máslo stolní. Máslo čerstvé má dobu trvanlivosti pouze 20 dnů od výroby, kdežto máslo stolní je máslo uchovávané při mrazírenských teplotách více než rok. Po rozmrazení může být uchováváno při chladírenských teplotách, ovšem nemůže být nabízeno ke spotřebě označované jako čerstvé [16,56].

Technologie výroby másla je složitý proces. Máslo se vyrábí ze smetany, přičemž smetana se získává odstředováním z mléka, které má obsah tuku alespoň 40 %. Odstředěná smetana se poté tepelně ošetřuje pasterací především kvůli mikrobiální nezávadnosti. Pasterovaná smetana se poté nechává zrát, přičemž se rozlišuje fyzikální zrání smetany a biologické zrání. Fyzikální zrání se v ČR při výrobě másla uplatňuje nejvíce. Fyzikální zrání by mělo probíhat alespoň 2 hodiny před stloukáním smetany. V podstatě je smetana uchovávána při teplotě pod 8 °C ve speciálních nádobách. Tyto nádoby jsou speciálně navržené tanky, které umožňují efektivní chlazení i velmi pomalé míchání obsahu s ohledem na neporušení krystalické struktury. Při těchto skladovacích podmínkách totiž dochází k částečné krystalizaci mléčného tuku a ke zvyšování viskozity. Biologické zrání spočívá v přídavku smetanového zákysu, který částečně sníží pH smetany. Biologického zrání se však v českých mlékárnách již moc nevyužívá. Po zrání je získána emulze typu olej ve vodě. K výrobě másla je však potřeba reverze fáze z typu o/v na v/o. Nejpoužívanějším způsobem výroby másla je zpěňovací způsob kontinuálně ve zmáselňovači. Před stloukáním se smetana ohřeje na teplotu okolo 10 – 12 °C. Dochází k postupnému našlehávaní smetany na stloukacím válci, následkem čehož dochází k agregaci vykrystalizovaného tuku a vzniká máselné zrno, které se pak přesouvá do odlučovacího válce. Dochází k dalšímu shlukování zrna, přičemž se uvolňuje podmáslí. Dále je máselné zrno dopraveno na hnětač, který slouží k rovnoměrnému promíchání máselného zrna, přičemž dochází k odstranění vzduchu, který vznikl při šlehání a k rovnoměrnému rozptylení drobných kapiček vody, tedy ke standardizaci obsahu vody v másle. Poté už je máslo dopraveno na balící linku, kde je připraveno do expedičně požadovaných hmotnostních rozměrů [16,56].

Z hlediska chemického složení je máslo směs převážně TAG složených z růstných mastných kyselin. Typické máslové aroma je přitom dáno obsahem mastných kyselin s krátkým typem uhlíkového řetězce. Průměrný obsah tuku v másle se přitom pohybuje okolo 82 g/100g. Na typickém máslovém aroma se však podílí i přítomné mléčné bílkoviny, které v másle bývají obvykle obsaženy v množství 0,6 g/100g. Dále máslo obsahuje vitamíny

rozpustné v tucích tedy A, D, E. Typická barva másla je dána přítomností karotenů. Průměrná výživová hodnota ve 100 g másla je 3059 kJ [16].

Složení TAG v másle je různorodé. Obecně se v másle vyskytuje zhruba 31,9 % kyseliny olejové, 19,8 % kyseliny myristové, 15,2 % kyseliny palmitové, 14,9 % kyseliny stearové, 5,8 % kyseliny laurové, 2,9 % kyseliny máselné, 1,9 % kyseliny laurové, 1,6 % kyseliny kaprinové. 0,8 % kyseliny kaprylové, 0,2 % kyseliny linolové a 0,1 % kyseliny linolenové. Obsah nasycených mastných kyselin převažuje. Z nenasycených převažuje kyselina olejová. Obsah zbytku nenasycených mastných kyselin je zanedbatelný. Právě díky vysokému obsahu nasycených mastných kyselin má máslo při pokojové teplotě tuhou konzistenci, přičemž tuhost je právě ovlivněna jednotlivým procentuálním zastoupením mastných kyselin. Skladba obsahu mastných kyselin je ovlivněna produkcí mléka, tedy ročním obdobím, výživou zvířat, klimatickými podmínkami apod. Máslo patří mezi potraviny pomerněneúdržné. Postupně totiž dochází k rozkladu TAG. Vznikají samotné glyceridy a volné mastné kyseliny, přičemž právě volná kyselina máselná a částečně i kapronová je zodpovědná za vznik žluklého zápachu másla. Z hlediska výživy máslo obsahuje i významný podíl trans nenasycených mastných kyselin, které by neměly konzumovat osoby s vyšším obsahem cholesterolu v krvi. Využití másla v gastronomii je různé. Obecně lze však konstatovat, že i přes vyšší obsah nasycených mastných kyselin není máslo vhodné pro tepelné úpravy, snadno podléhá oxidaci, a proto není doporučováno na másle smažit. Proto je máslo vhodné převážně pro studenou kuchyni [16].

5.2.11 Margarín

DSC analýza byla aplikována na vzorek přepuštěného margarínu. Podobně jako u vzorku másla i zde by mělo zahřátím dojít k porušení nestabilní modifikace α na stabilní modifikaci β. Takto připravený vzorek margarínu byl použit na DSC analýzu. Obrázek 17 zobrazuje grafický záznam DSC analýzy. Během aplikace analýzy bylo zachyceno několik termických dějů. Teplotní program DSC analýzy byl jako u vzorku másla nastaven na chlazení z 50 °C na – 70 °C. Následoval ohřev z – 70 °C do 50 °C. Při chlazení bylo zaznamenáno několik endotermních dějů spojených s táním a změnou krystalizace mastných kyselin. 1. Pík byl zaznamenán při teplotě 17,8 °C, energii, kterou vzorek absorboval, činila -2,9 J/g. Druhý pík byl zaznamenán při teplotě -17,2 °C, absorbovaná energie činila -14,9 J/g. 3. pík byl zaznamenán při teplotě – 19 °C, absorbovaná energie činila -5,5 J/g. 4. pík byl zaznamenán při teplotě -21 °C, absorbovaná energie činila -13,9 J/g. 5. Pík byl zaznamе-

nán při teplotě -37,9, absorbovaná energie činila -7,2 J/g. 5 pík byl zaznamenán při teplotě -52 °C, absorbovaná energie činila -1,6 J/g. Chlazením vzorku pravděpodobně docházelo k postunému tání a ke změně krystalilické modifikace jednotlivých frakcí TAG. Při teplotě 17,8 °C, -17,2, -19, -21°C pravděpodobně došlo k tání a ke krystalizaci frakce nasycených mastných kyselin. Naproti tomu při teplotách hluboce pod bodem mrazu, tedy -37,7 a – 52 °C pravděpodobně došlo k tání a ke krystalizaci frakce nenasycených mastných kyselin. Při ohřevu bylo zaznamenáno několik exotermních dějů spojených s krystalizací frakcí TAG. Při záhřevu na teplotu vyšší než je bod tání stávající formy krystalické modifikace TAG, vzniká nová forma krystalické modifikace. 1. pík byl zaznamenán při teplotě -23,9 °C, uvolněná energie činila 9,7 J/g. 2. Pík byl zaznamenán při teplotě 1,8 °C, uvolněná energie činila 27,2 J/g. Při ohřevu pravděpodobně docházelo k postupné krystalizaci jednotlivých frakcí TAG. Pod bodem mrazu se jednalo o frakce nenasycených MK a při teplotě 1,8 °C se pravděpodobně jednalo o frakci nasycených MK. K dalším významným dějům během ohřevu již nedošlo. Ve srovnání s odbornou literaturou, kde byl pomocí DSC analýzy zahříván vzorek nepřepuštěného margarínu na teploty od 15 – 70 °C byly zaznamenány píky při teplotě okolo 40 °C, které pravděpodoně signalizovaly tání TAG v α modifikaci a ke změně na formu krystalické modifikace β´.Při dalším zvyšování teploty došlo ke změně na stabilní modifikaci β. K tání TAG ve stabilní modifikaci β dochází až při teplotě okolo 60 - 65 °C. [62,65,66,67].

Margarín je řazen mezi potravinářské výrobky získávané z rostlinných tuků. Obsah tuku ve výrobku činí 80 – 90 %. Ve své podstatě se jedná o náhražky másla, kdy základní přísadou je diacetyl, který margarínům dodává máslovou příchuť. Margarín je tedy řazen mezi výrobky rostlinného původu. Margarín oproti tukům živočišným z hlediska chemického složení obsahuje nižší obsah nasycených mastných kyselin a vyšší obsah nenasycených mastných kyselin. Jeho konzistence je taktéž odlišná. Při chladírenských teplotách je oproti máslu snáze roztíratelný [56,62].

Margaríny jsou řazeny mezi emulgované směsné tuky. Jedná se o emulze typu v/o. Obecně se margaríny vyrábí z rafinovaných jedlých olejů, tuků a vody. Zpracování olejů a tuků přitom určuje charakteristické vlastnosti, které bude konečný produkt mít. Obecně lze tedy výrobu margarínu rozdělit na dvě části a to přípravu tukové a vodné fáze. Tuková fáze se skládá z rostlinných olejů a z pevných tuků, přičemž poměr mezi nimi ovlivňuje finální požadovanou konzistenci. Do tukové fáze se dále přidávají emulgátory, vitamíny, barviva pro zlepšení finálních vlastností výrobku a zvýšení nutriční hodnoty. Oleje a tuky jsou

zkapalněny zahřátím při teplotě okolo 60 °C a poté jsou do směsi přidány emulgátory a ostatní přísady zlepšující vlastnosti finálního výrobku. Mezi složky, které mohou být použity při výrobě tukové fáze patří např. slunečnicový, řepkový, palmový, sójový, kokosový olej, lecitin, mono- a di-glyceridy, karoteny, vitamíny A,D, E, aromata apod.[16,56].

Vodná fáze se připraví odděleně, přičemž se smísí voda a ostatní ve vodě rozpustné složky. Obvykle je do vodní fáze přidávána sůl a kyselina citronová. Kyselina citronová se přidává především kvůli vyrovnání kyselosti, zároveň však prodlužuje údržnost finálního výrobku a také dodává příjemnou chuť. Mezi složky, které mohou tvořit vodní fázi patří především voda, odstředěné mléko, sůl, kyselina citronová apod. I vodná fáze se zahřeje na teplotu okolo 60 °C.Zahřátá tuková i vodná fáze se nalije do speciální nádoby, kde se důkladně míchá, čímž dochází k emulgaci. Zároveň se tepelně pasterizuje při teplotě okolo 80 °C. Následuje nejdůležitější výrobní operace, jelikož rychlost a délka chlazení ovlivňuje finální vlastnosti výrobku. Směs je na volátorech zchlazena na teplotu okolo 10 – 12 °C. Dochází ke krystalizaci, která pokračuje v tzv. uzrávači. Směs je zde vytemperována na 12 -15 °C. Poté následuje balení. Takto připravený finální výrobek je ještě 2 -3 dny skladován při teplotě okolo 15 °C. Během této doby totiž dochází k dokončení finálních reologických vlastností výrobku a to dokončením vzniku krystalické mřížky [16,56].

Z hlediska chemického složení je margarín směsí rostlinných tuků. Rostlinné tuky mohou obsahovat od 7 do 86 % nasycených mastných kyselin v závislosti na použitých tucích. Tekuté oleje jako je např. slunečnicový a řepkový obsahují vyšší množství nenasycených mastných kyselin. Naproti tomu oleje jako je kokosový nebo olej z palmových jader obsahují vyšší množství nasycených mastných kyselin. Obsah nasycených a nenasycených mastných kyselin také ovlivňuje konzistenci výsledného výrobku. Tužší margaríny obecně obsahují větší množství tuků nasycených. Ovšem typicky měkké margaríny průměrně obsahují 10 – 20 % nasycených mastných kyselin. Dřívější technologie výroby margarínů spočívaly v částěčné hydrogenaci nenasycených mastných kyselin. Důvodem byla především požadovaná konzistence výrobku. Hlavní nevýhodou však byl vznik trans mastných kyselin, které působí negativně na lidské zdraví. V současné době,tehnologie výroby margarínů umožňuje vyrábět margaríny především z přírodních zdrojů a to například separací po frakcionaci nebo přeesterifikací. Při použití těchto technologií nedochází ke změně struktury mastných kyselin. Margaríny jsou vyráběny zpravidla z tuků rostlinného původu. Oproti máslu tedy neobsahujícholesterol. Jednotlivé chemické složení margarínů je různé a zpravidla je ovlivněno složením a přípravou tukové fáze, Především tedy druhem a smí-

cháním jednotlivých komponent. Obecně by však margarín oproti máslu měl obsahovat vyšší množství mono- a poly- nenasycených mastných kyselin [16,56].

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá studiem termické analýzy a její aplikací v potravinářství. Popisuje jednotlivé metody termické analýzy a principy jejich fungování. Zároveň popisuje aplikaci jednotlivých metod termické analýzy na základní složky potravin a s tím související procesy probíhající v potravinách.

Obecně lze konstatovat, že jídlo je komplexní systém různé chemické struktury a složení. Proto je někdy velmi obtížné charakterizovat jak složení jednotlivých potravin, tak procesy, které v nich probíhají. Použití termické analýzy v potravinářství je obzvlášť vhodné, neboť potraviny obecně jsou neustále vystaveny různým změnám teplot, ať už se jedná o zahřívání nebo chlazení během zpracování, manipulace, skladování apod. Měření získaná aplikcí termické analýzy poskytují kvalitativní i kvantitativní výsledky týkající se jak fyzikálních, tak chemických změn probíhajích v potravinách. Velkou výhodou od jiných analytických metod aplikovaných taktéž v potravinářství k identifikaci složení potravin, je především snadná ovladatelnost a automatizace měřícího zařízení a vě většině případů není nutná žádná speciální příprava vzorku. Pro analýzu mohou být použity jak vzorky kapalné, tak pevné. V potravinářství se pomocí termické analýzy nejvíce studuje oxidační stabilita, polymorfismus, tání, krystalizace u olejů a tuků. Mazovatění a retrodegradace u polysacharidů. Denaturace, agregace, dehydratace u proteinů. Všechny tyto procesy probíhající v potravinách jsou ovlivněny působením teploty, proto je termická analýza vhodnou metodou pro jejich stanovení. Aplikace termické analýzy v potravinářství pomáhá technologům nejen při řešení různých technologických problému spojených s výrobou potravin, ale taktéž při vývoji nových produktů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[6] BLAŽEK, A. *Termická analýza*. Vydání první. Praha: nakladatelství SNTL, 1972, 296 str., ISBN 04-626-72.

[2] BEHLAU, L., WIDMANN, G. *Food*. Mettler Toledo Collected Applications Thermal analysis. p. 49

[3] KLOUŽKOVÁ, A., ZEMENOVÁ, P., KLOUŽEK, J., PABST, W.*Termická analýza*[on-line]. c. 2012[cit. 2013-10-02]. Dostupný z WWW: <http://tresen.vscht.cz/>.

[4] KLOUDA P., *Moderní analytické metody*. Vydání druhé. Ostrava: nakladatelství Pavel Klouda, 2003, 132 str., ISBN 80-86369-07-2

[5] MCCLEMENTS, J. *Thermal analysis of food* [on-line].[cit. 2013-10-02]. Dostupný z WWW: <http://people.umass.edu>.

[6] *Křivka DTA* [on-line] [cit. 2013-10-02]. Dostupný z WWW: <http://www.pruzkumpamatek.cz/>.

[7] STODGHILL, S. *Techniques of thermal analysis* [on-line]. c. 2010[cit. 2013-10-03]. Dostupný z WWW: <http://americanpharmaceuticalreview.com>.

[8] WUNDERLICH, B., *Thermal analysis of polymeric materials*.Vydání první. Berlín: Berlin Springer Heidelberg Publisher, 2005, 894 str., ISBN 978-3-540-26360-9.

[9] *Termická analýza*[on-line].[cit. 2013-10-04]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/fm_termicka_analyza/teorie.htm>.

[10] *Křivka DSC* [on-line].[cit. 2013-10-06]. Dostupný z WWW: <http://www.ft.tul.cz>.

[11] TARASOV, A.*Thermal analysis: methods, priciples, application*[on-line]. c. 2012[cit. 2013-10-05]. Dostupný z WWW: <http://www.fhi-berlin.mpg.de>.

[12] *Křivka TGA* [on-line] [cit. 2013-10-06]. Dostupný z WWW: <http://www.chempoint.cz/>.

[13] SEILEROVA, L., BRUSOVA, H., KRATOCHVIL, B., KREJČÍK, L.*Využití metod termické analýzy ve výzkumu a vývoji léčiv* [on-line]. c. 2012[cit. 2013-10-05]. Dostupný z WWW: <http://www.chemicke-listy.cz>.

[14] VANÍČEK, J.*Metody termické analýzy* [on-line].[cit. 2013-10-06]. Dostupný z WWW: <http://www.ft.tul.cz>.

[15] CASSEL, B., SICHINA, W. J. *Stepscan DSC* [on-line]. c. 2000[cit. 2013-10-06]. Dostupný z WWW: <www.thermalsupport.com>.

[16] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. Vydání druhé. Tábor: OSSIS, 1999, 331 s., ISBN 80-866-59038.

[17] DAVÍDEK, J. *Aminokyseliny, peptidy, bílkoviny*[online]. [cit. 2013-10-28]. <https://el.lf1.cuni.cz/p51525121/>.

[18] KÁŠ, J., KODLÍČEK, M., VALENTOVÁ, O. *Laboratorní techniky biochemie.* Vydání první. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha: VŠCHT Praha, 2006, ISBN 80-7080-586-2.

[19] STRAKA, M., RŮŽIČKOVÁ, K. *Laboratorní cvičení z DSC kalorimetrie*[online].[cit.2013-10-29].Dostupný z WWW <http://www.vscht.czf>.

[20] RAEMY, A., LAMBELET P.*Thermal behaviour of foods*. Thermochimica Acta,1991, vol. 193, p. 413-439

[21] WEN, J., ARTHUR, K., CHEMMALIL, L., MUZAMILL, S., GABRIELSON., J., JIANG, Y. *Applications of Differential Scanning calorimetry for Thermal Stability Analysis of Proteins: Qualificationof DSC*. Journal of pharmaceutical sciences, March 2012, vol. 101, no. 3, p. 955-964.

[22] BARRY, A., LAW, TAMIME A.Y. *Technology ofcheese making*. Online ISBN 9781444323740 [on-line] [cit. 2014-02-26]. Dostupný z WWW: < http://onlinelibrary.wiley.com/>.

[23] GARCÍA MORO,.R., BARTOLOMÉ ALVAREZ, M.L.,ALVAREZE. A.*Thermogravimetry applied to the analysi sof Cabrales cheese*. Thermochimica Acta, May 1993,vol. 215, p.281-289.

[24] CURTIS ANGELIS, S., CURINI,R., ASCENZO, D.G., SAGONE, F., FACHIN, S.,BOCCA, A. *Grana Padano cheese: thermo analytical techniques applied to the study of ripening*. Food Chemistry, 1999,vol.66, p.375-380

[25] BUFFA,M., GUAMIS, B., ŚALDO, J., TRUJILLO, A.,J. *Changes in water binding during ripening of cheese made from raw, pasteurized or high-pressure-treated*

*goat milk.*Facultat de Veterinaria, Universitat Autonoma de Barcelona, Spain, 2003, vol. 83, p. 89-96.

[26] ČERNÝ, M., TRNKA, T., BUDĚŠINSKÝ, M. *Sacharidy*. Vydání první. Praha:Česká společnost chemická, 2010, 178 s., ISBN 978-80-86238-81-4.

[27] ČOPÍKOVÁ, J. *Chemie a analytika sacharidů*, Vydání první. Praha: VŠCHT,104 s. 1997, ISBN: 80-7080-306-1.

[28] AKOH, C.C. *Healthfullipids*. Champaign, Ill.: AOCS Press, c2005, vii, 760 p. ISBN 18-939-9751-0.

[29] DOLEŽAL, M. *Lipidy - přednáška VSCHT* [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupný z WWW:< http://web.vscht.cz>.

[30] AKOH, C.C., MIN, B.D. *Food lipids: chemistry, nutrition and biotechnology*. 2nd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, c2002, xiii, 1005 s. ISBN 0-8247-0749-4.

[31] DOLEŽAL, M.*Reakce lipidů - přednáška VSCHT* [online]. [cit. 2014-03-10].Dostupný z WWW:< http://web.vscht.cz>.

[32] POHOŘELÝ M., JEREMIÁŠ M., KOČICA J. *Stanovení bodu krystalizace* [online].[cit.2014-03-10].Dostupný z WWW:<http://www.vscht.cz/>.

[33] *Crystallization of fats and oils*. [online].[cit.2014-03-13]. Dostupný z WWW: <http://www.sonneveld.com>.

[34] WIDLAK, N.,HARTEL, W. R, NARINE S. *Crystallization and solidification properties of lipids* [online]. AOCS Press, c2001,viii,246 p. [cit. 2014-03-25]. ISBN 18-939-9721-9.

[35] *Pyris 1 DSC Concumables* [online].[cit.2014-03-20]. Dostupný z WWW: <http://www.perkinelmer.com/>.

[36] *Pyris 1 DSC* [online].[cit.2014-03-20]. Dostupný z WWW: < http://www2.umaine.edu/>.

[37] *DTG 60* [online].[cit.2014-03-20]. Dostupný z WWW: < http://www.shimadzu.com/>.

[38] DOLEŽAL, M. *Výskyt, složení a změny bílkovin v potravinách živočišného a rostlinného původu*. *Přednášky – VSCHT* [online].[cit.2014-03-28]. Dostupné z: http://web.vscht.cz/

[39] ROP, O.,VALÁŠEK, P., HOZA, I.. *Teoretické principy konzervace potravin* I. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2005, 130 s. ISBN 80-7318-339-0.

[40] FERNANDÉZ-MARTIN F., FERNANDÉZ P., CARBALLO J., JIMENÉZ-COLMENERO, F. *DSC study on influence ofmeat source, salt and fat levels and processingparameters on batterspressurisation*. Eur food Res Technol, 2000, vol. 211, p. 387-392.

[41] *DSC measurements of Edible Meat.* ApplicationBrief. HiTachiHigh-Tech Science Corporation. [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z WWW: <http://www.hitachi-hitec-science.com/>.

[42] ISHIWATARI N., FUKUOKA M., SAKAI N.*Effect of protein denaturation degree on texture and water state of cooked meat*. Journal of Food engineering. 2013, vol. 117, p. 361-369.

[43] BRETSCHNEIDER, R., ČOPÍKOVÁ, J.. *Technologie cukrovarnictví: technologie cukrovinek.* Vyd. 1. Praha: SNTL, 1984, 102 s.

[44] DOLEŽAL, M. *SACHARIDY - přednáška VSCHT* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupnéz WWW:<http://web.vscht.cz>.

[45] BECKETT, T.S., GRAZIS, F., M., GEARY, M. P., MACKENZIE, G., MAULNY, P.E. *DSC study of sucrose melting*. Carbohydrate Research, 2006, vol.341, p. 2591-2599.

[46] *TGA of sugar and starch.* ApplicationHandbooksfromthe Technology Leader in thermalanalysis. p. 30

[47] ELIASSON, A. CH. *Starch in food: structure, function and applications. BocaRaton: CRC Press*, c2004, ivi, 605 s. ISBN 0849325552.

[48] XINGXUN, L., LONG, Y., HONGSHENG, L., LING, CH., LIN, L. *Thermal Decomposition of Corn Starch with differential amylose/amylopectin Ratios in open sealed systems.*Cereal Chemistry, 2009, vol. 84, no. 4, p. 383-385.

[49] *Measurements of Gelatinization of starch by TGA.* Application Brief. HiTachi

High-Tech Science Corporation. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z WWW: <http://www.hitachi-hitec-science.com/>.

[50] SAIAH, R., GATTIN, R., SREEKUMAR, P.A. *Properties and Biodegradation Nature of thermoplastic Starch.* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupnéz:<http://cdn.intechopen.com>.

[51] *Crystallization of vegetable oils*. METTLER TOLEDO Thermal Analysis Application Handbook Food. [online]. [cit. 2014-04-09]. Dostupné z WWW:<http://mt.com/ta-handbooks/>.

[52] *Measurement of Solidification and Melting of Oil (DSC*). Shimadzu Analytical and measurements Instruments. [online]. [cit. 2014-04-09]. Dostupné z WWW:<http://www.shimadzu.com/>.

[53] MARANGONI, G.A. *Special issue of FRI- Crystallization, structure and functionality of fats.* Food Research International, 2002, vol. 35, p. 907.908.

[54] JAMIESON,G.S., BAUGHMAN, F.W. *CompositionofSesameoil*. Journalofthe-AmericanChemical society, 1924, vol. 46, p. 775-778.

[55] GUNSTONE, F. *Vegetableoils in food technology: composition, properties and uses*. UK: Wiley-Blackwell, 2011, 353 s. ISBN 978-144-4332-681.

[56] *HRABĚ, J., HOZA,I., ROP, O. Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 178 s. ISBN 8073183722.*

[57] GALÚCIO C.S., SOUZA, R.A., SBAITE, P., BENITES, I.C., MACIEL, W.R.M. *Physicochemical characterization of monoglycerols from sunflower oil*. Procedia Food Science, 2011, vol. 1, p. 1459-1464

[58] DIAN,M.H.L.N., KALYANA, S., IDRIS, N.A.DSC *Study on the Melting Propertiesof Palm Oil, SunflowerOil, and Palm Kernel Olein Blends Before and After-Chemical Interesterification*. Journal of the American Oil Chemists' Society,2006,vol. 83 P.739-745.

[59] JAMIESON,G.S., BAUGHMAN, F.W. *Composition of Sunflower-seed oil*. Journal of the American Chemical society, 1922, vol. 44, p. 2952-2957.

[60] *Chemical characteristics of olive oil*.[online]. [cit. 2014-04-11]. Dostupné z WWW:<http://www.oliveoilsource.com/>.

[61] KOKSAL,I.A., ARTIK,N., SIMSEK, A., GUNES, N. *Nutrient composition of hazelnut (Corylus avellana L.)varieties cultivated in Turkey*. Food Chemistry, 2006, vol.99, p. 509-515.

[62] *DSC of butter fats and margarine*. METTLER TOLEDO Thermal Analysis Application Handbook Food. [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z WWW:<http://mt.com/ta-handbooks/>.

[63] *Estimating the Solid Fat Content of Chocolate and Butter products*. HiTachiHigh-Tech Science Corporation. [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z WWWW: <http://www.hitachi-hitec-science.com/>.

[64] TEN GROTENHUIS, E; VAN AKEN, G; VAN MALSSEN, K; SCHENK, H. *Polymorphism of Milk Fat Studied by DifferentialScanningCalorimetry and Real-time X-ray Powder Diffraction.* JournaloftheAmericanOilChemists' Society. 1999, vol. 76, no. 9 s. 1031-1039. ISSN:0003-021X.

[65] DAHIMI, O., RAHIM, A.A., ABDULKARIM, S.M., HASSAN, I.S.M., HASHARI, Z.T.B., MASHITON, S.I., SAADIS, S. *Multivare statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat alduteration*. Food Chemistry, 2014, vol. 158, p. 132-138.

[66] *Melting of margarine*. Shimadzu Analytical and measurements Instruments. [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z WWW:<http://www.shimadzu.com/>.

[67] *Thermal Analysis 60 Series Application Data Book*. Shimadzu Analytical and measurements Instruments. [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z WWW:<http://www.shimadzu.com/>.

.

.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Typická křivka DSC..... 17

Obr. 2. Typická křivka TGA..... 19

Obr. 3. Pyris 1 DSC.....46

Obr. 4. Shimadzu DTG 60..... 47

Obr. 5. DSC veřové maso -chlazené (4 °).....49

Obr. 6. DSC vepřové maso-mrazené (-18 °C).....50

Obr. 7. DSC vepřové maso-mrazené (-77 °C).....50

Obr. 8. DSC řepný cukr-krystal.....51

Obr. 9. TGA řepný cukr-krystal.....51

Obr. 10. DTA kukuřičný škrob.....52

Obr. 11. TGA kukuřičný škrob.....52

Obr. 12. DSC sezamový olej.....53

Obr. 13. DSC slunečnicový olej.....53

Obr. 14. DSC olivový olej.....54

Obr. 15. DSC ořechový olej-lískový.....54

Obr. 16. DSC máslo.....55

Obr. 17. DSC margarín.....55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Charakteristika vzorků masa..... 40

Tabulka 2: Charakteristika vzorku řepného cukru krystal..... 40

Tabulka 3: Charakteristika vzorku škrobu..... 41

Tabulka 4: Charakteristika vzorků olejů a tuků..... 42

Tabulka 5: Výsledky DSC masa..... 46

Tabulka 6: Výsledky DSC řepného cukru krystal..... 46

Tabulka 7: Výsledky TGA řepného cukru krystal..... 46

Tabulka 8: Výsledky DTA kukuřičného škrobu..... 46

Tabulka 9: Výsledky TGA kukuřičného škrobu..... 47

Tabulka 10: Výsledky DSC olejů..... 47

Tabulka 11: Výsledky DSC tuků..... 47

Tabulka 12: Výsledky DSC tuků.....48