

Využití spektrometrických metod na stanovení technologických vlastností masa a masných výrobků

Jana Mrázková

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jana Mrázková

Osobní číslo: T11502

Studijní program: B2901 Chemie a technologie potravin

Studijní obor: Technologie a řízení v gastronomii

Forma studia: prezenční

Téma práce: Využití spektrometrických metod na stanovení technologických vlastností masa a masných výrobků

Zásady pro vypracování:

- 1. Technologie a chemické složení masa.**
- 2. Charakteristika masných výrobků.**
- 3. Využití spektrometrických metod v masném průmyslu.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] PIPEK, P. Technologie masa I. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1991. 174 s. ISBN 80-7080-106-9.

[2] KALOUS, V. Základy fyzikálně chemických metod 2. Vyd. Praha: SNTL, 1975. 477 s. ISBN 04-603-75.

[3] KOVÁČ Š., ILAVSKÝ D., LEŠKO J. Metody kontroly technologických procesov, Spektrální metody v organické chemii a technologii 1. Vyd. Bratislava: Alfa, 1987. ISBN 063-555-87.

[4] HORÁK, M., VÍTEK, A. Zpracování a interpretace vibračních spekter 1. Vyd. Praha: STNL, 1980. 430 s. ISBN 04-605-80.

[5] DAMEZ J. L., CLERJON S. Quantifying and predicting meat and meat products quality attributes using electromagnetic waves: Meat sci. 95, 2013. s. 879-896 ISSN 0309-1740.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Mária Plšková

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

16. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: MIRÁŽKOVÁ JANA

TECHNOLOGIE
Obor: ARTZEVU I GASTRONOMII

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 užit 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 15. 5. 2014

Mirážková Jana

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

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

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

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 vzdělávacímu 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

Bakalářská práce je zaměřena na využití spektrometrických metod v masném průmyslu. Hodnotí možnost využití těchto metod v určování technologických vlastností masa a masných výrobků. Tyto metody jsou v celém potravinářském odvětví stále ještě ve vývoji, a proto jsou v práci uvedeny pouze dnes nejpoužívanější metody, mezi které patří Ramanova spektrometrie, spektrometrie v infračervené oblasti a v menším měřítku také fluorescenční spektrometrie a spektrometrie ve viditelné oblasti. Využití uvedených spektrometrických metod je v potravinářství velmi perspektivní.

Klíčová slova: maso, masné výrobky, spektrometrické metody, Ramanova spektrometrie, spektrometrie v infračervené oblasti, fluorescenční spektrometrie, spektrometrie ve viditelné oblasti, spektrometry

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the use of spectrometrics methods in the meat industry. These methods are still in development in food industry and therefore are in the thesis listed only the most commonly used methods, which include Raman spectroscopy and infrared spectroscopy and to a lesser extent fluorescent spectroscopy and visible spectrometry. Making use of spectrometric methods is very promising in the food industry.

Keywords: meat, meat production, spectroscopy methods, Raman spectroscopy, infrared spectroscopy, fluorescence spectroscopy, visible spectroscopy, spectrometers

Velké poděkování patří Ing. Márii Plškové za odborné vedení mé práce, rady, ochotu a pomoc. Další poděkování patří také Ing. Robertu Gálovi, Ph. D. za cenné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce. Jako poslední bych chtěla poděkovat své rodině, přátelům a příteli za podporu při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	10
1 TECHNOLOGIE MASA	11
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MASA	11
1.1.1 Voda	11
1.1.2 Bílkoviny	12
1.1.3 Lipidy	13
1.1.4 Minerální látky	13
1.1.5 Vitamíny.....	14
2 CHARAKTERISTIKA MASNÝCH VÝROBKŮ	15
2.1 ROZDĚLENÍ MASNÝCH VÝROBKŮ.....	15
2.1.1 Tepelně opracované masné výrobky	16
2.1.2 Tepelně neopracované masné výrobky.....	16
2.1.3 Trvanlivé tepelně opracované masné výrobky	17
2.1.4 Fermentované trvanlivé masné výrobky.....	17
2.1.5 Masný polotovar.....	18
2.1.6 Kuchyňské masné polotovary.....	18
2.1.7 Polokonzervy.....	19
2.1.8 Konzervy	19
3 SPEKTROMETRICKÉ METODY	20
3.1 ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM.....	20
3.2 MĚŘENÍ SPEKTER.....	22
4 SPEKTROMETRICKÉ METODY V MASNÉM PRŮMYSLU	25
4.1 SPEKTROMETRIE V INFRAČERVENÉ OBLASTI.....	27
4.1.1 Princip	27
4.1.2 Spektrometrie v blízké infračervené oblasti.....	28
4.1.3 Spektrometrie ve střední infračervené oblasti	29
4.1.4 Spektrometrie v daleké infračervené oblasti	30
4.2 RAMANOVA SPEKTROMETRIE	30
4.2.1 Princip	30
4.2.2 Využití.....	30
4.3 SPEKTROMETRIE VE VIDITELNÉ OBLASTI.....	32
4.3.1 Princip	32
4.3.2 Využití.....	33
4.4 FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE	34
4.4.1 Princip	34
4.4.2 Využití.....	34
ZÁVĚR	36
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	41
SEZNAM OBRÁZKŮ	43

SEZNAM TABULEK.....	44
----------------------------	-----------

ÚVOD

Maso a masné výrobky dnes patří mezi významnou položku v lidské stravě. Z tohoto důvodu je velmi důležité zaručit zdravotní nezávadnost a také vysokou kvalitu těchto produktů. Se stále se zvyšující cenou potravin, která se nevyhnula ani masnému průmyslu, zákazníci požadují kvalitní výrobky, proto je také nutné zamezit falšování a nahrazování nákladnějších součástí masných výrobků levnějšími surovinami. V těchto ohledech jsou spektrometrické metody ideální analytickou metodou. Dokáží rychle a kvalitně zhodnotit kvalitu masa a masných výrobků. Využití spektrometrie je možné již od porážky, přes výrobu až po kontrolu konečných masných výrobků. Největší výhodou je rychlost analýzy a také velmi rychlé zpracování naměřených dat pomocí stále se vyvíjejících počítačových programů pro stanovení spekter. Příznivé pro využití těchto metod v masném průmyslu jsou stále klesající ceny měřících přístrojů a také další vývoj pro využití pro potravinářské účely. Také se stále zmenšuje velikost přístrojů a je již možné zakoupit kapesní spektrometry pro lepší využití v provozu. Očekává se, že využití spektrometrických metod v potravinářství bude stále stoupat a nahradí některé z pomalejších a méně přesných metod.

1 TECHNOLOGIE MASA

Jako maso jsou definovány všechny části těl živočichů v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě. V některých případech se definice omezuje jen na maso teplokrevných živočichů [1]. V širším pojetí sem patří také maso ryb a některých bezobratlých. V užším pojetí se zde zahrnuje pouze kosterní svalovina. Tato definice zahrnuje mezi maso i masné výrobky, živočišné tuky, krev, droby a kůži, jsou-li konzumovány [1, 2]. Droby jsou definovány jako požitelné části, které nepatří do masa v jatečné výrobě [1].

1.1 Chemické složení masa

Chemické složení masa je velmi obtížné charakterizovat [1]. Závisí na plemenu, složení krmiva, věku a pohlaví poražených zvířat [2]. Velký vliv na konečné chemické složení masa mají také technologické procesy během výroby a zpracování masa. Libová svalovina se skládá z vody, lipidů, bílkovin, minerálních látek a vitamínů [1]. Jiné složení má čistá svalovina zbavená extramuskulárního tuku, povázek a šlach. Jiné má také jatečný opracovaný kus jako celek [2].

Tabulka 1: Složení libové svaloviny [1, 2]

Procento obsahu [%]	Složka masa
70-75	voda
18-22	bílkoviny
2-3	tuky (lipidy)
1-1,5	minerální látky
0,9-1,0	extr. bezdusíkaté látky
1,7	extr. dusíkaté látky

1.1.1 Voda

Na vodu připadá největší podíl a to až 70 – 75 % hmotnostních [2]. U rybího masa je tento podíl ještě větší a to až kolem 80 % hmotnostních. Obsah vody je závislý na živočišném druhu a také na obsahu tuku. I masné výrobky jsou v obsahu vody velmi proměnlivé. Nejčastěji se zde voda pohybuje v rozmezí 30 – 70 % [3]. Dále je voda prostředím pro biochemické a chemické procesy. V řadě případů je limitujícím faktorem pro růst mikroorganismů. Při dostatečně nízké vodní aktivitě se zastavuje jejich růst.

Voda se v mase nachází jako volná nebo nestejně pevně vázaná. Nejpevněji je vázaná hydratační voda. Další podíly jsou mezi jednotlivými částmi svaloviny nebo volné v mezibuněčných prostorech. Obsah vody také ovlivňuje jakost masných výrobků [2].

Tabulka 2: Obsah vody u vybraných druhů masa [3]

Druh masa	Obsah vody v %
Maso vepřové	30-72
Maso hovězí	35-73
Maso kuřecí	63-75
Ryba	65-81

1.1.2 Bílkoviny

Významná složka masa z technologického i nutričního hlediska. Jde zde většinou o tzv. "plnohodnotné bílkoviny", které obsahují všechny esenciální aminokyseliny. V libové svalovině je obsah bílkovin 18 – 22 % hmotnostních. Dle rozpustnosti ve vodě a v solných roztocích se bílkoviny dělí do skupin: sarkoplazmatické, myofibrilární a stromatické. Rozdílné rozpustnosti se využívá při vytváření struktury masných výrobků [1, 4].

- ❖ **Bílkoviny sarkoplazmatické** – rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích, jsou obsaženy v sarkoplazmatu.
- ❖ **Bílkoviny myofibrilární** – rozpustné v roztocích solí, v samotné (deionizované) vodě jsou nerozpustné.
- ❖ **Bílkoviny stromatické** - nejsou rozpustné ani ve vodě, ani v solných roztocích. Jsou obsaženy ve vlákních pojivových tkání, které ve svalovině tvoří obaly svalových struktur.

Z technologického, nutričního a ekonomického hlediska je důležitou veličinou charakterizující jakost obsah svalových bílkovin. Jedná se o sarkoplazmatické a myofibrilární bílkoviny. Obsah se určuje jako rozdíl obsahu všech bílkovin v mase a obsahu bílkovin stromatických [1, 4]. Do této skupiny se dále řadí také kolagen, elastin a keratiny [4].

1.1.3 Lipidy

Podíl lipidů v mase je velmi proměnlivý a to jak mezi jednotlivými kusy zvířat, tak i mezi jednotlivými částmi masa. Rozdílné tučnosti je také maso domácích a divokých zvířat. Tento rozdíl je způsoben rozdílným stylem života těchto zvířat [4]. V mase jsou lipidy nejvíce zastoupeny jako tuky (estery mastných kyselin a glycerolu) a to až 99 %. V menší míře jsou zde zastoupeny fosfolipidy [1, 2]. Malá část tuku je přímo uvnitř svaloviny (intramuskulární, vnitrosvalový tuk). Větší část tuku je uložena jako samostatná tuková tkáň (tuk depotní, zásobní). Důležitý pro chuť a křehkost masa je intramuskulární tuk zejména intracelulární podíl. Mezi buňkami je rozložen ve formě žilek a tvoří tzv. mramorování masa. Maso s mramorováním je více ceněno [1].

1.1.4 Minerální látky

Minerální látky tvoří přibližně 1 % hmotnosti masa. Obvykle se do této skupiny řadí všechny látky, které zůstávají v popelu po zpopelnění masa. Většina minerálních látek je rozpustná ve vodě a ve svalovině je přítomna ve formě iontů. Významný je obsah draslíku, vápníku, železa a hořčíku. V rybím mase také obsah jódu [1, 2, 4]. Ten se u mořských ryb vyskytuje v množství 0,28 – 1,75 mg.kg⁻¹ [3]. Jednotlivé minerální látky mají specifické funkce z hlediska metabolismu i z hlediska technologického. Především se podílí na udržení osmotického tlaku a elektrolytických rovnovah uvnitř a vně buňky [2]. Obsah minerálních látek je velmi kolísavý jak je vidět v uvedených tabulkách 3 a 4 [3].

Tabulka 3: Obsah významně obsažených minerálních prvků [3]

Obsah minerálních prvků v mg.kg⁻¹				
Druh masa	Na	K	Cl	Mg
Maso vepřové	450-600	2600-4000	480-490	80-220
Maso hovězí	580-690	3400	400-740	170-250
Maso kuřecí	460	4100	610	130-290
Ryby	650-1200	2200-3600	570-1200	140-310

Tabulka 4: Obsah významně obsažených minerálních prvků [3]

Obsah minerálních prvků v mg.kg⁻¹					
Druh masa	Ca	P	S	Fe	Zn
Maso vepřové	50-90	1300-2200	1400-2600	10-20	17-40
Maso hovězí	30-150	1200-2000	750-2100	22-30	30-43
Maso kuřecí	60-130	1200-2500	2700	4,3-8,4	8,1-12
Ryby	60-5200	1900-3900	1400-2300	1,3-15	3,3-27

1.1.5 Vitamíny

Obsah vitamínů je rozdílný u jednotlivých druhů zvířat. Velký rozdíl je zejména mezi přežvýkavci a nepřežvýkavci. U přežvýkavců je určitý podíl využit mikroflórou v předžaludcích. Z tohoto důvodu je v mase polygastických zvířat relativně stálý oproti masu monogastických zvířat, kde kolísá v závislosti na krmivu [2]. Maso je z větší části zdrojem vitamínů skupiny B, zejména vitamínu B₁₂. Celkově jsou vitamíny obsaženy jak ve svalovině, tak i ve vnitřních orgánech. Obsah vitamínu C je minimální. Vyšší je pouze v játrech a čerstvé krvi. V samotném maso je zanedbatelný. Lipofilní vitamíny A, D a E jsou obsaženy pouze v tukové tkáni a játrech [1].

2 CHARAKTERISTIKA MASNÝCH VÝROBKŮ

Zpracovávání masa vychází z nutnosti uchovávat maso po delší dobu a mít jeho zásobu i v době, kdy je jeho nedostatek. Technologie zpracování se zakládají na snížení vodní aktivity a pH. Mezi historicky nejpoužívanější metody patří sušení a nasolování masa. Původně probíhalo sušení na přímém vzduchu. Snížení vodní aktivity pomocí soli se provádělo třením povrchu masa pomocí hrubých krystalů soli nebo ponořováním do solných roztoků [5]. Obecně v současnosti masný výrobek získáme zpracováním masa nebo dalším zpracováním již hotových masných výrobků. U masného výrobku musí být z řezné plochy zřejmé, že pozbyl znaků charakteristických pro čerstvé maso. Při výrobě nesmí být obecně použity pohlavní a močové orgány, chrupavky hrtanu a průdušnice. Dále nesmí být použity oči a oční víčka, zvukovody, rohovina a drůbeží hlava. Další omezení pro použití některých výrobních surovin se týkají přesně stanovených skupin masných výrobků.

Dnes je na trhu velké množství masných výrobků, které jsou velmi různorodé. Při jejich výrobě záleží na surovinách, přísadách i pomocných látkách, které se použijí. Dále hlavně záleží také na způsobu, nápaditosti a originalitě balení masného výrobku [6].

Príslušná skupina zařazení masných výrobku musí být uvedena na obalu [7].

2.1 Rozdělení masných výrobků

V České republice je rozdělení masných výrobků následující:

Je dáno vyhláškou 169/2009, kterou se mění vyhláška č. 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i), j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich ve znění vyhlášky č. 264/2003 Sb. [8].

2.1.1 Tepelně opracované masné výrobky

Výrobky, u kterých bylo ve všech částech dosaženo minimální teploty 70°C po dobu 10 minut. Tato skupina je velmi široká a patří sem například špekáčky, párky, měkké salámy (šunkový salám, gothajský salám apod.), různé dušené šunky, vařené výrobky (jaternice, jelítka, tlačinky apod.) uzená masa, různé speciality (anglická slanina, kladenská pečeně, apod.), ale i grilovací klobásy a tyčinky [6].



Obrázek 1: Tepelně opracovaný masný výrobek – šunkový salám [9]

2.1.2 Tepelně neopracované masné výrobky

Výrobky určené k přímé spotřebě bez dalších úprav, u kterých nedošlo k žádné tepelné úpravě surovin ani výrobku. Bývají zpravidla uzeny jen studeným kouřem po dobu několika dnů [7]. Patří sem například čajovky nebo métský salám [6, 7].



Obrázek 2: Tepelně neopracovaný masný výrobek – métský salám [10]

2.1.3 Trvanlivé tepelně opracované masné výrobky

Výrobky, u kterých bylo ve všech částech výrobku dosaženo minimální teploty 70°C po dobu 10 minut, a dále došlo ještě k dalším úpravám a to ke zrání, uzení nebo sušení. Dochází tak k odstranění části vody a tím je prodloužena minimální trvanlivost výrobků až na 21 dnů při teplotě skladování 20°C. Do této skupiny je zařazen salám selský a také salám vysočina [6].



Obrázek 3: Trvanlivý tepelně opracovaný masný výrobek – vysočina [9]

2.1.4 Fermentované trvanlivé masné výrobky

Fermentované výrobky jsou známé již od středověku [5]. Jedná se o tepelně neopracované výrobky určené k přímé spotřebě. Ošetřením fermentací následným zráním a sušením popřípadě i uzením došlo k vysušení. Zbavením přebytečné vody byla prodloužena jejich minimální trvanlivost na 21 dnů při teplotě skladování 20°C. Do této skupiny jsou zařazeny salámy jako lovecký, herkules, paprikáš a Zličan, různé sušené šunky a pršuty. Dále také dunajská klobása [6].



Obrázek 4: Fermentovaný trvanlivý masný výrobek – poličan [9]

2.1.5 Masný polotovar

Tepelně neopracované maso, u kterého zůstala zachována vnitřní buněčná struktura a vlastnosti jako u čerstvého masa, ke kterému byly přidány potraviny, koření či přípravy nebo různé přídatné látky. Tyto výrobky jsou určeny dále k tepelné kuchyňské úpravě před spotřebou. Za masný polotovar je považován již výrobek s přidáním jedlé soli vyšším než 1 % hmotnostních [11].



Obrázek 5: Masný polotovar – vinná klobása [12]

2.1.6 Kuchyňské masné polotovary

Částečně tepelně opracovaná upravená masa nebo směs mas s aditivami a pomocnými látkami [6,7], popřípadě dalšími surovinami a látkami určenými k aromatizaci. Tyto výrobky je dále nutné tepelně kuchyňsky upravit před vlastní konzumací [11].



Obrázek 6: Kuchyňský masný polotovar – uzená plec – rolka [13]

2.1.7 Polokonzervy

Výrobky ošetřené pasterací uzavřené v neprodyšných obalech. Ve všech částech výrobku proběhla tepelná úprava při 100°C po dobu 10 minut [6].



Obrázek 7: Polokonzerva – husacia pečevňová nátierka [14]

2.1.8 Konzervy

Sterilní výrobky v hermeticky uzavřených obalech. Teplota působení ve všech částech výrobku musí být 121°C po dobu 10 minut [6].



Obrázek 8: Konzerva – hovězí konzerva [15]

3 SPEKTROMETRICKÉ METODY

Spektrometrie je obor, který se zabývá měřením a vyhodnocováním elektromagnetického záření, které je látkou buď emitováno, nebo s ní interaguje. Podstatou těchto spektrometrických metod je sledování interakce elektromagnetického záření se studovanou látkou a poté využití pozorovaných jevů na důkaz přítomnosti látek, studium struktury nebo stanovení koncentrace. Můžeme tedy hovořit o kvalitativní nebo kvantitativní spektrometrii. Interakce se zářením lze rozdělit do dvou skupin a to absorpce nebo emise [16].

- ❖ **Absorpce:** jev, při kterém je záření látkou pohlcováno [16]. Molekuly, ionty i atomy jsou schopné absorbovat záření frekvencí, které odpovídají přechodům mezi energetickými stavy. Frekvence absorbovaného záření budou pro danou látku charakteristické a budou vypovídat o její struktuře [17].
- ❖ **Emise:** jev, při kterém dochází k vyzáření energie, tedy k opačnému procesu od absorpce [16].

Dále dle interakce záření s látkami dochází k nepružnému nebo pružnému rozptylu záření:

- ❖ **Nepružný rozptyl:** jev, kdy záření interagující s látkou je rozptýleno nebo se odráží a přitom dochází ke změně jeho vlnové délky.
- ❖ **Pružný rozptyl:** jev, kdy nedochází k výměně energie ani změně vlnové délky působícího záření. Do této skupiny patří například metody měření indexu lomu nebo polarimetrie, tedy metoda, při které dochází k otáčení roviny polarizovaného světla [16].

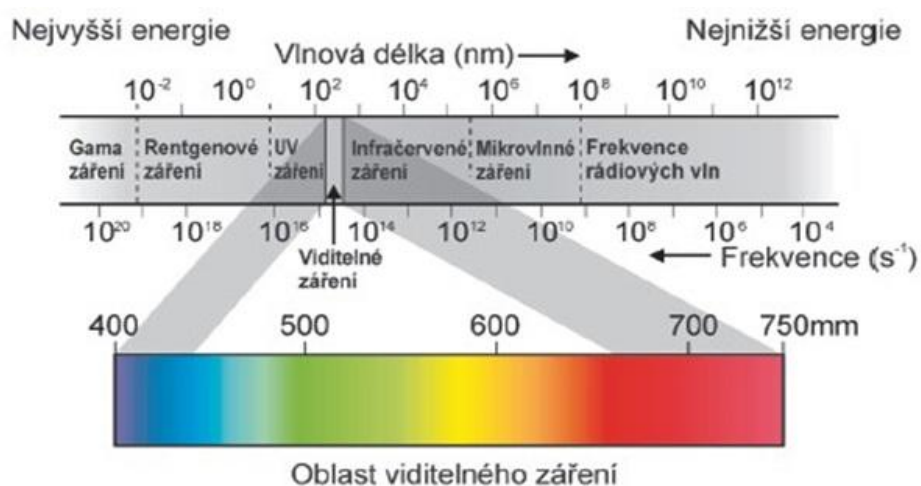
Pro rozdělení těchto metod je důležité, zda dochází k absorpci nebo emisi záření analyzovaným vzorkem. Při absorpci záření se posuzuje velikost a charakter absorpce. Energie záření, která je absorbována vzorkem, je dále využita. Při emisi dochází k přechodu z vyššího do základního energetického vztahu [16].

3.1 Elektromagnetické spektrum

Spektrém se rozumí jakákoliv funkční závislost dvou veličin, z nichž jedna má rozměr energie [18]. Spektrum zahrnuje záření různé vlnové délky. Je rozdělené na oblasti, mezi kterými jsou přesně definované hranice [19].

Energie ze záření absorbovaného látkou se spotřebovává na:

- ❖ **Přechod elektronu tvořícího chemické vazby** – jedná se o přechod volných elektronových páru do vyšších energetických hladin. Je zde potřeba velké množství energie a to $627 - 150 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. To odpovídá záření s relativně krátkou vlnovou délkou, mezi které patří ultrafialové a viditelné záření $\lambda = 190 - 800 \text{ nm}$.
- ❖ **Zvýšení vibrační energie chemických vazeb** – ke zvýšení vibrací atomů spojených chemickou vazbou je potřeba energie řádu $150 - 5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Do této skupiny se řadí záření v blízké infračervené oblasti s vlnovou délkou $\lambda = 0,8 - 2 \text{ }\mu\text{m}$ a také infračervené záření s vlnovou délkou $\lambda = 2 - 30 \text{ }\mu\text{m}$.
- ❖ **Zvýšení rotační energie molekuly** – k tomuto kroku je zapotřebí jen velmi malá energie a to asi $4 - 0,01 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Do této skupiny lze zařadit záření v daleké infračervené oblasti a také záření v mikrovlnné oblasti s vlnovou délkou $\lambda = 30 - 10\,000 \text{ }\mu\text{m}$ [19].



Obrázek 9: Elektromagnetické spektrum [20]

Dle hodnoty frekvence nebo také podle vlnové délky absorbovaného záření lze poté látku identifikovat. Dle velikosti této absorpce můžeme posoudit množství absorbující látky. Musí se ovšem brát ohled také na možnost, že část záření může být rozptýlena nebo odražena. Při práci je nutné volit takové podmínky, aby rozptyl a odraz byly co nejvíce zanedbatelné. Poté je možné naměřit absorpční spektrum, které představuje závislost intenzity absorpce na vlnových délkách [16].

3.2 Měření spekter

Interakce elektromagnetického záření se vzorkem se měří pomocí speciálních přístrojů – spektrometrů. Tyto přístroje jsou uzpůsobené na měření absorbovaného nebo emitovaného záření. Velikost a také povaha těchto změn naměřeného záření dokáže nepřímo poskytnout informace o struktuře analyzované látky, tedy o jejím kvalitativním a kvantitativním složení. Přístroje pro měření spekter se od sebe značně liší [16].

Mezi společné části všech spektrometrů patří: zdroj záření, zařízení na umístění vzorku, monochromátor, pomocná optika a detektor záření [16].

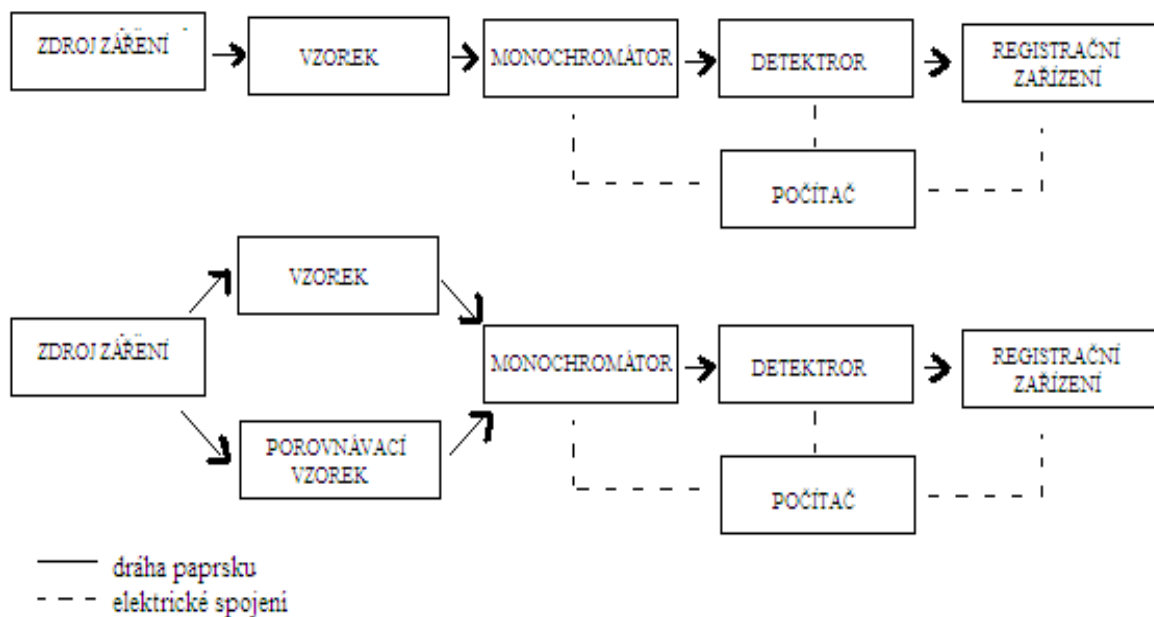
- ❖ **Zdroj záření** – poskytuje spojité záření v celém oboru spektra [21]. Nejdůležitějším požadavkem je, aby záření bylo stálé a mělo dostatečnou intenzitu [16].

Tabulka 5: Zdroje elektromagnetického záření [16]

Záření	Zdroj záření	Fyzikální podstata vzniku záření	Použití
UV/VIS	Výbojka	Relaxace valenčních elektronů	UV/VIS spektrometrie
	Žárovka	Přeměna elektrické energie na spojité záření prostřednictvím rozžhaveného kovového vlákna	VIS spektrometrie
	Laser	Inverzní populace s vynucenou emisí	UV/VIS spektrometrie
IČ	Nernstova lampa	Emise spojitého záření po rozžhavení tělesa	IČ spektrometrie
	Laser	Inverzní populace	FTIR

- ❖ **Zařízení na umístění vzorku**
- ❖ **Monochromátor záření** – používá se na rozklad polychromatického záření na monochromatické složky tj. na záření co nejužšího intervalu [16]. Monochromátor je vybaven vstupní štěrbinou, dále disperzním systémem, kterým bývá hranol nebo mřížka s příslušnou optikou a nakonec výstupní štěrbinou [21].
- ❖ **Pomocná optika** – slouží pro vedení svazku paprsku přístrojem.
- ❖ **Detektor záření** – zde vyvolává dopadající záření registrovatelné změny. Jedná se o zařízení, které převádí energii záření na jiné formy energie, které jsme schopni jednoduchým způsobem změřit. Nejčastěji se používá převedení na energii elektrickou [16].

Spektrometry můžeme také rozdělit na jedno nebo dvou paprskové [16, 21]:



Obrázek 10: Blokové uspořádání základních částí spektrometru [16]

Omezením u spektrometrických metod je, že podávají informace pouze z prostorového zobrazení. Tento problém je velký zvláště u masa, které je heterogenním materiálem a je potřeba prozkoumat celý vzorek. Proto je také možné použití hyperspektrálního zobrazovacího systému. Jedná se o systém, který dokáže spojit obě techniky. Poskytuje spektrální i prostorové měření současně. Tato technika je velmi spolehlivou a rychlou alternativou zobrazování [22].

Před samotným měřením je důležitá také kalibrace spektrometru. Je již možné zakoupit připravené komerční kalibrační příslušenství [23]. Při analyzování vzorku je důležité vybrat oblasti, kde bude měření prováděno. Obvykle těchto oblastí bývá více, aby měření pokrylo co největší plochu. Například může být třikrát měřena oblast o ploše 10mm^2 u každého vzorku. Měření se může provádět i z více stran výrobků [24]. Dále se také provádí měření u homogenizovaných vzorků, kde je vzorek nejprve strojově zhomogenizován a poté odebrána jeho část k měření [25]. Pro samotné měření spekter jsou dnes přístroje připojeny na počítač, jak je vidět na obrázku č. 13, aby mohlo docházet k rychlému vyhodnocení spekter pomocí počítačových programů [26]. Výsledné spektrum na určitém místě vzorku slouží i jako tzv. otisk prstu, který může být použit k charakterizaci fyzikálních vlastností pouze z daného místa [20].

Využití elektromagnetických vln je široké z důvodu praktičnosti a schopnosti prozkoumat materiál. V závislosti na frekvenci i na vlnové délce použitých elektromagnetických vln je nepravděpodobné, že se toto záření do masa vstřebá nebo se jinak na mase projeví [27]. V porovnání s jinými metodami mají tyto spektrometrické mnoho výhod. Poměrně rychle poskytují velké množství informací o struktuře i velmi komplikovaných přírodních sloučenin. Záznam naměřeného spektra je možné vytvořit za několik sekund nebo minut. Další výhodou je malé množství vzorku určeného pro analýzu. Tyto metody jsou využívány také pro svou selektivitu a citlivost při analýze směsí.

Všechny spektrální metody s výjimkou hmotnostní spektrometrie, zkoumají interakce elektromagnetického záření s molekulami sloučeniny [19].

4 SPEKTROMETRICKÉ METODY V MASNÉM PRŮMYSLU

Důležitá postava, která se zasloužila o rozvoj spektrometrických metod v masném průmyslu, je Howard J. Swatland. V 90. letech jako první provedl mnoho prací na vývoji optických metod k posouzení kvality masa a masných výrobků [27].

Hlavním cílem využití spektrometrických metod v potravinářství a masném průmyslu je zaručit pro spotřebitele masné výrobky ve vysoké kvalitě a také hlavně zdravotní nezávadnosti [27]. Obecně platí, že svalové tkáně zdravých zvířat lze považovat za sterilní. Ke kontaminaci dochází až při technologickém zpracování. Proto je také požadován rychlý a přesný systém pro detekci mikrobiálního znehodnocení již v počátku pracovního procesu [24]. Bohužel tradiční metody určování vlastností masa a masných výrobků jsou časově relativně náročné. Čekání na výsledky měření je činí méně vyhovující. Dochází při nich také k destrukci analyzovaných vzorků. Tím dochází ke znemožnění dalšího využití potraviny. Oproti tomu spektrometrické metody mají mnoho výhod. Mezi největší patří nedestruktivnost, kde nedochází ke znehodnocení vzorku a je tedy možné ho opakovaně využít [22]. Také se zde nepoužívají žádná toxická činidla. Hlavní nevýhodou spektrometrických metod je závislost na referenčních metodách, dále také vysoká pořizovací cena přístrojů [28]. Některé spektrometrické metody, hlavně ty bezkontaktní, jsou často velmi nákladné na využití ve výrobních linkách [27]. Mezi další nevýhody patří slabá citlivost některých metod k minoritním složkám potravin [28], ale také malý měrný prostor, který udává informace pouze z měřené části [22].

Spektrometrické metody získaly svůj význam při hodnocení jakosti potravin až během posledního desetiletí [29]. Ukázalo se, že jsou vhodné ke kontrole celého výrobního procesu, od využití na jatkách až po kontrolu senzorických vlastností hotových masných výrobků [22]. Hlavní znaky, které mohou být hodnoceny pomocí elektromagnetických vln, jsou senzorické vlastnosti, chemické složení, fyzikálně chemické vlastnosti a nutriční vlastnosti masa. Dále je lze využít při kontrole bezpečnosti a nezávadnosti potravin. K analýze je možné využít jak nízké, tak i vysoké frekvence elektromagnetických vln [27].

Uvedené spektrometrické metody jsou odlišné ve vhodnosti použití pro různé části výroby, ale i různé druhy masa. Některé jsou vhodné při hodnocení výrobků s větším množstvím vody. Mezi tyto metody můžeme zařadit Ramanovu spektrometrii, která je vhodná při zhodnocování ryb a rybích výrobků. Naopak některé jsou vodou rušeny, a proto musí dojít

k předúpravě před vlastním měřením (například sušením). Záleží také na druhu analyzované tkáně. Masa vykazují různou vodivost v závislosti na složení a struktuře [27].

Tabulka 6: Shrnutí využívaných metod, jejich výhody a nevýhody [30]

Metoda	Typ udávané informace	Výhody	Nevýhody
Spektrometrie v infračervené oblasti	Struktura molekul	Bezkontaktní, rychlé	Nutná kompletní analýza dat
Spektrometrie v blízké infračervené oblasti	Struktura molekul, textura, šťavnatost, křehkost, rozdíl mezi čerstvým a rozmrazeným produktem, vaznost	Bezkontaktní, rychlé	Nutná kompletní analýza dat
Ramanova spektrometrie	Struktura molekul, interakce molekul, struktura proteinů, vodní aktivita, organizace tuků, vaznost, textura, křehkost	Bezkontaktní, rychlé, lze provádět in vivo pomocí optických vláken, stačí malá část vzorku	Nutná kompletní analýza dat
Spektrometrie ve viditelné oblasti	Barva, délka sarkomery, PSE, křehkost, obsah kolagenu, čerstvost ryb	Často se provádí s pomocí polarizovaného světla	---
Fluorescenční spektrometrie	Tryptofan, obsah pojivové tkáně, chutnost, žvýkatelnost, čerstvost ryb, křehkost, stárnutí	Bezkontaktní, rychlé, lze provádět in vivo pomocí optických vláken, často se provádí pomocí polarizovaného světla	Často je třeba využít vnější sondy, citlivost k vysokým teplotám

4.1 Spektrometrie v infračervené oblasti

Je metodou, která se zabývá infračervenou oblastí elektromagnetického spektra, kterému odpovídá vlnová délka přibližně 800 – 2500 nm. Využívá se hlavně ve farmaceutickém průmyslu a v lékařství. K rozvoji používání této metody v potravinářském průmyslu dochází až v posledních letech. Pro svou rychlost, všestrannost a snadnost používání se v budoucnu může stát hlavní analytickou metodou k hodnocení masných výrobků [30].

Je možné použít dva druhy infračervených spektrometrů, a to spektrometr s monochromátorem nebo spektrometr s interferometrem [19]. Do druhé skupiny můžeme zařadit novější techniku Fourierovou transformaci infračervené spektrometrie (FT – IR). Rozdílem mezi metodou spektrometrie v infračervené oblasti, kde se používá pro vývoj světla monochromátor je právě použití interferometru [30]. Ten se skládá z dvou navzájem kolmých zrcadel. Jedno z nich je stabilní a druhé se otáčí konstantní rychlostí. Mezi těmito zrcadly je umístěno semireflexní zařízení, na kterém se část dopadajícího záření odrazí na otáčivé zrcadlo, z něho dále zpět na semireflexní zařízení. Část záření se poté odrazí na stabilním zrcadle, z kterého se odrazí na detektor. Funkcí interferometru je rozdělení dopadajícího záření na dva paprsky. Ty se poté znovu spojí a dochází mezi nimi ke vzniku rozdílu vlnové dráhy [19]. Signál je ve výsledném spektru totožný s infračerveným spektrem. Měření spekter je oproti infračervenému rychlejší [30]. Oblast $200 - 5000 \text{ cm}^{-1}$ je možné změřit už za 1s. Také umožňuje měřit spektra sloučenin již při velmi malých koncentracích [19]. Infračervené zařízení s interferometrem může být použito přímo na povrch masa z důvodu celkové zeslabené odrazivosti. V masném průmyslu lze použít k měření biochemických změn v mase a detekci mikrobiálního kažení [27, 30]. Použití není tak velké jako u přístrojů s monochromátory. Ty jsou cenově dostupnější a tedy v praxi běžnější [19].

4.1.1 Princip

Spektrometrie v infračervené oblasti je založena na principu interakce infračerveného záření s molekulami sloučenin, kde se projeví ve spektru změna vibračního a rotačního stavu molekuly [19]. Velké změny vibračního stavu molekuly jsou pozorovány v blízké infračervené oblasti spektra – NIR [30]. Infračervené záření při dopadu na soubor molekul je z části pohlcováno a z části vzorkem prochází [18].

Spektrometrie v infračervené oblasti se rozděluje na tři oblasti:

- ❖ Blízká ($4000 \rightarrow 12000 \text{ cm}^{-1}$)
- ❖ Střední ($200 \rightarrow 4000 \text{ cm}^{-1}$)
- ❖ Daleká ($10 \rightarrow 200 \text{ cm}^{-1}$) [19]

4.1.2 Spektrometrie v blízké infračervené oblasti

Každá z uvedených metod má výhody i nevýhody pro využití v masném průmyslu. Velkou výhodou při použití spektrometrie v blízké infračervené oblasti představuje nedestruktivnost analyzovaných vzorků. Je možné ji použít jak přes transparentní obaly, tak i přímo na potraviny [28]. Přímě na povrch potraviny je možné využít k tzv. "otisku prstu" neboli "fingerprints". Principem tohoto měření je charakterizace fyzikálních vlastností přímo daného analyzovaného místa [22]. Hlavním problémem při použití spektrometrie v blízké infračervené oblasti v masném průmyslu je voda obsažená ve vzorku. Silně absorbuje záření, a proto ruší vlastní měření [25]. Mezi další nevýhody patří slabá citlivost k minoritním složkám potravin. Proto se využívá k určování makro složek jako je voda, tuk a bílkoviny [28].

První využití spektrometrie v blízké infračervené oblasti v analýze masa bylo provedeno již v roce 1968 Karlem Norrisem a jeho kolegy v Beltsvillu. Jednalo se zde o stanovení tuku a vlhkosti v homogenizovaných vzorcích masa [28]. Jednou z dalších možností využití byla kvalifikace a kvantifikace tuku u masných a rybích výrobků [30]. Například roku 1996 Wold, Jakopsen a Krane použili spektrometrii v blízké infračervené oblasti na měření tuku ve vzorcích lososa [31]. Velká pozornost byla také věnována analýze křehkosti masa. Již roku 1995 Hyldrum a kol. provedli jedno ze stanovení křehkosti pomocí spektrometrie v blízké infračervené oblasti. Za nimi v roce 1998 následoval Byrne a kol. a také další týmy například Park a kol. [32]. Použitím společně se spektrometrií ve viditelné oblasti je spektrometrie v blízké infračervené oblasti schopna hodnotit světelnou propustnost hovězího masa a detekovat mramorování tukem nejen z povrchu masa, ale i pod jeho povrchem [33]. Mezi další schopnosti patří poskytnutí informace o složení mastných kyselin, jak pro množství nasycených mastných kyselin, tak i pro monoenoové mastné kyseliny [27]. Dalším důležitým využitím je také kategorizace masa do tříd dle kvality [28]. Tuto metodu použili Nilsen, Esaiaseen, Heia a Sigernes pro vyhodnocení čerstvosti

u ryb v průběhu skladování. Stejně vyhodnocení tentokrát u vepřového masa provedli Chen, Cai, Wan a Zhao v roce 2011. U kuřecích prsou vyhodnocení čerstvosti při skladování provedl Grau a kol. také roku 2011 [27].



Obrázek 11: Blízký infračervený spektrometr (Varian, Palo Alto, CA) [44]

Spektrometr zobrazený výše na obrázku 11. byl použit pro stanovení tuku a vlhkosti homogenizovaného masa [28].

Firmou FOSS byl vyvinut analyzátor “Foodscan“, který lze použít v blízké infračervené technologii pro měření více parametrů masa jako je vlhkost, obsah bílkovin a obsah tuku. Tato metoda je bohužel destruktivní, vzorek musí být nasekán, aby bylo možné určit podíl mramorování v mase [33]. Je ovšem velmi rychlá, přesná a snadno použitelná pro analýzu všech fází výroby masa. Lze ji použít jak pro kontrolu příchozí suroviny, tak i pro finální kontrolu výrobků [34].



Obrázek 12: Foodscan™ [34]

4.1.3 Spektrometrie ve střední infračervené oblasti

Využití spektrometrie ve střední infračervené oblasti není tak rozsáhlé jako u spektrometrie v blízké červené oblasti. Tato metoda je poměrně pomalejší pro získání naměřeného

spektra (asi 30 minut). To ji činí omezujícím pro využití v analýze potravin. Také trpí slabou celkovou odrazivostí. Z tohoto důvodu může být použita pouze na povrch materiálu [22].

4.1.4 Spektrometrie v daleké infračervené oblasti

V potravinářském průmyslu se ve větším měřítku nepoužívá.

4.2 Ramanova spektrometrie

Tato metoda patří mezi modernější analytické metody. Své pojmenování získala po siru C. V. Ramanovi, který s K. S. Kryštanem roku 1928 uveřejnil zprávu o změření neelastického optického rozptylu [19]. Roku 1930 se díky tomuto objevu stal držitelem Nobelovy ceny za fyziku [35]. Ramanova spektrometrie patří mezi metody vibrační stejně také jako infračervená spektrometrie [18]. Měření je založeno na tzv. Ramanově jevu [19]. Principem tohoto jevu je výměna energie mezi molekulou a fotonem při jejich takzvané pružné srážce. Nedochozí zde k absorpci světla, ale ke změně frekvence jeho záření. Pro vznik Ramanova spektra je důležité zaznamenat závislost velikosti rozptýleného záření na jeho vlnočtu [18].

4.2.1 Princip

Tato metoda se zakládá na principu ozáření molekuly viditelným světlem, kde se část světla zachytí a využije se pro vibrační a případně i rotační přechody a zbytek je vyzářen [17]. U pružné srážky se světlo rozptýlí beze změny vlnové délky paprsku. Srážka nepružná změní směr šíření světla i vlnovou délku. U části čar tím dochází k posunu vlnové délky oproti původní vlnové délce [19]. Tento posun vlnové délky závisí na chemické struktuře molekul, které jsou odpovědné za rozptyl. Poté tato spektrometrická metoda využívá rozptýleného světla k získání poznatků o molekulárních vibracích. Tyto vibrace poskytují informace o struktuře a umožňují kvantitativní a kvalitativní analýzu sloučenin [36].

4.2.2 Využití

Ramanova spektrometrie byla původně omezena pouze na studium jednoduchých molekul. Až po zavedení silných monochromatických laserových zdrojů záření došlo k výraznějšímu

rozšíření. Dnes díky tomu patří mezi nejužitečnější metody ve studiu biologických struktur [17]. Velkou výhodou je, že patří mezi ty rychlejší a tím dochází k výrazné úspoře času.

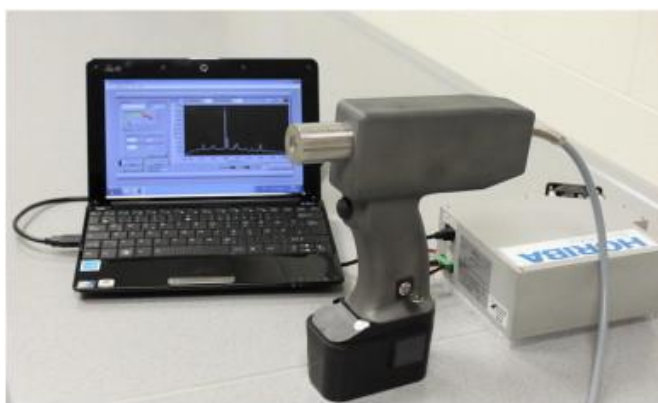
Metoda je nedestruktivní a přináší přímo výsledky analýzy bez přípravy vzorků. Je také velmi snadná pro interpretaci naměřených výsledků [33]. Není zde nutná homogenizace, extrakce nebo použití barviv pro analýzu vzorku [30, 37]. Dále je pro měření potřebné menší množství vzorku. Z těchto důvodů je velmi pravděpodobné, že se může stejně jako infračervená spektrometrie stát vysoce používanou metodou v masném průmyslu [27]. Mezi negativa patří možnost ovlivnění fluorescencí analyzovaného vzorku [36]. Proto se před vlastní analýzou musí vzorek předběžně zpracovat, aby se odstranily nežádoucí fluorescenční signály ze spekter [37]. Pro vyhnutí se tomuto problému lze také použít Fourierovu transformaci Ramanovi spektrometrie. Tato metoda je ovšem zdoluhavá. Trvá přibližně 30 minut, a proto je nepraktická a není vhodná pro okamžitou analýzu [20]. Je možné ji použít také k doplnění infračervené spektrometrie [19].

Ramanova spektrometrie je vhodná ke zjištění vlastností a informací o struktuře organických sloučenin [19]. Umožňuje kvalitativní, ale také kvantitativní analýzu jednotlivých sloučenin [36]. Metoda má velký potenciál pro biochemickou analýzu tkáně na makroskopické a mikroskopické úrovni [37]. Dokáže také poukázat na změny v sekundární struktuře bílkovin, jako je α -helix a β -listy [27].

V potravinářském průmyslu se využívá nejen k analýze makro složek potravin – bílkovin, lipidů, sacharidy a vody, ale také dalších složek jako karotenoidů, stopových prvků a nukleových kyselin. Může být použita jako nástroj pro kontrolu kvality a detekci falšovaných potravin. Velkým plusem je možnost detekce přítomnosti mikroorganismů [38].

V masném průmyslu byla poprvé použita v pozdních sedmdesátých letech. Pezolet a kol. použili Ramanovu spektrometrii k analýze neporušenosti svalových vláken roku 1978 a poté i roku 1980 [39]. Jednou z dalších možností využití je zhodnocení kvality masa. Je vhodná nejen ke zjištění senzorických vlastností masných výrobků, ale také pro analýzu živočišných tuků a olejů. Metoda je relativně necitlivá na rušení vody. Proto vyžaduje jen minimální předčištění vzorku [27]. Může být také užitečným nástrojem pro rychlou a nedestruktivní analýzu kvality ryb. Jako jedna z mála metod totiž není ovlivňována vodou ve vzorku a rybí svalovina také vykazuje malou fluorescenci, což umožňuje

při vlnové délce 785 nm využití pro měření obsahu karotenoidů, kolagenu a tuku ve svalovině ryb. Ramanovo spektrum poté dokáže podávat informace o koncentraci těchto složek [37]. Tuto metodu roku 1986 využil Sato a kol. pro měření množství kolagenu v rybích svalech u většího množství vzorků ryb. Dalším využitím byla detekce změny struktury při zmrazování ryb [31].



Obrázek č. 13: Ramanův ruční spektrometr se spektrografem (HORIBA Jobin-Yvon, Longjumeau, Francie) [26]

Spektrometr na obrázku č. 13 použili Schmidt a kol. v roce 2010 na měření spektra a jeho změn při tepelné úpravě u skopového masa [26].

4.3 Spektrometrie ve viditelné oblasti

Spektrometrie ve viditelné oblasti patří dnes ke klasickým spektrometrickým metodám v organické chemii [19]. Bývá často používaná na studium barevných sloučenin [16]. Stejně jako ostatní uvedené metody je i tato nedestruktivní [30] a nejsou nutné další předúpravy vzorků [32].

4.3.1 Princip

Spektrometrie ve viditelné oblasti zkoumá interakce molekuly s elektromagnetickým zářením v oblasti 400 – 800 nm [16, 19]. Absorpce viditelného záření vede k barevnosti látek. Platí, že látka má barvu odpovídající záření, které sama neabsorbuje. Látka, která se nám jeví, jako žlutá absorbuje z viditelného spektra záření barvy fialové a modré, částečně zelené i červené. Neabsorbuje však záření barvy žluté [40]. Jakmile vzorek absorbuje záření, které odpovídá všem barvám, ve viditelném spektru je černý. Naopak, když vzorek odrazí všechna záření, má barvu bílou. Spektrometrii ve viditelné oblasti lze

v jednodušším uspořádání ve viditelné oblasti nazvat také fotometrii [16]. V tomto případě není potřeba finančně nákladných spektrometrů. Můžeme zde použít objektivní nebo subjektivní fotometry. Monochromátory jsou v těchto přístrojích nahrazeny filtry a k detekci záření může sloužit i lidské oko [21].

4.3.2 Využití

Využití viditelného světla pro detekci svalové struktury masných výrobků bylo použito už roku 1967. Poprvé v masném průmyslu byla tato metoda použita Elizabeth Rome na měření délky sarkomery u králičího masa. [30] Dále je spektrometrie ve viditelné oblasti objektivní metodou pro hodnocení kvality čerstvého vepřového masa a posouzení jeho vad, například PSE. Stanovení této vady provedli Swatland a Irie roku 1992 u vepřového masa. Roku 1993 Barbut provedl toto stanovení také u masa drůbežího, konkrétně u krůt [30]. Další vhodné využití je možné ke stanovení intramuskulárního tuku, složení masných kyselin, barvy a obsahu vody u vepřového masa, které roku 2005 provedl Hoving-Boling a kol. [24]. Pro měření délky sarkomery a obsahu kolagenu v hovězím mase provedli studie Xia a kol. roku 2007 [30]. Užitečná je tato metoda také pro charakterizaci barvy masa [32, 33]. Dalším z využití bylo rozřídění vepřového masa dle kvality, které provedl roku 2007 Xing, Ngadi a kol. [41].



Obrázek 14: Stolní spektrometr (Minolta 3M 3500D, Japonsko) [42]

Spektrometr zobrazený na obrázku č. 14, byl použit pro zhodnocení barvy a vad u čerstvého vepřového masa [32].

4.4 Fluorescenční spektrometrie

Fluorescenční spektrometrie patří mezi další analytické techniky s možným využitím v potravinářství. Je rozsáhle využívána pro studium molekulární struktury v chemii a také v biochemii. Sice patří mezi nejstarší analytické metody, ale v potravinářském průmyslu se stává populární až v poslední době [29]. Její použití patří mezi rychlejší a jednodušší. Poskytuje informace o přítomnosti fluorescenčních molekul v prostředí, ale i ve vzorcích potravin [43]. V potravinářství nelze použít klasickou fluorescenční spektrometrii. Proto se zde používá FFFC – front – face fluorescence spectroscopy, která je jako metoda vhodná i pro využití pro neprůhledné systémy. Tradiční pravý úhel nelze v potravinářství využít z důvodů velké savosti a rozptylu světla u silných neprůhledných látek [29, 43]. Také jako ostatní uvedené metody je nedestruktivní [24].

4.4.1 Princip

Fluorescenční spektrometrie zahrnuje použití paprsku světla a to obvykle ultrafialového záření, které rozruší elektrony v molekulách některých sloučenin [30]. Fluorescence je vlastně emise světla, která následuje po absorpci ultrafialového nebo viditelného světla u molekuly nebo tzv. fluoroforu [24, 29]. Fluorofor absorbuje energii ve formě světla ze specifické vlnové délky a uvolňuje energii ve formě výstupu světla na vyšší vlnové délce [29].

4.4.2 Využití

Využití fluorescenční spektrometrie se v potravinářství v poslední době zvyšuje [29]. Lze ji uplatnit nejen v masném průmyslu, ale také pro zjištění kvality mléka, mléčných výrobků, vajec i oleje [24]. V masném průmyslu je průkopníkem opět Howard J. Swatland. Své první publikace o FFFS vydal již v roce 1987. Ve své práci se zaměřuje hlavně na měření kolagenovou a elastinovou fluorescenci z pojivových tkání v mase [38].

Pro hodnocení masných výrobků se měří hlavně fluorescence kolagenu, tukové tkáně a bílkovin. Neméně důležitým fluoroforem v mase je také elastin a aminokyselina tryptofan [29]. Studie o fluorescenci tryptofanu začaly již v 60. letech. Roku 1969 Arnoson a Morales použili tento poznatek při studii biologických tkání [30]. Dále mezi fluorofory můžeme zařadit vitamíny A, D, K, které vykazují dostatečnou fluorescenci vhodnou pro měření. Při analýze mají získaná fluorescenční spektra z různých druhů mas souvislost

také se senzorickou analýzou, a to se žvýkatelností, chutí a také tuhostí. FFFS je schopné změřit obsah kolagenu ve vzorku s větší přesností než NIR. Problémem pro využití fluorescenční spektrometrie v potravinářství je kalibrace, časově náročnější a nákladný postup, který zatím zamezuje většímu použití. Novinkou je použití optických vláken pro spojení spektrometru se snímacím zařízením [29].

Další použití je možné pro nedestruktivní zjištění obsahu ATP a mikroorganismů. Mikrobiální kažení je možné detekovat změnou fluorescence tryptofanu a NADPH [19]. Touto metodou fluorescenční spektrometrie Andersen a Word v roce 2003 provedli také zhodnocení čerstvosti u ryb [30].



Obrázek 15: Fluorescenční spektrometr (F7000, HITACHI, Tokyo, Japonsko) [37]

Spektrometr uvedený na obrázku 14. byl použit pro záznam intenzity fluorescence z povrchu vzorku vepřového masa. Byl zde hodnocen obsah ATP a také kontaminace mikroorganismy [24].

ZÁVĚR

V bakalářské práci byly popsány spektrometrické metody, které je možné využít v potravinářství a to zvláště v masném průmyslu. U každé z metod byly popsány jak výhody, tak i nevýhody pro použití na určování technologických vlastností masa a masných výrobků. Na použitých obrázcích je možné vidět, jak vývoj neustále pokračuje a samotné spektrometry mění svůj vzhled a velikost, od velkých stolních přístrojů až po ruční spektrometry, které jsou jednodušší pro manipulaci, tedy i pohodlnější pro pracovníky provádějící analýzu. K významnému rozvoji došlo také při vyhodnocování naměřených dat. Počítačové programy určené k vytvoření a zhodnocení naměřených spekter dopomohly také k rychlejší a pohodlnější analýze, což je velmi důležité právě pro použití v masném průmyslu. Maso je při pokojové teplotě neúdržnou potravinou, která je rychle napadána mikroorganismy, a poté podléhá rychlé zkáze, což by mohlo výrazně ovlivnit správnost naměřených dat. Z těchto důvodů je rychlost analýzy také velmi důležitým kritériem u snahy o rozvoj spektrometrických metod v masném průmyslu. Práce se dále snaží popsat postup rozvoje od devadesátých let, kdy došlo k prvním snahám využití spektrometrických metod na zhodnocení masa, až do současnosti a dnešnímu využití. Jak již bylo výše zmíněno, je využití spektrometrů v potravinářském průmyslu zatím v rozvoji. Proto je pravděpodobné, že dnes se s nimi potkáme ve výrobním procesu minimálně. Ovšem s rozvojem a rychlostí novelizace přístrojů pravděpodobně najdou spektrometry své stálé místo v průmyslové výrobě potravin již v blízké době.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STEINHAUSER, Ladislav et al. *Hygiena a technologie masa*. 1. vyd. Brno: LAST, 1995, 643 s. ISBN 80-900260-4-4.
- [2] PIPEK, Petr. *Technologie masa 1*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991, 174 s. ISBN 80-7080-106-9.
- [3] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. 1. vyd. Tábor: OASSIS, 1999, 304 s. ISBN 80-902391-4-5.
- [4] PIPEK, Petr. *Základy technologie masa*. 1. vyd. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 1998, 104 s. ISBN 80-7231-010-0.
- [5] VANDENDRIESSCHE, Frank. Meat products in the past, today and in the future. *Meat science*. 2008, roč. 78, č. 1-2, s. 104-113.
- [6] KATINA, Jan. *Označování masných výrobků*. 1. vyd. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, 2010, 8 s. ISBN 978-80-904633-0-1.
- [7] Označování masných výrobků. [cit. 2013-11-02]. Dostupné z WWW: <<http://bezpecnostpotravin.cz/publikace-oznacovani-masnych-vyrobku.aspx>>.
- [8] Vyhláška 169/2009, kterou se mění vyhláška č. 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i), j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich ve znění vyhlášky č. 264/2003 Sb.
- [9] Masné výrobky Kmotr. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.kmotr.cz/cs>>.
- [10] Métský salám. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.akniceny.cz/detail/metsky-salam-1031626/>>.
- [11] Technologické požadavky na jednotlivé skupiny masných výrobků. [cit. 2013-11-02]. Dostupné z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100056049.html>>.

- [12] Vinná klobása. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.schneider-group.cz/produkty/9>>.
- [13] Uzená plec-rolka. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.eshop.maneo.cz/uzena-plec-rolka-ean48323-skup15Zn1ak10.php>>.
- [14] Husacia pečňová nátierka. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://fayo.sk/produkt/husacia-pecenova-natierka>>.
- [15] Hovězí konzerva. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.hame.cz/cs/product/detail/id/1596/hovz-konzerva-seliko>>.
- [16] MILATA, Viktor. *Spektrálne metódy v chémii*. 1. vyd. Bratislava: STU, 2004, 327 s. ISBN 80-227-2049-6.
- [17] VODRÁŽKA, Zdeněk. *Fyzikální chemie pro biologické vědy*. 1. vyd. Praha: Academia, 1982, 565 s. ISBN 104-21-852.
- [18] HORÁK, M. a A. VÍTEK. *Zpracování a interpretace vibračních spekter*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980, 430 s. ISBN 04-605-80.
- [19] KOVÁČ, Š., ILAVSKÝ, D. a J. LEŠKO. *Metody kontroly technologických procesov: Spektrálne metody v organickej chémii a technológii* 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1987, 461 s. ISBN 063-555-87.
- [20] Elektromagnetické spektrum. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.alfinfrared.cz/infrared-technologie>>.
- [21] KALOUS, Vítěz. *Základy fyzikálně chemických metod* 2. vyd. Praha: SNTL, 1975, 477 s. ISBN 04-603-75.
- [22] ELMASRY, G., SUN, D. and P. ALLEN. Near – infrared hyperspectral imaging for predicting colour, pH and tenderness of fresh beef. *Journal of Food Engineering*. 2012, roč. 110, č. 1, s. 127 – 140.
- [23] HERRERO, Ana M. Raman spectroscopy a promising technique for quality assessment of meat and fish. *Food chemistry*. 2008, roč. 107, č. 4, s. 1642 – 1651.
- [24] OTO, N. et al. Non – destructive evaluation of ATP content and plate count on pork meat surface by fluorescence spectroscopy. *Meat science*. 2013, roč. 93, č. 3, s. 579 – 585.

- [25] BRØNDUM, J. et al. Warmed-over flavour in porcine meat – a combined spectroscopic, sensory and chemometric study. *Meat science*. 2000, roč. 54, č. 1, s. 83 – 95.
- [26] SCHMIDT, H., SCHEIER, R. and D.L. HOPKINS. Preliminary investigation on the relationship of Raman spectra of sheep meat with shear force and cooking loss. *Meat science*. 2013, roč. 93, č. 1, s. 138 – 143.
- [27] DAMEZ, J. L. and S. CLERJON. Quantifying and predicting meat and meat products quality attributes using electromagnetic waves. *Meat science*. 2013, roč. 95, č. 4, s. 879 – 896.
- [28] MLČEK, J. et al. Možnost využití spektroskopie NIR v masném průmyslu. *Chemické Listy*. 2010, č. 104, s. 855 – 860.
- [29] KAROUI, R. and CH. BLECKER. Fluorescence spectroscopy measurement for quality assessment of food systems. *Food and bioprocess technology*. 2011, roč. 4, č. 3, s. 364 – 386.
- [30] DAMEZ, J. L. and S. CLERJON. Meat quality assessment using biophysical methods related to meat structure. *Meat science*. 2008, roč. 80, č. 1, s. 132 – 149.
- [31] MARQUARDT, B. J. and J. P. WOLD. Raman analysis of fish: a potential method for rapid quality screening. *LWT – Food Science and technology*. 2004, roč. 37, č. 1, s. 1 – 8.
- [32] XING, J. et al. Use of visible spectroscopy for quality classification of intact pork meat. *Journal of food Engineering*, 2007, roč. 82, č. 2. s. 135-141.
- [33] ZIADI, A. et al. Visible and near-infrared light transmission: A hybrid imaging method for non-destructive meat quality evaluation. *Infrared Physics and Technology*. 2012, roč. 55, č. 5, s. 412 – 420.
- [34] Food scan™. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.foss.dk/industry-solution/products/foodscan-meat-analyzer>>.
- [35] C. V. Raman. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z WWW: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1930/raman-bio.html>.

- [36] DAS, R. S. and Y. K. AGRAWAL. Raman spectroscopy: Recent advancements, techniques and applications. *Vibration spektroskopie*. 2011, roč. 57, č. 2, s. 163 – 176.
- [37] Fluorescenční spektrometr. [cit. 2014-03-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.hitachi-hta.com/products/life-sciences-chemical-analysis/fluorescence-spectrophotometers/fluorescence-spectrophotometer-0>>.
- [38] LI-CHAN, E. C. Y. The applications of Raman spectroscopy in food science. *Trends in food Science and Technology*. 1996, roč. 7, č. 11. s. 361 – 370.
- [39] PEDERSEN, D. K. et al. Early prediction of water-holding capacity in meat by multivariate vibrational spectroscopy. *Meat science*. 2003, roč. 65. č. 1, s. 581 – 592.
- [40] KALOUS, Vítěz. *Jak moderní chemie zkoumá strukturu molekul*. 1. vyd Praha: SNTL 1983, 150 s. ISBN 04-609.83.
- [41] JUÁREZ, M. et al. Southern Spain lamb types discrimination by using visible spectroscopy and basic physicochemical trans. *Meat science*. 2008, roč. 80, č. 4, s. 1249 – 1253.
- [42] Stolní spektrometr. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z WWW: <http://www.anamet.cz/technika/stolni_spektrofotometr_cm_3500d>.
- [43] ALLAIS, I. et al. A rapid method based on front-face fluorescence spectroscopy for the monitoring of the texture of meat emulsions and frankfurters. *Meat science*. 2004, roč. 67. č. 2, s 219 – 229.
- [44] Infračervený spektrometr. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.olisweb.com/Products/Absorbance/Cary14-UV-VIS-NIR.html>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NIR	spektrometrie v blízké infračervené oblasti
MIR	spektrometrie v střední infračervené oblasti
FIR	spektrometrie v daleké infračervené oblasti
VIS	spektrometrie ve viditelné oblasti
%	procento
extr.	extraktivní
mg.kg ⁻¹	miligram na kilogram
Na	sodík
K	draslík
Cl	chlor
Mg	hořčík
Ca	vápník
P	fosfor
S	síra
Fe	železo
Zn	zinek
pH	kyselost
°C	stupeň Celsia
apod.	a podobně
kJ. mol ⁻¹	kilojoulů na mol
nm	nanometry
μm	mikrometry
UV	ultrafialové záření
IČ	infračervené záření

PSE	měkké bledé vodnaté (vada u masa)
FTIR	Fourierova transformace infračervené spektrometrie
tj.	to je
mm ²	milimetry čtvereční
tzv.	tak zvaný
s	sekunda
kol.	kolegové
FFFC	front face fluorescence spectroscopy
ATP	adenosintrifosfát
NADPH	nikotinamid adenin dinukleotid fosfát

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Tepelně opracovaný masný výrobek – šunkový salám [9].....	16
Obrázek 2: Tepelně neopracovaný masný výrobek – métský salám [10].....	16
Obrázek 3: Trvanlivý tepelně opracovaný masný výrobek – vysočina [9].....	17
Obrázek 4: Fermentovaný trvanlivý masný výrobek – poličan [9].....	17
Obrázek 5: Masný polotovar – vinná klobása [12].....	18
Obrázek 6: Kuchyňský masný polotovar – uzená plec – rolka [13]	18
Obrázek 7: Polokonzerva – husacia pečňová nátierka [14]	19
Obrázek 8: Konzerva – hovžzí konzerva [15]	19
Obrázek 9: Elektromagnetické spektrum [20]	21
Obrázek 10: Blokové uspořádaní základních částí spektrometru [16]	23
Obrázek 11: Blízky infračervený spektrometr (Varian, Palo Alto, CA) [44]	29
Obrázek 12: Foodscan TM [34]	29
Obrázek č. 13: Ramanův ruční spektrometr se spektrografem (HORIBA Jobin-Yvon, Longjumeau, Francie) [26]	32
Obrázek 14: Stolní spektrometr (Minolta 3M 3500D, Japonsko) [42].....	33
Obrázek 15: Fluorescenční spektrometr (F7000, HITACHI, Tokyo, Japonsko) [37]	35

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Složení libové svaloviny [1, 2]	11
Tabulka 2: Obsah vody u vybraných druhů masa [3]	12
Tabulka 3: Obsah významně obsažených minerálních prvků [3]	13
Tabulka 4: Obsah významně obsažených minerálních prvků [3]	14
Tabulka 5: Zdroje elektromagnetického záření [16].....	22
Tabulka 6: Shrnutí využívaných metod, jejich výhody a nevýhody [30].....	26