Stanovení základních nutričních charakteristik masa a sledování změn během skladování

Bc. Lubomír Šánek

Diplomová práce
2009

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav potravinářského inženýrství
akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Lubomír ŠÁNEK**
Studijní program:	**N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor:	**Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Téma práce:	**Stanovení zákadních nutričních charakteristik masa a sledování změn během skladování**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

- **Charakterizace složení masa.**
- **Technologické a nutriční charekteristiky masa.**

II. Praktická část

- **Stanovení obsahu vody, schopnosti masa vázat přidanou vodu a hodnocení čerstvosti vybraných druhů masa.**
- **Stanovení obsahu amoniaku a celkového obsahu dusíkatých látek u vybraných druhů masa.**
- **Modulace stravitelnosti vybraných druhů masa.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1]PIPEK, P. Technologie masa I. 2. Vydání. Praha: VŠCHT,172 s., 1991.
[2]STEINHAUSER, L. a kol. Hygiena a technologie masa. LAST Brno, 1995.
[3]VELÍŠEK, J., Chemie potravin 1, OSSIS, Tábor, 1999.
[4]KERRY, J., KERRY, J., LEDWARD, D., Meat Processing – Improving Quality; Wo-odhead Publishing, 2002.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniela Kramářová, Ph.D.**
Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2009**

Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2009**

Ve Zlíně dne 31. května 2009

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan

L.S.

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická

prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Cílem práce bylo stanovení základních nutričních charakteristik masa tj. stanovení obsahu vody, schopnosti masa vázat přidanou vodu, hodnocení čerstvosti masa, stanovení amoniaku, celkového obsahu dusíkatých látek a sledování změn během skladovaní. Vybrané druhy masa (kuřecí, krůtí, vepřové, hovězí) byly zakoupeny v běžné obchodní síti a skladovány v chladničce při teplotě 8 °C po dobu 72 hod a poté až 12 dnů. Dále bylo úkolem stanovit stravitelnost masa enzymatickou hydrolýzou *pankreatinem* u vybraných druhů, a to v syrovém a vařeném stavu.

Klíčová slova: maso, nutriční charakteristika, skladování, stravitelnost, pankreatin

ABSTRACT

This study is focused on assessing the basic nutritive characteristics of meat, i.e. determination of the water content, the water-holding capacity, the evaluation of freshness, the determination of ammonia and total nitrogenous compounds content and monitoring changes during storage. Selected types of meat (chicken, turkey, pork, beef) were purchased in ordinary distribution chain and stored in a refrigerator at 8°C for 72 hours, after that for 12 days. In addition, enzymatic hydrolysis by *pancreatin* was used for determination of digestibility of selected meat samples.

Keywords: meat, nutrition characteristics, storage, digestibility, *pancreatin*

Chtěl bych velmi poděkovat Ing. Daniele Kramářové, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, poskytnutí mnoha cenných rad a připomínek k danému tématu a za trvalý zájem při vypracovávání této práce. Dále bych chtěl velmi poděkovat Ing. Ladislavě Mišurcové, Ph.D. za poskytnutí metodiky pro stanovení stravitelnosti masa.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD **8**
I TEORETICKÁ ČÁST **9**
1 MASO **10**
1.1 SLOŽENÍ MASA 10
1.1.1 Histologická stavba masa 10
1.1.1.1 Svalová tkáň 11
1.1.2 Chemické složení masa 12
1.1.2.1 Voda 14
1.1.2.2 Bílkoviny 14
1.1.2.3 Lipidy 16
1.1.2.4 Extraktivní látky 17
1.1.2.5 Minerální látky 18
1.1.2.6 Vitaminy 19
1.2 POSTMORTÁLNÍ ZMĚNY SVALOVINY 20
1.2.1 Prae rigor 20
1.2.2 Rigor mortis 21
1.2.3 Zrání masa 21
1.2.4 Hluboká autolýza 22
1.3 ABNORMÁLNÍ PRŮBĚH POSTMORTÁLNÍCH ZMĚN MASA 22
1.3.1 PSE maso 23
1.3.2 DFD maso 23
1.4 VÝZNAM MASA VE VÝŽIVĚ 24
1.5 SPOTŘEBA MASA V ČESKÉ REPUBLICE 26
1.6 VÝVOJ VÝROBY MASA A ZAHRANIČNÍ OBCHOD V ROCE 2008 28
2 FYZIOLOGIE TRÁVENÍ **30**
2.1 TRÁVENÍ SACHARIDŮ 31
2.2 TRÁVENÍ LIPIDŮ 31
2.3 TRÁVENÍ BÍLKOVIN 32
II PRAKTICKÁ ČÁST **33**
3 CÍL PRÁCE **34**
4 METODIKA PRÁCE **35**
4.1 ANALYZOVANÉ VZORKY 35
4.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ 35
4.3 CHEMIKÁLIE 36
4.4 METODIKA STANOVENÍ 37
4.4.1 Stanovení obsahu vody 37
4.4.2 Stanovení schopnosti masa vázat přidanou vodu 38
4.4.3 Hodnocení čerstvosti masa 38

4.4.3.1 Stanovení pH ... 38
4.4.3.2 Zkouška na *peroxidázu* ... 39
4.4.3.3 Srážecí reakce se síranem měďnatým ... 39
4.4.4 Stanovení amoniaku podle Conwaye ... 39
4.4.5 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek ... 40
4.4.6 Stanovení stravitelnosti enzymatickou hydrolýzou *pankreatinem* ... 41
5 VÝSLEDKY A DISKUSE ... 44
5.1 VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU VODY ... 44
5.1.1 Výsledky stanovení obsahu vody I ... 44
5.1.2 Výsledky stanovení obsahu vody II ... 46
5.2 VÝSLEDKY A DISKUSE STANOVENÍ SCHOPNOSTI MASA VÁZAT PŘIDANOU VODU ... 47
5.3 VÝSLEDKY A DISKUSE STANOVENÍ ČERSTVOSTI ... 49
5.3.1 Výsledky měření pH ... 49
5.3.1.1 Výsledky měření pH I ... 49
5.3.1.2 Výsledky měření pH II ... 52
5.3.2 Výsledky zkoušky na *peroxidázu* ... 54
5.3.2.1 Výsledky zkoušky na *peroxidázu* I ... 54
5.3.2.2 Výsledky zkoušky na *peroxidázu* II ... 55
5.3.3 Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým ... 56
5.3.3.1 Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým I ... 56
5.3.3.2 Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým II ... 56
5.3.4 Diskuse výsledků čerstvosti masa ... 57
5.4 VÝSLEDKY STANOVENÍ AMONIAKU PODLE CONWAYE ... 58
5.4.1 Výsledky stanovení amoniaku I ... 58
5.4.2 Výsledky stanovení amoniaku II ... 59
5.5 VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK ... 60
5.5.1 Výsledky stanovení celkového obsahu dusíkatých látek I ... 61
5.5.2 Výsledky stanovení celkového obsahu dusíkatých látek II ... 61
5.6 VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI ENZYMATICKOU HYDROLÝZOU *PANKREATINEM* ... 62
5.6.1 Diskuse výsledků stanovení stravitelnosti masa enzymatickou hydrolýzou *pankreatinem* ... 64
ZÁVĚR ... 65
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ... 68
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK ... 73
SEZNAM OBRÁZKŮ ... 74
SEZNAM TABULEK ... 75
SEZNAM PŘÍLOH ... 77

ÚVOD

Maso je oblíbenou součástí naší stravy. Je považováno za vysoce výživnou a hodnotnou potravinu, kdy je jeho konzumace ukazatelem dobrého zdravotního stavu a blahobytu obyvatelstva. Z nutričního hlediska poskytuje velké množství základních živin potřebných pro zdravý růst a vývoj člověka. Z hlediska výživy obsahuje důležité prvky - esenciální aminokyseliny, nenasycené mastné kyseliny, vitaminy, minerální látky, energii a vodu. Díky svému složení (vysokému obsahu vody, bílkovin a mírně kyselému pH) patří mezi neúdržné potraviny podléhající rychlé zkáze.

Spotřeba masa je ovlivněna řadou činitelů, z nichž nejvýznamnější jsou změna životního stylu obyvatelstva, skladba populace, velikost příjmů, postoj ke svému zdraví a nutriční hodnota masa. V České republice byla v roce 2007 celková spotřeba masa 81,5 kg.osoba^{-1}.rok^{-1}.

Tržní úspěšnost masa a masných výrobků je ovlivňována mnoha faktory, zejména jeho kvalitou a cenou. Významnými parametry kvality masa jsou jeho senzorické, kulinární a technologické vlastnosti. Ty se poměrně dynamicky vyvíjejí v průběhu postmortálních biochemických změn svaloviny a její přeměny v maso.

Hlavním zdrojem masa jsou domestikovaní živočichové, zejména jatečná zvířata (prasata, skot, ovce, koně, králíci), jatečná drůbež (hrabavá i vodní, např. kuře, krůta, kachna, husa) a ryby. Méně je využívána lovná zvěř, která má význam především v rozvojových zemích, zatímco ve vyspělých státech slouží většinou jako obohacení sortimentu potravin. Mezi další zdroje patří exotická zvířata a ostatní vodní živočichové.

Diplomová práce byla zaměřena na stanovení základních nutričních charakteristik vybraných druhů masa, tj. stanovení obsahu vody, schopnosti masa vázat přidanou vodu, hodnocení čerstvosti masa, stanovení amoniaku, celkového obsahu dusíkatých látek a sledování změn během skladování v chladničce. Dále bylo úkolem stanovit stravitelnost vybraných druhů masa v syrovém a vařeném stavu pomocí směsného enzymatického preparátu *pankreatinu*.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MASO

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 326/2001 Sb. v platném znění je maso definováno jako všechny části zvířat, které jsou vhodné k lidské spotřebě, o jejichž použitelnosti bylo rozhodnuto podle zvláštního právního předpisu a nebyly ošetřeny jinak než chladem nebo mrazem, včetně masa vakuově baleného nebo masa baleného v ochranné atmosféře. Hovězím masem se rozumí maso mladého skotu, mladého býka, býka, volka, jalovice, krávy. Vepřovým masem maso prasat a drůbežím masem maso drůbeže [1].
Patří sem i živočišné tuky, droby, kůže a kosti a také masné výrobky. V užším slova smyslu se masem rozumí jen kosterní svalovina, a to buď samostatná svalová tkáň, nebo svalová tkáň včetně vmezeřeného tuku, cév, nervů, vazivových a jiných částí [2].

1.1 Složení masa

Maso má složitou a velmi různorodou histologickou strukturu, proměnlivé chemické složení, technologické a organoleptické vlastnosti. Struktura i složení masa závisí na způsobu života, funkci jednotlivých částí těla a na řadě intravitálních vlivů, jako je druh zvířete, plemeno, pohlaví, věk, způsob výživy, zdravotní stav aj., průběhu posmrtných změn i způsobu zpracování [3].

1.1.1 Histologická stavba masa

Struktura masa je tvořena buňkami uspořádanými do souborů - tkání. Buňky v mase mají různý tvar a mají odlišnou velikost. Tkáně v mase jsou soubory buněk stejných funkčně i morfologicky, mající společný původ – vznikají dělením a diferenciací buněk původních primitivních tkání. Prostor mezi buňkami vyplňuje mezibuněčná (základní) hmota. Je to tekutá až tuhá hmota, obsahující vlákna (fibrily) a lamely [2].

V histologii masa rozdělujeme tkáně do 5 základních skupin:

a) epitelová tkáň – je to hraniční tkáň, pokrývající povrch těla, vnitřních orgánů a tělních dutin,
b) nervová tkáň – je v těle jatečných zvířat zastoupena v malém množství. Jako potravina se prakticky používá pouze mozek,

c) pojivová tkáň – v organismu slouží nejčastěji jako mechanická opora, výplň jiných tkání v různých orgánech, jako izolace, rezervoár tuku a minerálních látek v těle, dále plní i funkci obrannou a exkreční,
d) svalová tkáň – základní funkcí je schopnost kontrakce, kterou zajišťují specializované organely svalové buňky nebo vlákna,
e) a tkáňové tekutiny [2,4].

1.1.1.1 Svalová tkáň

Svalová tkáň je kontraktilní tkáň zvířat, mající schopnost vykonávat pohyb. Základem její funkce je přeměna energie chemických vazeb na mechanickou práci.
Na základě buněčné stavby, vzhledu a způsobu inervace můžeme svalovou tkáň rozdělit do tří základních skupin [5]:

a) Svalová tkáň příčně pruhovaná

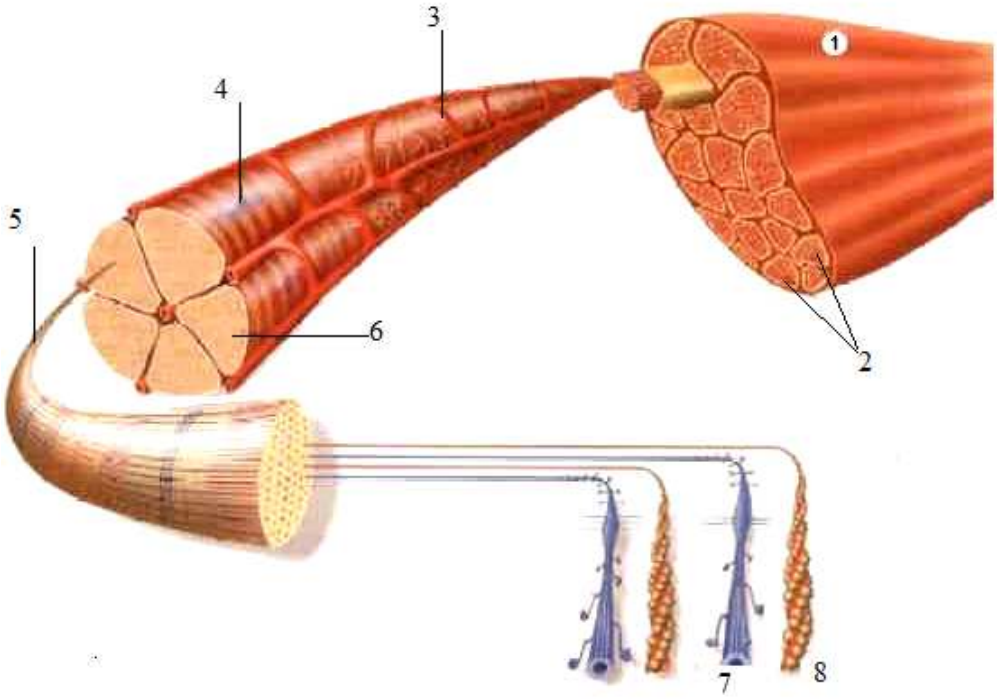
   Je hlavní součástí kosterní svaloviny a srdečního svalu. Kromě nich se vyskytuje taktéž jako stavební součást dalších orgánů, svalstva jazyka, hltanu, hrtanu a jícnu [4]. Základní morfologickou a funkční jednotkou příčně pruhované svalové tkáně je **svalové vlákno** [4]. Na povrchu svalového vlákna se nachází buněčná blána, sarkolema. Cytoplasma svalového vlákna, sarkoplasma, obsahuje jednotlivé buněčné organely a inkluze. Základní funkční organelou svalového vlákna jsou myofibrily, které mají schopnost se smršťovat a svou stavbou podmiňují příčné pruhování kosterních svalů. Základní jednotkou myofibrily je sarkomer. Sarkomer je složen z tenkých aktinových a tlustých myosinových filament, které se při svalové kontrakci do sebe zasouvají [5]. Z technologického hlediska je příčně pruhovaná svalovina nejvýznamnější tkání, je masem v nejužším slova smyslu [2].

b) Hladká svalová tkáň

   Vyskytuje se především ve stěně dutých orgánů, krevních a lymfatických cév a v ústí žlázových vývodů. Tvoří stěnu orgánů trávícího, dýchacího, močového a pohlavního aparátu [4]. Hladká svalovina nemá příčné pruhování a není ovladatelná vůlí [5].

c) Srdeční svalová tkáň

Podobá se svou stavbou příčně pruhované svalovině, liší se však funkcí, protože je ovládána stejně jako hladká svalovina vegetativním nervstvem a nepodléhá tudíž vůli jedince [5].



Obrázek 1: Stavba svalu

1 - sval, 2 - svazky svalových vláken, 3 - krevní cévy, 4 – jádro svalové buňky, 5 - myofibrila, 6 – svalové vlákno, 7 - tlusté myofilamentum, 8 – tenké myofilamentum

1.1.2 Chemické složení masa

Chemické složení masa je obtížné jednoznačně charakterizovat. Jatečně opracovaný kus obsahuje kromě svaloviny i tukovou tkáň, vaziva, chrupavky, kosti a jiné méně významné tkáně. Složení masa je závislé na řadě vlivů, mezi které se řadí plemeno, způsob výkrmu, složení krmiv, věk, pohlaví a taktéž sezónní vlivy.

Samotná libová svalovina se skládá z vody, bílkovin, tuků, minerálních látek, vitaminů a extraktivních látek. Mezi tzv. bezdusíkaté extraktivní látky, můžeme zahrnout sacharidy, kterých maso na rozdíl od ostatních potravin obsahuje velmi málo [5].

Důležitým kritériem při hodnocení složení masa je poměr obsahu vody a bílkovin, tzv. Federovo číslo. U syrového masa bývá poměrně stálé a má hodnotu přibližně 3,5; u tučnějšího masa bývá poněkud vyšší. Lze ho využít k orientačnímu výpočtu složení masa. Důležitým ukazatelem je i poměr tuků a bílkovin (T/B) [3].

Tabulka 1: Složení masa hospodářských zvířat [%] [5]

Druh masa	**Voda**	**Bílkoviny**	**Tuky**	**Minerální látky**	**Federovo číslo**	**Podíl T/B**
Vepřové maso						
Libové	64,4	17,3	18,2	0,9	3,73	1,05
Tučné	45,0	13,0	41,3	0,7	3,46	3,18
Kýta	53,0	15,2	31,0	0,8	3,5	2,04
Pečeně	58,0	16,4	25,0	0,9	3,5	1,52
Plec	49,0	13,5	37,0	0,7	3,6	2,74
Hovězí maso						
Kráva	66,67	20,06	9,31	0,96	3,32	0,46
Býk	73,89	21,86	3,06	1,17	3,38	0,14
Jalovice	66,87	20,54	11,52	0,98	3,26	0,56
Plec	70,03	21,48	6,95	0,99	3,68	0,32
Kýta	73,43	20,25	5,04	1,10	3,63	0,25
Svíčková	71,98	19,36	7,43	1,06	3,72	0,38
Kuřecí maso						
Tučné	67,5	19,9	11,5	1,2	-	-
Libové	72,1	22,8	4,0	1,1	-	-
Krůtí maso						
Tučné	60,0	19,9	19,1	1,0	-	-
Libové	66,8	24,0	8,0	1,2	-	-

1.1.2.1 Voda

Voda je kvantitativně nejdůležitější složkou masa, které v libové svalovině bývá obsaženo až 75 % [6]. Tato voda je vázána různým způsobem a různě pevně. Nejpevněji je vázána hydratační voda, další podíly vody jsou imobilizovány mezi jednotlivými strukturálními částmi svaloviny, zbytek je volně pohyblivý v mezibuněčných prostorech. Z technologického hlediska se rozlišuje voda volná a voda vázaná, a to podle toho, zda z masa volně vytéká za daných podmínek, či nikoliv [5].

Jako hydratační voda se označuje taková voda, která je vázána na hydrofilní skupiny bílkovin. Hlavní podíl vody v mase je voda „volná“ ve fyzikálně-chemickém smyslu. Avšak pouze její část je volně pohyblivá, zbývající část je imobilizovaná (znehybněná). Imobilizovaná voda je tedy ta část vody volné, která při naříznutí masa nevytéká a k jejímuž uvolnění je třeba použít zvýšeného tlaku [5].

Z nejdůležitějších technologických vlastností masa je schopnost masa vázat vodu, tzv. vaznost. Vaznost je definována jako schopnost masa udržet svoji vlastní, případně i přidanou vodu při působení nějaké síly nebo jiného fyzikálního namáhání, např. tlak, záhřev. Schopnost masa vázat vodu závisí na četných faktorech, jako je pH, koncentrace soli, obsahu některých iontů, intravitálních vlivech, průběhu posmrtných změn, rozmělnění masa. Vaznost je nejnižší v izoelektrickém bodě (pH 5 až 5,3), kdy bílkoviny ztrácejí schopnost reagovat, a směrem od něj prudce stoupá. V této oblasti se při přídavku solí zvyšuje iontová síla roztoku a tedy i vaznost. Vaznost klesá rovnoměrně se stoupající teplotou do 45 °C, kdy dochází k prudkému poklesu vaznosti vlivem denaturace bílkovin [7]. Vaznost vody významně ovlivňuje jakost masných výrobků i ekonomiku výroby, zejména ztráty vody při výrobě, skladování a tepelném opracování [5].

1.1.2.2 Bílkoviny

Bílkoviny jsou nevýznamnější složkou masa z nutričního i technologického hlediska. Jejich obsah v mase je velmi vysoký. Z hlediska nutričního se jedná většinou o tzv.“plnohodnotné bílkoviny“ obsahující všechny esenciální aminokyseliny (AMK). V čisté libové svalovině se obecně uvádí obsah bílkovin v rozmezí mezi 18 - 22 % [4].

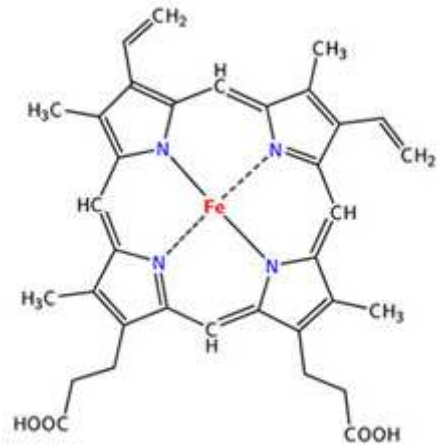
Bílkoviny v jednotlivých částech masa se liší svým obsahem, poměrným zastoupením i vlastnostmi. Rozdělení bílkovin v mase do jednotlivých skupin vychází z jejich rozpustnosti ve vodě a solných roztocích [5]. Právě tato rozdílná rozpustnost bílkovin má zásadní

význam pro masnou výrobu, neboť se jí využívá při vytváření struktury masných výrobků [8].

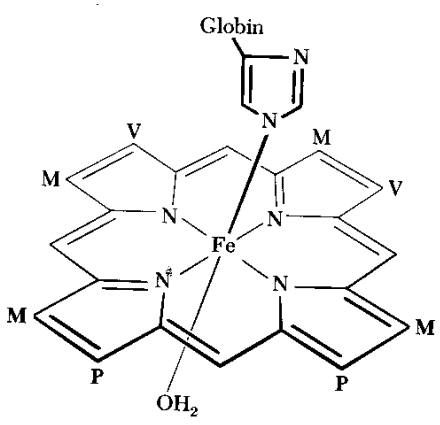
Bílkoviny se rozdělují do tří skupin.

a) Bílkoviny sarkoplasmatické

Jsou rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích, bývají obvykle globulární stavby a jsou obsaženy v sarkoplasmatu [5]. Význam sarkoplasmatických bílkovin hlediska technologie je poměrně malý. Podílejí se na vazbě vody jen asi z 3 %, netvoří texturu masa a ani syrového díla. V technologii zpracování masa mají největší význam hemová barviva – myoglobin a hemoglobin, která způsobují červené zbarvení masa a krve [4]. Sestávají se z bílkovinného nosiče (globinu) a barevné skupiny, tzv. hemu. Centrální atom železa u hemových barviv má vysokou schopnost vázat různé ligandy, zejména plyny. Myoglobin je svalové barvivo, které slouží jako zásobárna kyslíku ve svalech [5]. Svalová tkáň obsahuje průměrně 1 % myoglobinu v sušině [9]. Hemoglobin je krevní barvivo, které zprostředkuje přenos kyslíku z plic do svalů [5]. Jeho podíl v mase činí v závislosti na stupni vykrvení 10 -50 % obsahu všech hemových barviv ve svalu [4].



Hemová skupina



Myoglobin

b) Bílkoviny myofibrilární

Jsou rozpustné v roztocích solí, v samotné vodě jsou nerozpustné. Myofibrilární bílkoviny jsou převažující frakcí bílkovin masa, určují rozhodujícím způsobem

vlastnosti masa i průběh posmrtných změn ve svalu. Vážou největší podíl vody v mase, z čehož vyplývá jejich význam pro strukturu salámů [5]. Nejvýznamnější myofibrilární bílkoviny jsou myosin (45 % všech svalových bílkovin) a aktin [2]. Významně se uplatňují při svalové kontrakci, posmrtných změnách a při vytváření struktury masných výrobků [7,10].

c) Bílkoviny stromatické

Nejsou rozpustné ani ve vodě, ani v solných roztocích a jsou obsaženy ve vláknech pojivových tkání [5]. Z výživového hlediska bývají stromatické bílkoviny označovány za neplnohodnotné z toho důvodu, že nemají všechny esenciální aminokyseliny, zcela chybí tryptofan [4]. Mezi stromatické bílkoviny patří především kolagen, elastin, retikulin, dále se sem řadí keratiny, muciny a mukoidy. Nejvíce však bývá zastoupen kolagen (20 - 25 %), podle jehož obsahu se běžně určuje obsah všech stromatických bílkovin. Složení a vlastnosti kolagenu do velké míry ovlivňuje křehkost masa [5]. Při záhřevu ve vodě kolagen silně bobtná, po rozrušení všech příčných vazeb pak přechází na rozpustnou látku – želatinu. K vytváření želatiny dochází zejména tehdy, pokud se kolagen dlouhou dobu zahřívá ve vodě při teplotě 65 - 90 °C. Vznik želatiny má velký význam v technologii masa, jelikož je podstatou měknutí některých typů masa při tepelném opracování. Této skutečnosti se využívá jak při kulinární úpravě, tak při výrobě vařených masných výrobků [2]. Elastiny doprovázejí kolageny ve zvláště namáhaných pojivových tkáních a tvoří velmi pružné síťovité struktury [9]. Při termickém zpracování masa zajišťuje elastin soudržnost svalových vláken [7,10].

1.1.2.3 Lipidy

V mase jsou zastoupeny lipidy z největší části jako tuky. Podíl tuků (hlavně triacylglycerolů) činí z celkového obsahu lipidů asi 99 %. V menší míře jsou přítomny polární lipidy (fosfolipidy), doprovodné látky lipidů a jiné [5]. Tuky v mase a tukové tkáni jsou představovány zejména triacylglyceroly vyšších mastných kyselin, nejčastěji se zde vyskytují kyseliny palmitová a stearová, patřící mezi nasycené mastné kyseliny [5, 10]. Z nenasycených mastných kyselin převládá monoenová kyselina olejová, zatímco nutričně významných polyenových mastných kyselin (linolová, α-linolenová, arachidonová) je obsaženo velmi málo. Větší množství je obsaženo v mase drůbeže [5, 10].

Fosfolipidy tvoří jen velmi malý podíl obsahu všech lipidů v mase, působí často jako emulgátory tuků [5]. Kriticky je hodnocen obsah cholesterolu, jehož obsah jak ve svalovině tak i tukové tkáni je přibližně stejný (500 až 700 $mg.kg^{-1}$). Nejnižší obsah cholesterolu vykazuje maso vepřové (400 - 600 $mg.kg^{-1}$). Hovězí i kuřecí maso mají přibližně stejný obsah cholesterolu (850 - 900 $mg.kg^{-1}$). Na rozdíl od tuku se cholesterol nachází především v libové části masa [11]. Vyšší obsah cholesterolu v drůbežím mase je způsoben především podkožním tukem a kůží. Zvýšený obsah je také uváděn zejména ve vepřových játrech a vnitřnostech [7]. Rozložení tuků v těle zvířat je velmi nerovnoměrné. Malá část je uložena přímo uvnitř svaloviny tzv. intramuskulární tuk, a dále tvoří tuk základ samotné tukové tkáně. Důležitý pro chuť a křehkost masa je tuk intramuskulární, tvořící tzv. mramorování masa [4].

Tabulka 2: Srovnání průměrné energetické hodnoty ve 100 g různých druhů mas [7]

Druh masa	**Průměrná energetická hodnota [$kJ.100g^{-1}$]**
Krůtí maso	414
Slepičí maso	558
Kuřecí maso	473
Husí maso	1167
Kachní maso	972
Libové hovězí maso	444
Libové vepřové maso	897
Tučné vepřové maso	1790

1.1.2.4 Extraktivní látky

Název této skupiny látek je odvozen od jejich extrahovatelnosti vodou během zpracování nebo při jeho analýze, kdy se používá voda o teplotě 80 °C. Jejich obsah v mase je poměrně malý. Z potravinářského hlediska mají značný význam pro vytvoření typické chuti a pachu masa [5].

Extraktivní látky se obvykle dělí na sacharidy, organické fosfáty a dusíkaté extraktivní látky [4].

a) Sacharidy jsou v živočišných tkáních obsaženy málo, v mase je zastoupen především glykogen, dále pak meziprodukty a produkty jeho odbourávání [4]. Nachází se zde asi 0,15 – 0,18 % glykogenu, výjimkou je maso koňské, kterého obsahuje až 0,9 %. Glykogen hraje významnou roli při postmortálních změnách svaloviny [9,10]. U vyčerpaných zvířat s nízkým obsahem glykogenu dochází jen k malému okyselení, a maso je proto málo údržné [3].
b) Organické fosfáty – do skupiny organických fosfátů patří nukleotidy a nukleové kyseliny a jejich rozkladné produkty. Z praktického hlediska mají význam pouze nukleotidy na bázi adeninu [5]. Adenosintrifosfát (ATP) je hlavním článkem přenosu energie. Při posmrtných změnách se postupně přeměňuje na adenosindifosfát (ADP), adenosinmonofosfát (AMP), kyselinu inosinovou, inosin, hypoxanthin, xanthin a kyselinu močovou. Meziprodukty odbourávání ATP výrazně ovlivňují chutnost masa [4].
c) Dusíkaté extraktivní látky jsou velmi různorodá skupina, kam patří v prvé řadě aminokyseliny a některé peptidy. Z volných aminokyselin jsou nejvíce zastoupeny taurin, glutamin, kyselina glutamová, glycin, lyzin a alanin. Z peptidů je významný zejména karnosin, anserin, balenin a glutation [5]. Dekarboxylací aminokyselin při rozkladu masa nebo při některých technologických operacích, např. při zrání fermentovaných salámů, vznikají také biogenní aminy (histamin, tyramin) [4].

1.1.2.5 Minerální látky

Minerálie tvoří asi 1 % hmotnosti masa [4]. Obvykle bývají pod pojmem minerální látky řazeny všechny látky, které zůstávají v popelu po zpopelnění masa, tedy i mineralizované prvky jako síra a fosfor. Většina minerálních látek je rozpustná ve vodě a ve svalovině je přítomna ve formě iontů. Maso je významným zdrojem draslíku, vápníku, hořčíku, železa, zinku a jiných prvků [5].

Tabulka 3: Obsah minerálních látek v mase [$mg.kg^{-1}$] [4]

Druh masa	**Na**	**K**	**Ca**	**Mg**
Vepřové maso	600	4000	100	300
Hovězí maso	400	4000	100	200
Kuřecí maso	800 - 1000	3400 - 4700	100 - 200	300 - 400
Krůtí maso	1300 - 1500	3600 - 4000	100	300

1.1.2.6 Vitaminy

Mezi nejčastěji zastoupené vitaminy skupiny B v mase patří thiamin, riboflavin, niacin, kyselina pantothenová, pyridoxin a vitamin B_{12}. Vitaminy skupiny B, jsou vitaminy rozpustné ve vodě, a proto libové maso obsahuje více těchto vitaminů, než maso tučné. Vepřové maso je jedním z nejbohatších zdrojů thiaminu. Vepřové maso obsahuje přibližně 5 - 10x více thiaminu než maso hovězí [10]. Maso je taktéž nejbohatším zdrojem niacinu. Lipofilní vitaminy A, D a E jsou obsaženy v tukové tkáni a játrech. V zanedbatelném množství se vyskytuje vitamin C, vyšší obsah tohoto vitaminu je pouze v játrech a krvi [4].

Tabulka 4: Obsah vitaminů v mase [$mg.kg^{-1}$] [4]

Druh masa	**A**	**B_1**	**B_2**	**Niacin**	**B_5**	**B_6**	**Biotin**	**PP**	**B_{12}**	**C**
Vepřové maso	0,2	2,8-14	2-2,4	45	10-12	5-6	15	80	0,01-0,04	20
Hovězí maso	0,2	1-2,3	2-2,4	45	6-10	4	30	75	0,02-0,04	15
Kuřecí maso	6,8	0,8-1	1,6	102						
Krůtí maso	5,8	0,6	1,4	80						

1.2 Postmortální změny svaloviny

Maso jatečných zvířat je složitým a dynamickým biologickým systémem, ve kterém probíhá řada postmortálních biochemických procesů. Postmortální biochemické procesy jsou souborem degradačních přeměn základních složek svalových tkání, především sacharidů a bílkovin, katalyzovaných tzv. nativními enzymy. Souhrnně se označuje jako zrání masa, při němž maso nabývá požadovaných senzorických, technologických a kulinárních vlastností [8].

Průběh posmrtných změn ovlivňuje kvalitu masa, která se ve svých důsledcích odráží i v ekonomice masného průmyslu. Vytváří se křehkost a údržnost masa, probíhají děje vytvářející extraktivní složky masa [3].

Tyto posmrtné změny probíhají ve čtyřech stádiích [5]:

a) Období před rigorem (*prae-rigor*), tzv. teplé maso
b) *Rigor mortis*
c) Zrání masa
d) Hluboká autolýza

1.2.1 Prae rigor

Počátek této fáze se odvíjí od přerušení krevního oběhu a tím od zastavení přívodu kyslíku do tkání, od změny aerobních procesů v anaerobní. Toto stádium je charakterizováno přítomností dostatečného množství ATP, takže aktin a myosin jsou udržovány disociované (dokud nepoklesne teplota pod 27 °C, což je zhruba do 2 hodin od porážky) [8]. V tomto období má maso vysokou vaznost, není tuhé, neuvolňuje vodu, je velmi vhodné pro zpracování na mělněné masné výrobky [5]. Hodnota pH leží v oblasti neutrální, pH 6,9 - 7,2 [3]. Označení masa za teplé souvisí s jeho teplotou, která dosahuje 35 - 42 °C a dosud nenastalo ztuhnutí [7].

Časový úsek teplého masa je velmi krátký a procesy nezadržitelně směřují k nástupu a projevu *rigoru mortis*. Pokles koncentrace ATP vede ke ztrátě jeho dosavadní funkce „vápníkové pumpy“ a vápenaté ionty se uvolňují ze sarkoplasmatického retikula do prostoru myofibril. Tím se vyvolá posmrtná ztuhlost svaloviny. Snížená koncentrace ATP pod určitou mez již nestačí udržet aktin a myosin v disociovaném stavu a jejich filamenta se spojují v příčném směru za vzniku aktinomyosinového komplexu. Svalovina se zpevňuje, ztrácí svoji tažnost a stává se tuhou [8].

1.2.2 Rigor mortis

Poklesne-li koncentrace ATP pod určitou hladinu (20 %), nestačí se již udržovat aktin a myosin v disociovaném stavu a irreverzibilně se spojí [5]. Vzniká tzv. aktinomyosinový komplex a nastává posmrtná ztuhlost [3].

Maso má nízké pH (< 5,9) [12]. Příčinou poklesu pH je vytvoření kyseliny mléčné z glykogenu, CO_2 z doznívající glykolýzy a kyseliny fosforečné z ATP [5]. Tento pokles závisí na řadě faktorů, jako je teplota, zásoba glykogenu, druh zvířete a jiné [8].

Ve stadiu *rigor mortis* se výrazně zhoršuje nejdůležitější technologická vlastnost masa, jeho vaznost. Příčinou snížení vaznosti masa je snížení pH a jeho přiblížení se k izoelektrickému bodu bílkovin (pH 5,5). Tím dojde k příčnému přiblížení filament k sobě a ke zmenšení prostoru pro imobilizaci vody [8].

Maso je ve stádiu *rigoru mortis* zcela nevhodné jak pro kulinární úpravu (je neobyčejně tuhé), tak i pro masnou výrobu (špatně váže vodu a dochází k značným hmotnostním ztrátám) [3].

1.2.3 Zrání masa

Třetí fází postmortálních změn je zrání masa. V této fázi dosahuje maso požadovaných užitných vlastností, uvolňuje se ztuhlost svalu (maso se stává křehké), zlepšuje se vaznost, mírně roste pH a výrazně se zlepšují organoleptické vlastnosti (chuť, aroma) [5,8].

Uvolnění *rigoru mortis*, a tím zvýšení křehkosti masa, souvisí zejména s proteolýzou myofibrilárních bílkovin působením vlastních *proteáz* svalové tkáně [3].

Doba zrání masa závisí na jeho druhu a na teplotě jeho uchování. Optimální doba zrání u hovězího masa je při 0 °C asi 10 - 12 dní, při 8 - 10 °C 5 - 6 dní a při 16 - 18 °C 3 dny. Při běžných chladírenských teplotách zrají vepřové půlky 5 - 7 dní [5,8]. Posmrtné ztuhnutí u drůbeže ustupuje po 4 - 5 hodinách po smrti [5].

Vzhledem k možnosti mikrobiálního napadení probíhá zrání téměř výhradně v chladírnách, takže doba úplného zrání je poměrně dlouhá a ekonomicky náročná [3]. K zajištění co nejrychlejšího průběhu zrání masa je optimální teplota pro uchování masa mezi 3 až 5 °C [13].

1.2.4 Hluboká autolýza

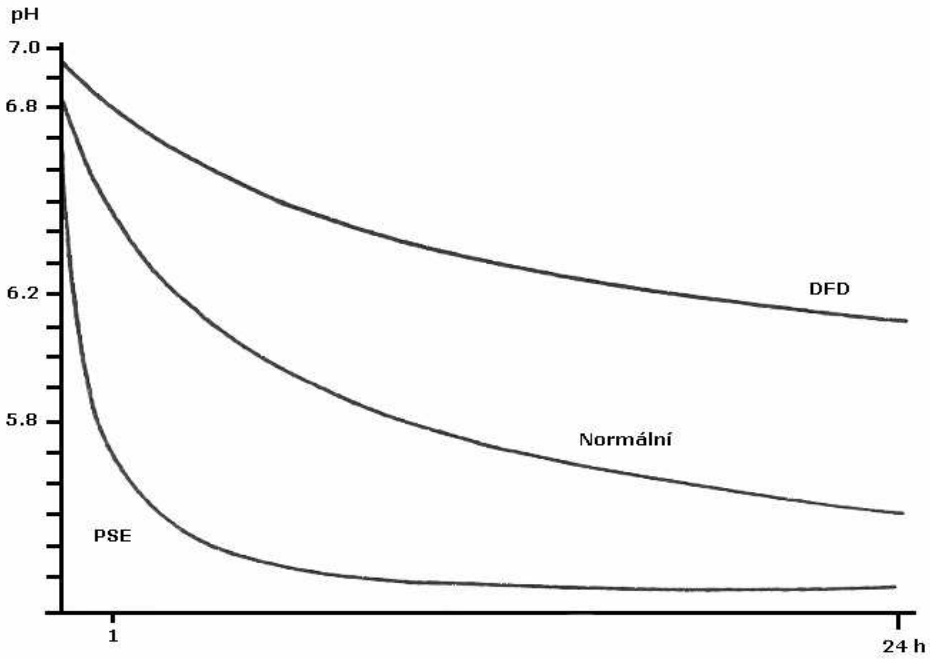
Zrání masa přechází plynule do stadia hluboké autolýzy. Toto stádium je u masa jatečných zvířat nežádoucí, dochází přitom ke štěpení peptidů na oligopeptidy a aminokyseliny, rozkládají se tuky, je možné i mikrobiální napadení. Chuť i konzistence masa se při hluboké autolýze stávají nepřijatelnými [5,8].

1.3 Abnormální průběh postmortálních změn masa

Od normálního průběhu postmortálních změn v mase se výrazně odlišují dva extrémní případy, související se stresovými vlivy a glykolýzou před *rigorem* [14].

Rozdíly oproti normálnímu masu jsou především v průběhu změn hodnoty pH, které buď prudce klesá hned po smrti zvířete a dosahuje nižších hodnot než u normálního masa (PSE maso; Pale = bledé, Soft = měkké, Exudative = vodnaté), nebo naopak k tomuto poklesu téměř vůbec nedojde (DFD maso; Dark= tmavé, Firm= tuhé, Dry= suché).

Tyto vady masa mají závažné jakostní i ekonomické důsledky jak pro masný průmysl, tak pro spotřebitele. Nejčastějšími faktory způsobujícími stres a vznik myopatií je genetická dispozice zvířat, způsob chovu, přeprava, hladovění, předporážkové ustájení a vylačnění, doba pobytu na jatkách a jatečná technologie [5].



Obrázek 2: Grafické znázornění průběhu hodnot pH vepřového masa jakosti normální, PSE a DFD v prvních 24 hodinách *post mortem* [7]

1.3.1 PSE maso

PSE maso se vyznačuje tím, že u něj došlo k prudkému poklesu pH směrem k isoelektrickému bodu [5]. Tento pokles pH nastává v době, kdy je v mase ještě vysoká teplota, takže dochází k částečné denaturaci bílkovin [3]. Důvodem vzniku anomálie je zúžení krevních cest během porážky, rychle se tvořící kyselina mléčná neodtéká krví, ale hromadí se ve svalech. Celý proces je tak rychlý, že během 2 hodin se pH masa snižuje na hodnotu až 5,4. To se děje v době, kdy je teplota svalů maximální, tj. asi 40 - 42 °C [14].

Kombinací nízkého pH a denaturací bílkovin se omezí schopnost PSE masa vázat vlastní vodu [10], struktura svalové tkáně se otevírá a z masa samovolně odtéká značné množství masové šťávy [8]. Vodnatost PSE masa a nízká vaznost mají své negativní důsledky ve výrobě, ale i při kulinárním zpracování masa [5]. Během vaření PSE maso ztrácí velké množství vody a výsledkem je maso suché, tužší a méně chutné [10].

Negativně je hodnocena i jeho bledá barva, což je dáno jednak nižším obsahem myoglobinu následkem většího zastoupení bílých svalových vláken, jednak změněnou hydratací svalových vláken. Barva PSE masa je nejen světlejší, ale má i šedozelený odstín [8].

Odchylka se vyskytuje zejména u prasat. Výskyt PSE vepřového masa je variabilní, v zemích západní a střední Evropy je udáván nejčastěji v rozsahu 10 - 30 %. U zmasilých prasat je výskyt vyšší. Jakostní odchylka vepřového masa je průvodním jevem intenzivního šlechtění prasat na jejich vysokou zmasilost [8]. Na kvalitu a vznik PSE vepřového masa má především vliv zacházení před porážkou, způsob porážky a sprchování před porážkou. Jako dalším úzce souvisejícím faktorem je i genotyp prasat [15]. U drůbežího masa (především v prsní svalovině) vznik PSE masa může být způsobeno genotypem drůbeže, předporážkovým stresem, pomalým průběhem postmortálních změn nebo nepřiměřeným ochlazením a urychlováním procesu *rigor mortis* [16]. Dalším faktorem vzniku PSE může být vysoká teplota v letních měsících, což může u drůbeže vyvolávat nadměrný stres [17]. U hovězího masa se jakostní odchylka PSE prakticky nevyskytuje [8].

1.3.2 DFD maso

DFD maso má vlastnosti opačné než PSE maso, i když podstata vzniku je prakticky stejná [5]. Může být způsobena vyčerpáním zvířat, extrémně rychlou glykolýzou, kdy vytvořená

kyselina mléčná přejde do krve a při vykrvování vyteče z těla ven. Proto je ve svalu nízká koncentrace kyseliny mléčné a pH je v důsledku tohoto vyšší [7].

U tohoto masa dochází k velmi malému poklesu pH (24 hod po porážce je pH vyšší než 6,2), v důsledku toho má maso vysokou vaznost, tkáň je tuhá a vzhledem k dobré vaznosti působí maso suchým dojmem. Barva masa je ve srovnání s normálním masem tmavší. DFD maso má vzhledem k vysoké hodnotě pH omezenou údržnost [5]. Vzhledem k vysoké vaznosti je však DFD maso vhodné k výrobě mělněných tepelně opracovaných výrobků [3]. Uvařením DFD masa získáme maso šťavnaté, jemné a velmi intenzivní vůně [10]. Tato myopatie se vyskytuje hlavně u hovězího masa [7], u vepřového masa se vyskytuje v rozsahu do 10 % [8].

Vznik DFD vepřového masa může být způsobeno podmínkami přepravy, jako je povrch přepravního vozu, dále ročním obdobím a pohlavím. Pravděpodobnost výskytu DFD vepřového masa je o 3,4 % vyšší v zimě než v létě. Je to způsobeno tím, že prasata inklinují k tomu, že se seskupují, aby si vytvořili mikroklima teploty okolí na úkor energetických rezerv ve svalech [18]. Pohlaví prasat je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující vznik DFD vepřového masa, u samic je riziko vzniku o 7 % vyšší než samců a jsou taktéž citlivější na fyzický stres během dopravy [18,19]. Může to být způsobeno tím, že samci mají větší zásoby energie ve svalech nebo jejich odlišným energetickým metabolismem [18]. Největší výskyt DFD vepřového masa je ale způsoben předporážkovým zacházením [16].

Příčiny vzniku DFD hovězího masa spočívají zejména ve fyzickém vyčerpání zvířat před porážkou. Největší výskyt je zjišťován u poražených býků, kteří byli vykrmováni ve vazném ustájení [8].

1.4 Význam masa ve výživě

Maso je významnou složkou naší denní stravy. Konzument jej preferuje zejména pro jeho výrazné senzorické vlastnosti [8]. Maso je z nutričního hlediska velmi cenné, všestranné a vysoce výživné. Je zdrojem tzv. plnohodnotných bílkovin, vitaminů, nenasycených mastných kyselin a minerálních látek. Někdy je proto považováno za nenahraditelnou složku výživy, i když je jistě možné zajistit plnohodnotnou výživu i bez masa. Vedle nutričního významu je maso ve výživě důležité svou chutností, lidé ho rádi jedí a jsou ochotni za něj zaplatit i relativně vyšší cenu (ve srovnání s jinými potravinami) [20].

Proteiny masa mají vysokou biologickou hodnotu, takže jejich využitelnost dosahuje v organismu značné výše. Denní doporučená dávka (DDD) proteinů je 70 $g.den^{-1}$ [21], z toho maso může obsahovat až 30 % DDD [10]. Obsah tuku v mase je často předmětem kritiky, zejména s ohledem na jeho energetickou hodnotu, která představuje více než 20 % denního příjmu [5,8]. Denní doporučená dávka tuku je 70 $g.den^{-1}$ [20], z čehož konzumací masa získáme 22 % [9]. Tuk má v mase význam i z hlediska senzorického, kde slouží jako nosič řady aromatických látek [5]. Maso a masné výrobky jsou taktéž významným zdrojem vitaminů. Platí to zejména pro vitamin A, vitamin D, thiamin, riboflavin, kyselinu pantothenovou, pyridoxin, niacin a vitamin B_{12} [10].

Tabulka 5: Krytí denní doporučené dávky vitaminů z masa

Vitamin	**Denní doporučená dávka vitaminu** [21]	**Krytí DDD v %** [10]
Vitamin A	1 $mg.den^{-1}$	20
Vitamin D	5 $\mu g.den^{-1}$	19
Riboflavin	1,5 $mg.den^{-1}$	14
B_6	1,8 $mg.den^{-1}$	21
Niacin	5 $mg.den^{-1}$	37
B_{12}	3 $\mu g.den^{-1}$	22

Ze stopových prvků má největší význam v mase a masných výrobcích železo a zinek. Stopové prvky jsou pro funkci organismu velmi důležité, neboť jsou součástí důležitých biologicky aktivních látek [10]. Železo je nezbytnou součástí hemoglobinu, který zajišťuje přenos kyslíku do všech buněk těla a denní dietou ho přijmeme z masa asi 14 % DDD, která by měla být asi 10 – 15 $mg.den^{-1}$ [10,21]. Všechny druhy masa, zejména hovězí, jsou vynikajícím zdrojem zinku [22], který je nezbytný pro správný růst buněk, hojení ran, správnou funkci imunitního systému, a také pro reprodukci a správný vývoj organismu [23,25,26]. Denní doporučená dávka zinku je 12 – 14 $mg.den^{-1}$, z toho maso může obsahovat až 30 % denního příjmu [24]. Maso je i dobrým zdrojem selenu, který je pro organismus významným antioxidantem, který likviduje volné radikály a tím snižuje riziko vzniku rakoviny. Jeho obsah v mase je přibližně 10 $mg.100g^{-1}$, což odpovídá 25 % denní doporučené dávky [27].

Mezi masem velkých jatečných zvířat a masem drůbeže existují obecně některé rozdíly. Obsah tuku v mase kura, skotu a prasat je uváděn v poměru 1 : 4 : 6, obsah bílkovin ve stejných druzích masa v poměru 1,0 : 0,9 : 0,7. V drůbežím mase je vyšší podíl plnohodnotných bílkovin (především u hrabavé drůbeže v prsní svalovině bez kůže), nižší podíl vaziva (4 až 8 % kolagenu oproti hovězímu a vepřovému masu, kde je uváděno 7 až 25 % z celkových bílkovin), nižší obsah tuku (opět především v prsní svalovině hrabavé drůbeže) [7]. Drůbeží tuk má rozdílné vlastnosti než tuk velkých hospodářských zvířat. Je tekutější, díky vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin (více než 20 %, zatímco u velkých jatečních zvířat 2 až 7 %) [7,28].

Při vyšší konzumaci masa může docházet v trávící soustavě k rozvoji hnilobné mikroflóry, tvorbě biogenních aminů, přebytku purinových bází, což vede k hyperglykémii a ukládání solí kyseliny močové v kloubech. Zvýšený příjem bílkovin má za následek zvýšený obsah amoniaku vzniklého v důsledku odbourávání bílkovin, kterého se organismus snaží zbavit ve formě močoviny [7]. Často uváděné korelace mezi konzumací masa a rizikem rakoviny rovněž nesouvisí s masem samotným, nýbrž s heterocyklickými aminy vznikajícími záhřevem na vysoké teploty při jeho úpravě [29].

1.5 Spotřeba masa v České republice

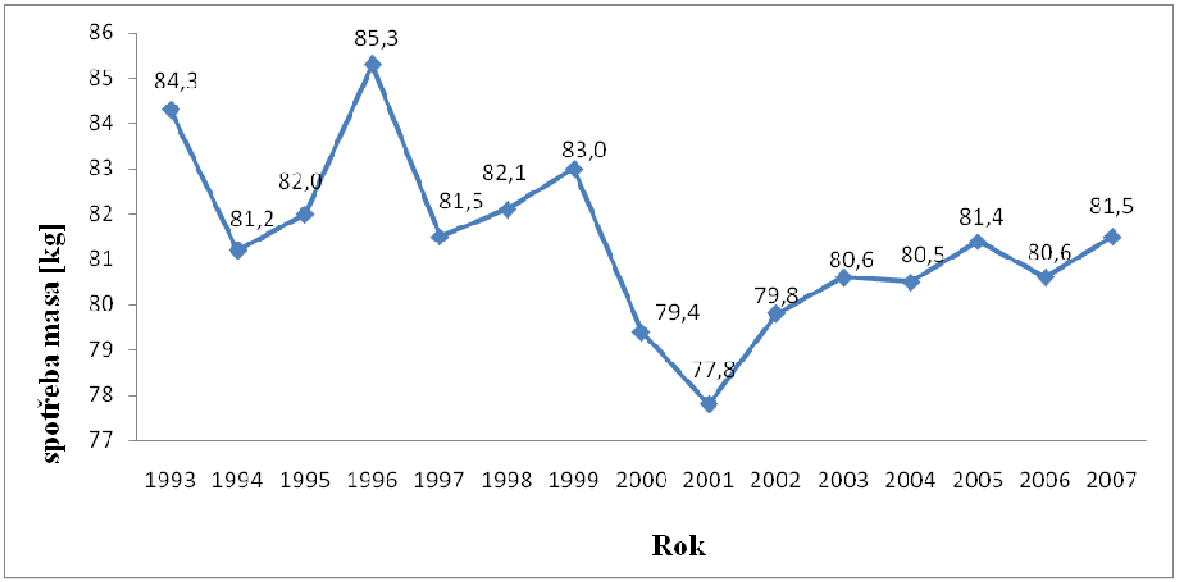
Spotřeba masa a masných výrobků u spotřebitelů je průběžně sledována. Její výše závisí na ekonomických možnostech domácností, zvyklostech a nabídce na trhu. Za dostatečnou denní spotřebu je dle nutričního doporučení považováno již 100 g, což by ročně představovalo jen asi 40 kg na osobu. Ve skutečnosti je spotřeba masa díky preferencím konzumentů vyšší [8].

V průmyslových státech je spotřeba masa 80 kg na osobu za rok, z toho nejvíce vepřového a drůbežího masa, ve srovnání s rozvojovými státy, kde je spotřeba jen 28 kg na osobu. Spojené státy americké produkují a konzumují nejvíce drůbežího masa na světě. Brazílie je největší producent hovězího masa a je druhým největším spotřebitelem za Spojenými státy [30].

V České republice byla v roce 2007 celková spotřeba masa 81,5 kg.osoba^{-1}.rok^{-1}, kdy největší podíl spotřeby zaujímá maso vepřové, a to 42 kg.osoba^{-1}.rok^{-1}. Druhým nejvíce konzumovaným masem bylo maso drůbeží se spotřebou 25,9 kg.osoba^{-1}.rok^{-1} [31]. Spotřeba drůbežího masa neustále roste, od roku 1990 se téměř zdvojnásobila. Nárůst spotřeby lze vysvětlit jeho výhodnou úrovní spotřebitelských cen a rozšířenou nabídkou dělené drůbeže

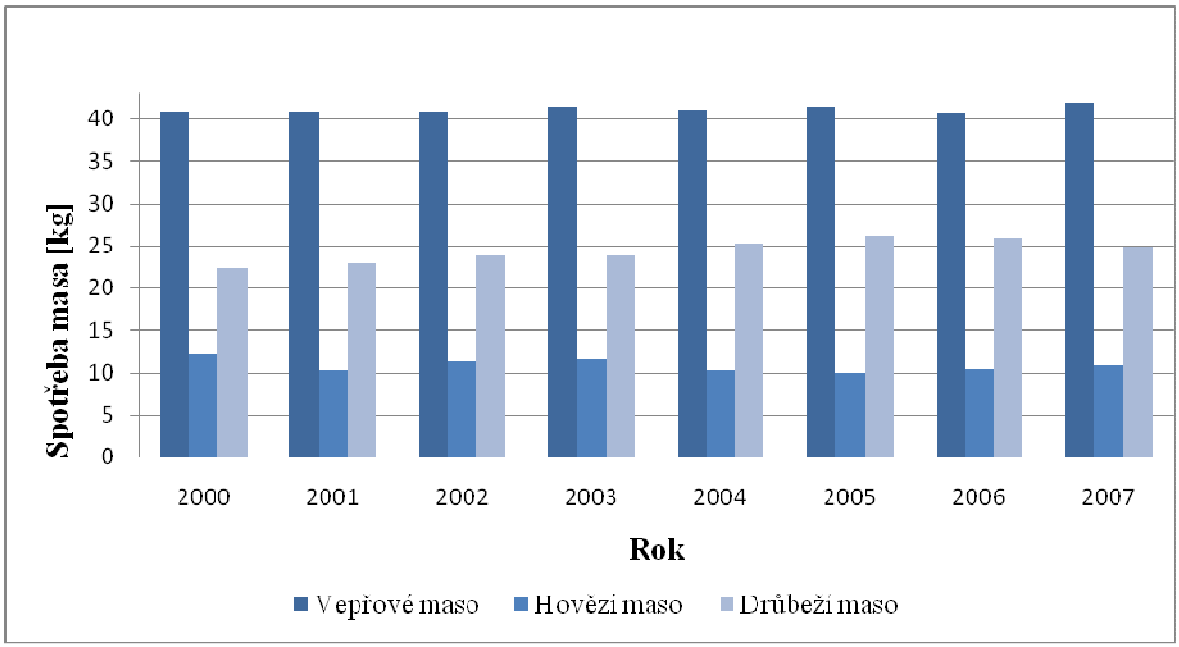
a drůbežích výrobků. Dalším přínosem je snadná úprava drůbežího masa, které se může konzumovat v různých formách. Předpokládá se, že v ČR by mohla spotřeba drůbežího masa dosahovat v roce 2014 až 30 kg na osobu za rok [32].

Spotřeba hovězího masa stále klesá. V roce 2007 byla 10,8 kg.osobu^{-1}.rok^{-1}, což od roku 2000 byl pokles o 12,2 % [31]. Ztráta na oblibě je zřejmě způsobována vyšší cenou oproti ostatním druhům masa. Uškodila mu i aféra kolem BSE (Bovinní spongiformní encefalopatie). Nutričně je přitom toto maso velmi významné [33].



Obrázek 3: Grafické znázornění spotřeby masa v hodnotě na kosti* v letech 1993 - 2007 [kg.osoba^{-1}.rok^{-1}] [31]

*Spotřeba masa v hodnotě na kosti (v kg.osoba^{-1}.rok^{-1}) zahrnuje maso vepřové, hovězí, telecí, skopové, kozí, koňské, drůbež, zvěřinu a králíky. Maso v hodnotě na kosti je jatečná mrtvá váha masa, které bylo získáno jako půlky, čtvrtě či kusy masa. Zahrnuje i maso poživatelné po úpravě [31].



Obrázek 4: Grafické znázornění spotřeby vybraných druhů masa na 1 obyvatele v ČR v letech 2000 – 2007 [kg.osoba^{-1}.rok^{-1}] [31]

1.6 Vývoj výroby masa a zahraniční obchod v roce 2008

V roce 2008 bylo vyrobeno celkem 598 953 tun masa v jatečné hmotnosti, což bylo o 4,4 % méně než v roce 2007, z toho 52,9 % vepřového, 13,4 % hovězího vč. telecího a 33,7 % drůbežího masa [34].

Výroba vepřového masa v roce 2008 se proti roku 2007 snížila o 7,0 %, což ovlivnil pokles výroby masa celkem. Dovoz vepřového masa stoupl meziročně o 12,6 % a vývoz se zvýšil o 23,1 %. Vepřové maso se dováželo hlavně z Německa (47 %), dále z Rakouska (15 %), Polska (8 %), Španělska (7 %) a Nizozemí (7 %). Vývoz byl směrován převážně na Slovensko (84 %) a v menším množství do Německa (6 %) [34].

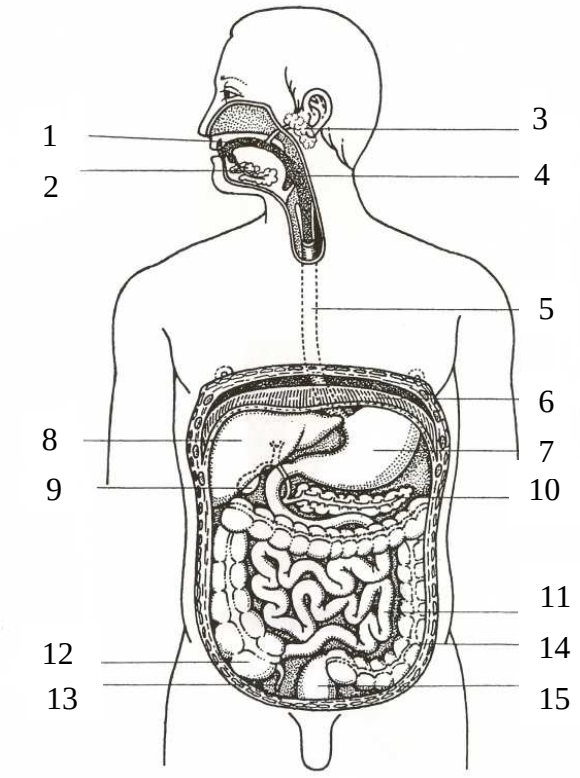
Výroba hovězího a telecího masa se v roce 2008 zvýšila o 0,9 %. Dovoz hovězího masa se snížil meziročně o 16,1 % a vývoz stoupl téměř o polovinu. Hovězí maso se dováželo převážně z Polska (29 %), Německa (23 %) a Rakouska (13 %), v menší míře ze Slovenska (8 %), Irska (8 %) a Nizozemí (8 %). Maso se vyváželo zejména na Slovensko (35 %), do Rakouska (34 %), Polska (14 %) a Německa (11 %) [34].

Výroba drůbežího masa se snížila v roce 2008 o 2 %. Dovoz drůbežího masa se zvýšil meziročně o 14,4 % a vývoz klesl o 3,3 %. Drůbeží maso se dováželo zejména z Polska (36 %), Brazílie (20 %), Německa (13 %) a dále ze Slovenska (9 %), Francie (6 %),

Maďarska (5 %) a Nizozemí (5 %). Vývoz byl směrován především na Slovensko (52 %) a v menším množství do Německa (15 %), Maďarska (13 %), Rakouska (7 %) a do Nizozemí (7 %) [34].

2 FYZIOLOGIE TRÁVENÍ

Trávící neboli gastrointestinální trakt (GIT) představuje systém, který zajistí příjem a zpracování látek energeticky bohatých a látek obsahujících základní stavební součásti organismu. Z dutiny trávicího traktu se rozložené látky vstřebávají do tělesných tekutin. Přestup většiny látek (vstřebávání) do vnitřního prostředí organismu zajišťuje stěna trávicího traktu [35]. Celá trávicí soustava je většinou rozčleněná na několik částí. U člověka je trávicí soustava dlouhá téměř 8 metrů a ve svém průběhu se člení, kroutí a různě rozšiřuje. Probíhá od ústního až k řitnímu otvoru a je tvořena dvěma typy orgánů. Zatímco orgány trávicí trubice tvoří především dostatečně velkou plochu k trávení a vstřebávání živin, druhý typ orgánů, žlázy (např. játra, slinivka břišní), vylučují enzymy a jiné látky sloužící k trávení [36]. Funkce dutiny ústní spočívá v příjmu a rozmělnění tuhé stravy a její promísení se slinami [35]. Začíná zde trávení škrobu slinnou *α-amylázou* [37]. Hlavním místem trávení a vstřebávání je pak tenké střevo [38].



Obrázek 5: Trávící soustava člověka

1- dutina ústní, 2- podjazyková a podčelistní slinná žláza, 3- příušní slinná žláza, 4- hltan, 5- jícen, 6- bránice, 7- žaludek, 8- játra, 9- žlučník, 10- slinivka břišní, 11- tenké střevo, 12- slepé střevo, 13- apendix, 14- tlusté střevo, 15- konečník

2.1 Trávení sacharidů

Sacharidy mají nejvyšší podíl na substrátech přijímaných ve stravě (50-70 %). Nejčastěji jsou zastoupeny škrobem, sacharózou a laktózou [39]. Trávení cukrů začíná už v ústech, kde *slinná α-amyláza* (*ptyalin*) štěpí škroby na dextriny. Štěpení pokračuje při průchodu jícnem a žaludkem, než se začne secernovat kyselá žaludeční šťáva [34]. Žaludek není k trávení sacharidů enzymy vybaven. Největší význam má proto trávení škrobu v tenkém střevě, účinkem *pankreatické α-amylázy* a na úrovni kartáčového lemu enterocytu *maltáza* a *isomaltáza*. Enzymy rozštěpí škrob až na jednotlivé molekuly glukózy [38,39]. Monosacharidy není třeba trávit. Vstřebávají se již v první části tenkého střeva. Glukóza a galaktóza se vstřebávají rychle, aktivním transportem. Sacharóza je štěpena enzymem *invertázou* (*sacharázou*), laktóza enzymem *laktázou*. Oba enzymy jsou ve střevní šťávě a na povrchu slizničních buněk. Organismus savců produkuje enzymy schopné štěpit škrob, nikoliv však další polysacharidy plnící funkci vlákniny. Vláknina se tráví až v tlustém střevě účinkem bakterií [38]. Jednoduché cukry mohou být resorbovány do portální krve a dopraveny do jater, odkud se dostávají dále do tkání jako zdroj energie, nebo v játrech zůstávají v podobě zásobní látky – glykogenu [37].

2.2 Trávení lipidů

Většinu lipidů potravy tvoří triacylglyceroly vyšších mastných kyselin v podobě tuků či olejů, fosfolipidy, steroly a volné vyšší mastné kyseliny. Trávení lipidů začíná v žaludku, působením *žaludeční lipázy* [40]. Žaludeční trávení lipidů nemá velký význam, neboť v žaludku nejsou tuky rozptýleny na drobné kapénky [38].

Trávení začíná ve větším rozsahu až v tenkém střevě a zdrojem *lipázy* je zde pankreatická šťáva [40]. *Pankreatická lipáza* snadno uvolňuje vyšší mastné kyseliny vázané na prvním a třetím hydroxylu glycerolu. Trávení je mírně problematické, protože tuky nejsou rozpustné ve vodě a hydrolytické enzymy mají tím pádem ztíženou práci. Z tohoto důvodu jsou tuky v tenkém střevě emulgovány na malé kapénky, a to účinkem žlučových solí [41]. Soli žlučových kyselin způsobují snížení povrchového napětí a tuk je tak rozptýlen na drobné kapénky. To má za následek zvětšení povrchu a *lipáza* se dostává rychleji k částečkám tuku, u nichž štěpí esterickou vazbu mezi glycerolem a mastnými kyselinami. Emulgace napomáhá tomu, aby produkty štěpení (volné vyšší mastné kyseliny a monoacylglyceroly)

pronikly do buněk střevní sliznice. Trávení cholesterolu je podobné trávení triacylglycerolů. Estery cholesterolu s vyššími mastnými kyselinami se rozloží účinkem *cholesterolesterázy*. Trávení fosfolipidů probíhá účinkem pankreatické *fosfolipázy* A_2, která odštěpuje mastnou kyselinu vázanou na druhém uhlíku glycerolu [38].

2.3 Trávení bílkovin

Trávení bílkovin začíná v žaludku. Působením žaludeční kyselosti bílkoviny potravy denaturují, čímž se stanou přístupnější účinku proteolytických enzymů. V silně kyselé žaludeční šťávě je proteolytický enzym *pepsin*, který vzniká aktivací neúčinného pepsinogenu [30]. V žaludeční šťávě je poměrně vysoká koncentrace kyseliny chlorovodíkové (HCl). Díky ní je v žaludku velmi kyselé prostředí (pH je kolem 2,5) [41]. *Pepsin* štěpí molekuly bílkovin na určitých místech, mezi určitými dvojicemi aminokyselin, přednostně vazby tvořené aromatickými a dikarboxylovými AMK. Působením *pepsinu* vzniká z denaturovaných bílkovin směs polypeptidů [38]. V žaludku se rozštěpí 10-20 % proteinů [41].

Hlavním místem trávení bílkovin je tenké střevo. Zdroji enzymů jsou pankreatická a střevní šťáva. Z enzymů pankreatické šťávy se na hydrolýze bílkovin podílí *trypsin*, *chymotrypsin*, *elastáza* a *karboxypeptidáza*. *Trypsin* je vylučován jako neaktivní trypsinogen. Aktivuje se autokatalyticky nebo účinkem *střevní peptidázy*, *enterokinázy*. *Trypsin* štěpí bílkoviny na peptidy, kde přednostně štěpí vazby tvořené zásaditými AMK (lyzin, histidin, arginin). Úkolem *trypsinu* je i aktivace *chymotrypsinu*, který je vylučován v neaktivní formě jako *chymotrypsinogen*. Účinek *chymotrypsinu* je obdobný jako u *trypsinu* a to produkce směsi peptidů z bílkovin. *Elastáza* v pankreatu vzniká v neaktivní podobě pro-elastázy, která je opět aktivována *trypsinem*. Její funkcí je štěpení peptidové vazby mezi glycinem, alaninem a serinem, tj. aminokyselin s nejmenší molekulovou hmotností [9,38]. Na působení enzymů štěpících bílkoviny navazuje účinek enzymů štěpících peptidy, tzv. *peptidázy*. Ve šťávě pankreatu se nachází *karboxypeptidáza*, což je enzym štěpící peptidy od jejich karboxylového konce. Účinkem *karboxypeptidázy* s polypeptidů vznikají nižší peptidy a volné AMK. Střevní šťáva obsahuje *aminopeptidázu* štěpící vyšší peptidy od jejich aminového konce. Rozklad bílkovin dokončí *dipeptidáza* obsažena ve střevní šťávě [38].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Diplomová práce byla zaměřena na:

- stanovení základních nutričních charakteristik vybraných druhů masa, tj. stanovení obsahu vody, schopnosti masa vázat přidanou vodu, hodnocení čerstvosti masa, stanovení amoniaku a celkového obsahu dusíkatých látek a sledování změn během skladování v chladničce.
- Dalším cílem bylo stanovení stravitelnosti vybraných druhů masa v syrovém a vařeném stavu pomocí směsného enzymatického preparátu *pankreatinu*.

Pro stanovení základních nutričních charakteristik masa byly použity čtyři základní druhy masa prodávané v běžné obchodní síti. A to maso vepřové, hovězí, kuřecí a krůtí. Stravitelnost byla stanovována u vepřového, hovězího a kuřecího masa, zakoupeného taktéž v běžné obchodní síti.

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Analyzované vzorky

Kuřecí maso - kuřecí prsa, chlazená, hmotnost 1 kg; skladováno v chladničce při 8 °C, příp. ihned zpracováno pro vstupní analýzu; *výrobce:* Raciola - Jehlička s.r.o., Uherský Brod; *místo zakoupení:* podniková prodejna Raciola, ul. Gahurova, Zlín

Krůtí maso – krůtí prsa, chlazená, hmotnost 1 kg; skladováno v chladničce při 8 °C, příp. ihned zpracováno pro vstupní analýzu; *výrobce:* Raciola - Jehlička s.r.o., Uherský Brod; *místo zakoupení:* podniková prodejna Raciola, ul. Gahurova, Zlín

Vepřové maso – vepřová kýta, chlazená, hmotnost 1 kg; skladováno v chladničce při 8 °C, příp. ihned zpracováno pro vstupní analýzu; *výrobce:* Inpost, spol. s r.o., Uherské Hradiště, *místo zakoupení:* Inpost, podniková prodejna Zlín

Hovězí maso – hovězí zadní – plec, chlazená, hmotnost 1 kg; skladováno v chladničce při 8 °C, příp. ihned zpracováno pro vstupní analýzu; *výrobce:* Inpost, spol. s r.o., Uherské Hradiště, *místo zakoupení:* Inpost, podniková prodejna Zlín

4.2 Použité přístroje a zařízení

Analytické váhy (ADAM, AFA-210 LC)

Předvážky (Kern, SRN)

Chladnička (Whirpool)

Stolní digitální pH metr (HANNA)

Vpichová pH elektroda (pH SPEAR, OAKTON)

Inkubátor Daisy (ANKOM technology)

Temperovaná vodní lázeň (Memmert, SRN)

Sušárna (Venticell, BMT)

Mineralizátor Bloc Digest 12

Automatická destilační jednotka Pro-Nitro 1430

Elektrický vařič (ETA)

Mixér (ETA)

Muflová pec (MLW, Elektro)

Automatická pipeta (Biohit, M 1000)

Centrifuga (EBA 20)

Další základní laboratorní pomůcky

4.3 Chemikálie

Destilovaná a redestilovaná voda

Etanol (Chemapol Praha)

Chlorid sodný (Lachema, Brno)

Benzidin (Reanal, Budapešť)

Peroxid vodíku (Chemické závody Sokolov)

Síran měďnatý (Lachema, Brno)

Kyselina boritá (Lachema, Brno)

Uhličitan draselný (Lachema, Brno)

Conwayův indikátor (směs 0,033% bromkresolové zeleně a 0,066% methylčerveně v 96% etanolu, 1:1)

Kyselina sírová (Lachema, Brno)

Koncentrovaná kyselina sírová (Lachema, Brno)

Síran sodný (Lachema, Brno)

Síran měďnatý (Lachema, Brno)

Hydroxid sodný (Penta, Ing. Petr Švec)

Indikátor 5 roztoků pro titraci amoniaku (Fluka analytical, Německo)

Kyselina chlorovodíková (Lachema, Brno)

Aceton (Lachema, Brno)

Dihydrogenfosforečnan draselný (Penta, Ing. Petr Švec)

Hydrogenfosforečnan sodný . 12 H_2O (Lachema, Brno)

Pankreatin (z vepřové slinivky, proteázová aktivita 350 FIP – $U.g^{-1}$, lipázová aktivita 6000 FIP – $U.g^{-1}$, amylázová aktivita 7500 FIP – $U.g^{-1}$, Merk KGaA, Německo)

4.4 Metodika stanovení

Stanovení základních nutričních charakteristik masa bylo provedeno podle návodů pro laboratorní cvičení z Analýzy potravin, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně [42]. Analýza byla provedena u jednoho druhu masa vždy dvakrát, jelikož vzorky masa byly skladovány za téže podmínek, ale různě dlouhou dobu.

- I: doba skladování 72 hodin
- II: doba skladování 12 dnů

4.4.1 Stanovení obsahu vody

Obsah vody v mase byl stanoven sušením s mořským pískem při teplotě 105 ^oC do konstantní hmotnosti. Do předem předsušených hliníkových vysoušeček bylo naváženo 30 g předsušeného mořského písku. Do takto připravených misek s pískem bylo na analytických vahách naváženo cca 10 g rozmixovaného vzorku masa, který byl ovlhčen asi 5 ml etanolu. Vzorek se důkladně promíchal s pískem a vložil do sušárny. Nejprve se sušilo při 60 °C po dobu 1 hod a pak se teplota zvýšila na 105 °C a sušilo se do konstantní hmotnosti.

Obsah vody v mase v % (w/w) byl vypočten ze vztahu [42]:

$$Obsah\ vody = \frac{m_1 - m_2}{n} \cdot 100, \qquad (1)$$

kde

m_1 je hmotnost vysoušečky s pískem a vzorkem před sušením [g],

m_2 je hmotnost vysoušečky se vzorkem po sušení [g],

n je navážka vzorku [g].

4.4.2 Stanovení schopnosti masa vázat přidanou vodu

Maso má schopnost přijmout další množství vody, kterou si udrží i po tepelném opracování. Pomocí mixeru bylo homogenizováno po dobu 30 sekund 80 g namletého masa, 120 ml destilované vody a 5 g NaCl. Takto připraveným homogenátem se naplnila zvážená velká zkumavka se zábrusem a zátkou asi do ¾ obsahu a znovu se zvážila. Zvážená zkumavka s homogenátem se uzavřela a vložila do vodní lázně vytemperované na 75 °C po dobu 30 minut. Po uplynutí doby se ze zkumavky odlila přebytečná voda a zkumavka se nechala v převrácené poloze vychladnout a odkapat po dobu 30 min a poté se zvážila.

Množství vázané vody x v % (w/w) bylo vypočteno ze vztahu [42]:

$$x = \frac{2{,}5\ (b - 0{,}4a)}{a} \cdot 100, \qquad (2)$$

kde

a je hmotnost homogenátu před zahříváním [g],

b je hmotnost homogenátu po zahřívání, vychladnutí, odkapání [g].

4.4.3 Hodnocení čerstvosti masa

Metody používané pro zjištění čerstvosti, případně kažení masa, mají objektivně prokázat, zda je maso čerstvé, zralé, podezřelé ze zkázy, na počátku kažení nebo již zkažené.

4.4.3.1 Stanovení pH

Hodnota pH byla zjišťována dvěma způsoby. Jako první byla použita vpichová pH elektroda, pomocí které se pH měřilo přímo ve svalovině.

Jako druhá byla pro zjištění hodnoty pH použita metoda vodného výluhu. Vodný výluh byl připraven z čisté svaloviny, která byla důkladně rozmělněna pomocí mixéru. Z rozmělněného masa bylo odváženo 10 g do kádinky o objemu 250 ml. Ke vzorku bylo přilito 100 ml destilované vody a vzorek se nechal vyluhovat za občasného míchání 30 minut. Získaný výluh byl následně přefiltrován a proměřen pomocí stolního digitálního pH metru.

4.4.3.2 Zkouška na peroxidázu

Do zkumavky bylo nalito asi 2 ml vodného výluhu masa, připraveného již pro měření pH (kap. 4.4.3.1). Dále bylo přidáno 5 kapek 2% alkoholického roztoku benzidinu a zkumavka se protřepala. Po protřepání byly přidány 2 kapky 1% roztoku peroxidu vodíku.

Pozitivní reakce se projeví po několika minutách modrozeleným zbarvením, které postupně přechází dohněda. V tomto případě byl výluh připraven z čerstvého masa. Negativní reakce je příznakem nečerstvosti masa nebo známkou toho, že maso může pocházet z nemocných zvířat (jde-li o maso čerstvé).

4.4.3.3 Srážecí reakce se síranem měďnatým

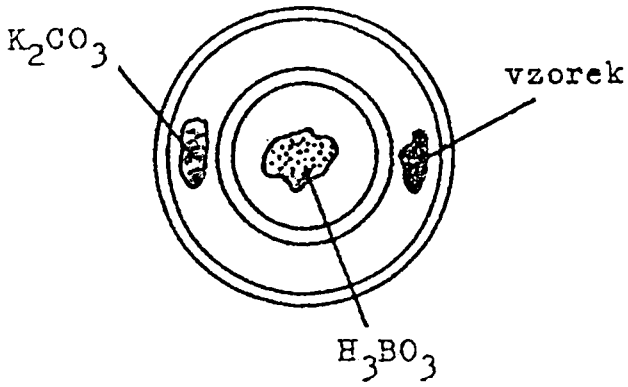
Povařením asi 30 g vzorku masa v destilované vodě po dobu 10 minut byl připraven bujón, který byl následně přefiltrován. Poté byly do zkumavky nality asi 2 ml filtrátu, k nimž se přidal 1 ml 5% roztoku síranu měďnatého. Po 5 minutách se hodnotila čirost respektive zákal. Čirý bujon je známkou čerstvosti masa, maso podezřelé ze zkázy se projeví vznikem klků v bujonu a maso zkažené namodralou až nazelenalou sraženinou v bujonu.

4.4.4 Stanovení amoniaku podle Conwaye

10 g vzorku masa (z vnitřku) se důkladně zhomogenizovalo v mixeru s 30 ml destilované vody. Takto připravený homogenát se odstředil při 4000 otáčkách po dobu 5 minut. Ke stanovení byla použita Conwayova nádobka, která byla na vnější hraně natřena vrstvou Ramsay tuku. Do vnitřního prostoru nádobky se napipetoval 1 ml 1% kyseliny borité a přidali se 2 kapky indikátoru. Roztok se zbarvil do červena. Pak se na jednu stranu vnějšího prostoru nádobky napipetoval 1 ml nasyceného roztoku uhličitanu draselného. Nakonec se na opačnou stranu vnějšího prostoru napipetoval 1 ml zfiltrovaného homogenátu. Nádobka se rychle uzavřela přitisknutím skleněné destičky a opatrně se zkoušený roztok promíchal s roztokem uhličitanu draselného a nechal se 2 hodiny stát při teplotě místnosti. Poté se amoniak absorbovaný v kyselině borité (zelené zbarvení roztoku) ztitroval kyselinou sírovou o koncentraci 0,005 mol.dm^{-3} do červeného zbarvení.

$$6\ NH_3 + 2\ H_3BO_3 \rightarrow 2\ (NH_4)_3BO_3$$

$$2\ (NH_4)_3BO_3 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow 3\ (NH_4)_2SO_4 + 2\ H_3BO_3$$



Obrázek 6: Conwayova nádobka

Obsah amoniaku v mg.kg^{-1} byl vypočten ze vztahu [42]:

$$x = \frac{s \cdot c \cdot 2 \cdot M(NH_3)}{m} \cdot 100, \qquad (3)$$

kde

s je spotřeba roztoku H_2SO_4 o koncentraci 0,005 mol.dm^{-3} [ml],

c je koncentrace H_2SO_4 [mol.dm^{-3}],

M (NH_3) je molární hmotnost NH_3,

m je hmotnost masa odebraná k analýze [kg].

Pozn.: Při výpočtu obsahu amoniaku se vycházelo z předpokladu, že smíchalo-li se maso s vodou v poměru 1 : 3, pak 1 ml filtrátu odpovídal 0,25 g masa.

4.4.5 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek

Pro stanovení celkového obsahu dusíku bylo nejprve nutno provést mineralizaci vzorku a následně poté proběhlo vlastní stanovení dusíkatých látek podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera

a) Mineralizace vzorku mokrou cestou

Do mineralizační zkumavky bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g rozmixovaného vzorku masa s přesností na 0,0001 g. V digestoři bylo ke vzorku přidáno 10 ml koncentro-

vané kyseliny sírové, dvě kapky peroxidu vodíku a 1 tableta směsného katalyzátoru (Na_2SO_4 + $CuSO_4$ v poměru 10:1). Následně byla baňka vložena na topnou desku mineralizátoru Bloc Digest 12 s přídavným zařízením umožňujícím odsávání par vznikajících zplodin. Poté byla zapnuta pračka plynů, která je složena ze dvou promývaček. V první dochází k částečné kondenzaci par a v druhé, v níž je 13% NaOH, k jejich neutralizaci. Teplota ohřevu byla nastavena na 400 °C. Mineralizace probíhala 1 hodinu. Po zchladnutí se do zkumavek přidala destilovaná voda do objemu 25 ml.

b) Stanovení metodou podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera

Ze získaného bílkovinného mineralizátu se amoniak, uvolněný ze síranu amonného pomocí 30% NaOH, předestiloval s vodní parou v destilačním přístroji do roztoku kyseliny trihydrogenborité (22 g H_3BO_3 + 30 ml indikátoru pro titraci amoniaku, doplněno vodou do 2 l). Vzniklý boritan amonný se stanovil titračně odměrným roztokem 0,1 mol.dm^{-3} kyseliny chlorovodíkové na indikátor metylčerveň.

Pro stanovení byla použita automatická destilační jednotka Pro-Nitro 1430.

Množství hrubé bílkoviny v % bylo vypočteno ze vztahu [42]:

$$x = \frac{P_2}{n} \cdot F \cdot 100, \qquad (4)$$

kde

P_2 je obsah dusíku [mg],

n je navážka vzorku [g],

F je přepočítávací faktor 6,25.

4.4.6 Stanovení stravitelnosti enzymatickou hydrolýzou *pankreatinem*

Pankreatin je směs enzymů produkovaných buňkami slinivky břišní. Tato směs je tvořena třemi enzymy – *proteázou*, *lipázou* (*triglycerolhydroláza*) a *amylázou* (α-*glykozidáza*). Pro stanovení stravitelnosti masa byla použita metodika podle Mišurcové [43].

Stravitelnost byla stanovována u syrového a vařeného masa, kdy se asi 30 g masa vložilo do vroucí vody a nechalo 30 min povařit. Poté se do předem zvážených filtračních sáčků, které byly předem promyty v acetonu, navážilo s přesností na 0,0001 g 0,25 g vzorku masa. Takto připravené sáčky a prázdný sáček pro výpočet korekcí se zatavily a vložily do inku-

bační láhve. Do inkubační láhve bylo přidáno 1,7 l fosfátového pufru o pH 7,45 předem vytemperovaného na 40 °C a 1,5 g (v prvním případě 3 g) *pankreatinu*. Fosfátový pufr byl připraven smícháním KH_2PO_4 (9,078 $g.l^{-1}$) a $Na_2HPO_4.12\ H_2O$ (23,889 $g.l^{-1}$) v poměru 2 : 8. Po 24 hodinové inkubaci v inkubátoru Daisy (teplota 40 °C) byly sáčky promyty destilovanou vodou, přebytečná voda byla odstraněna za pomocí filtračního papíru. Následně byly sáčky vysušeny v sušárně při 105 °C po dobu 24 hodin. Po vysušení byly sáčky umístěny do exsikátoru a zváženy. Následně byly sáčky spáleny v kelímcích v muflové peci při 550 °C po dobu 5 hodin a po zchládnutí v exsikátoru opět zváženy.

Hodnoty stravitelnosti, vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD), byly vypočteny z následujících vztahů [43]:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot DM}, \quad (5)$$

$$DMR = m_3 - m_1 c_1, \quad (6)$$

$$DM = \frac{Su \cdot m_s}{100}, \quad (7)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM}, \quad (8)$$

$$AR = m_4 \cdot m_1 c_2, \quad (9)$$

$$OM = \frac{Su - Po}{100}, \quad (10)$$

kde

DMD	je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%],
OMD	je hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku [%],
DMR	je hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení [g],
DM	je obsah sušiny ve vzorku [g],
Su	je obsah sušiny ve vzorku [%],
AR	je hmotnost popela vzorku bez sáčku [g],
OM	je obsah organické hmoty v sušině vzorku [g],
Po	je obsah popela ve vzorku [%],

m_1 je hmotnost sáčku [g],

m_2 je hmotnost vzorku [g],

m_3 je hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g],

m_4 je hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g],

m_S je hmotnost vzorku na stanovení sušiny [g],

c_1 je korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g],

c_2 je korekce hmotnosti sáčku po spálení [g].

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1}, \tag{11}$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1}, \tag{12}$$

kde

m_S je hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g],

m_P je hmotnost popela sáčku [g].

Mezi další metody, které lze využít pro stanovení základních nutričních charakteristik masa patří např.: gravimetrické stanovení tuku po extrakci nepolárními rozpouštědly z vysušeného materiálu, stanovení vaznosti masa s použitím chromatografického papíru Whatman 2 a planimetru a stanovení popele s vyloužením alkálií [44].

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky chemických analýz jsou uváděny jako aritmetický průměr z pěti stanovení, pouze výsledky stravitelnosti masa jsou uvedeny jako aritmetický průměr ze tří stanovení. Odhad vzniklých nahodilých chyb během měření je uveden jako směrodatná odchylka za výsledkem (průměr ± S. D.). Výpočet výsledků byl zautomatizován pomocí zadaných funkcí a vzorců do programu Microsoft Office Excel 2007. Rozdílnost výsledků během skladování byla statisticky vyhodnocena pomocí počítačového programu StatK25 verze 2.0 beta, analýzou jednorozměrných dat. Výsledky byly testovány na 5% hladině významnosti, tj. testy byly prováděny s 95% spolehlivostí.

5.1 Výsledky stanovení obsahu vody

Obsah vody v mase byl stanoven podle postupu uvedeného v kapitole 3.4.1. Po dokonalém vysušení do konstantní hmotnosti a zvážení vzorků, byl obsah vody vypočten pomocí vzorce 1 a výsledky jsou uvedeny v tabulkách 6 a 7.

5.1.1 Výsledky stanovení obsahu vody I

Tabulka 6: Výsledky stanovení obsahu vody v mase v závislosti na době skladování [%]

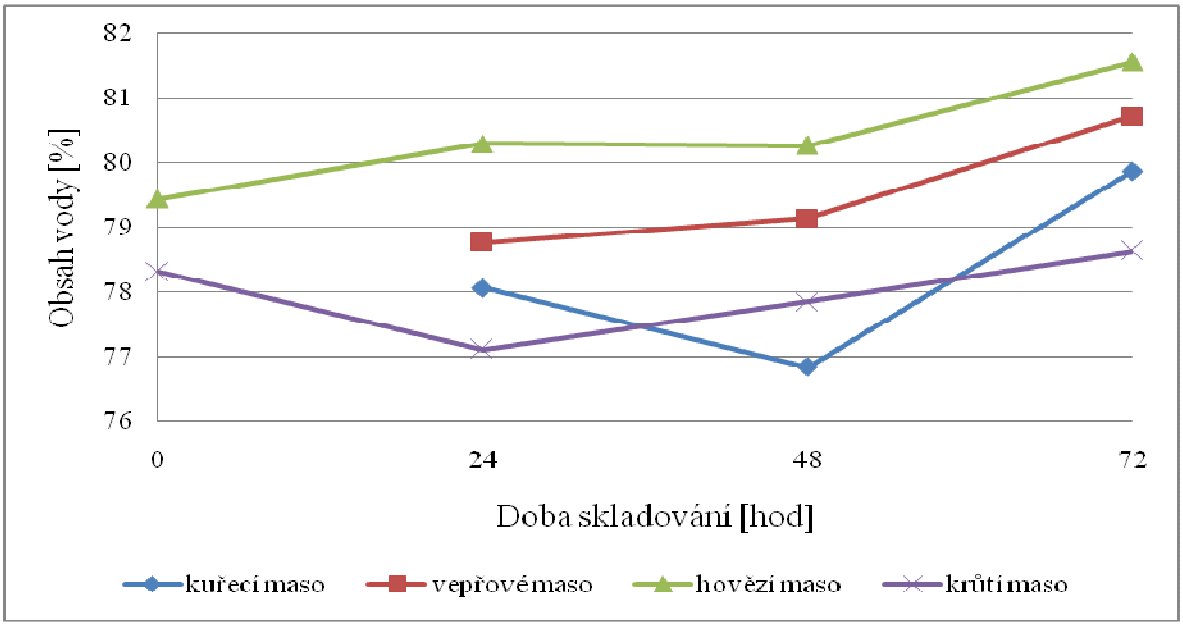
Druh masa	0 hod	24 hod	48 hod	72 hod
Kuřecí maso	-	78,1 ± 0,36	76,8 ± 0,11	79,9 ± 0,39
Vepřové maso	-	78,8 ± 0,77	79,1 ± 0,64	80,7 ± 0,48
Hovězí maso	79,4 ± 0,70	80,3 ± 0,48	80,3 ± 1,03	81,6 ± 0,39
Krůtí maso	78,3 ± 0,61	77,1 ± 0,14	77,9 ± 0,48	78,6 ± 0,17

Obsah vody v kuřecím a vepřovém mase v den zakoupení v běžné obchodní síti nebyl stanoven. Po 24 hod skladování masa byl obsah vody v kuřecím mase 78,1 %. Po 48 hod skladování bylo zjištěno, že na 5% hladině významnosti obsah vody v kuřecím mase významně poklesl na hodnotu 76,8 %. Pokles mohl být způsoben odebráním oschlejší části masa pro stanovení. Po 72 hod skladování bylo statisticky zjištěno, že na 5% hladině významnosti byl obsah vody od předchozího stanovení významně vyšší. Hodnota odpovídala 79,9 %.

Obsah vody ve vepřovém mase po 24 hod skladování byl 78,8 %. Dalším skladováním se obsah vody významně nezměnil, tedy po 48 hod byl 78,1 %. Obsah vody po 72 hod skladování byl 80,7 %, což po vyhodnocení poukazovalo na to, že při 5% hladině významnosti byl obsah vody významně vyšší.

Obsah vody v hovězím mase v den zakoupení v obchodní síti byl 79,4 %. Po 24 hod skladování se obsah vody mírně zvýšil, na hodnotu 80,3 %. Statistické vyhodnocení ale poukázalo na to, že na hladině významnosti 5 %, nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v obsahu vody. Obsah vody po 48 hod skladování masa byl 80,3 %, což při vyhodnocení na 5% hladině významnosti nejevilo známky významnějšího odlišení v obsahu vody od předcházejícího stanovení, tj. od stanovení po 24 hod. Obsah vody po 72 hod skladování se od předchozího stanovení mírně zvýšil na 81,6 %, ale statistickým vyhodnocením na 5% hladině významnosti nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v obsahu vody.

Obsah vody v krůtím mase v den zakoupení v obchodní síti činil 78,3 %. Po 24 hod se obsah vody snížil na 77,1 %, ale vyhodnocením na 5% hladině významnosti nebyl zjištěn žádný významný rozdíl v poklesu obsahu vody. Až dalším skladováním bylo statisticky vyhodnoceno, že na hladině významnosti 5 % je významný rozdíl v obsahu vody, kdy se obsah vody začal zvyšovat. Po 48 hod činil obsah vody 77,9 % a po 72 hod skladování 78,6 %.



Obrázek 7: Grafické znázornění průběhu změny obsahu vody ve vzorcích masa v závislosti na době skladování

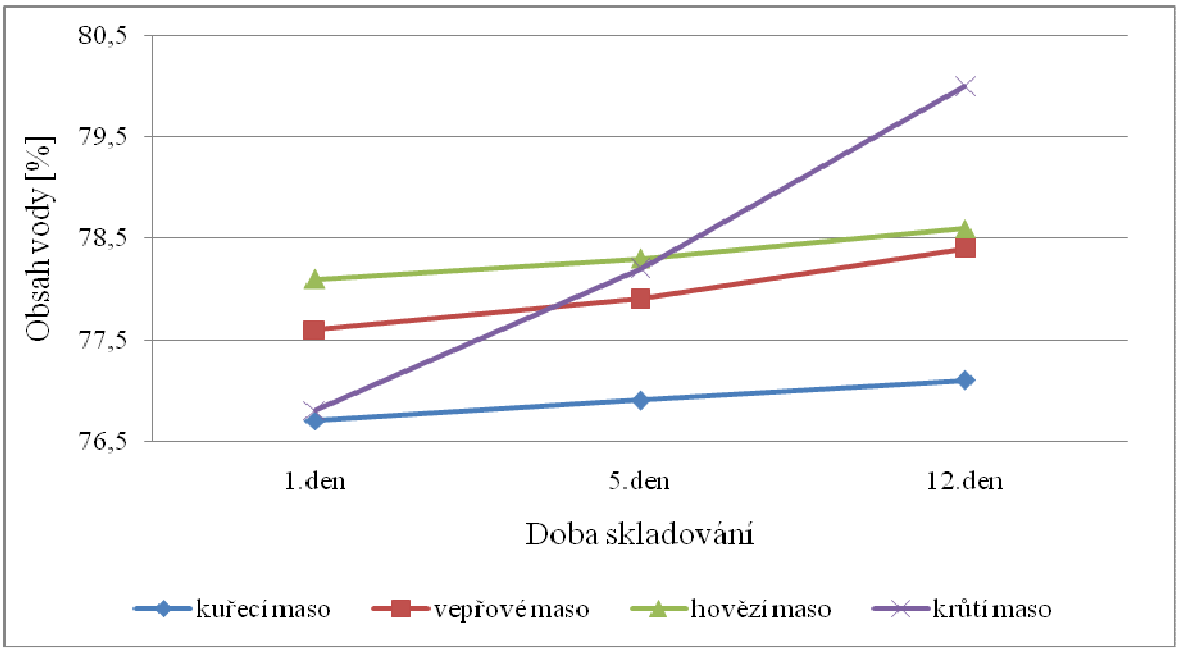
Z obrázku 7 je viditelné, že obsah vody u každého druhu masa se vlivem skladováním měnil, tedy postupně se zvyšoval, výjimkou bylo kuřecí maso po 48 hod skladování, kde byl statistickým vyhodnocením zjištěn, na hladině významnosti 5 %, významný pokles obsahu vody.

5.1.2 Výsledky stanovení obsahu vody II

Tabulka 7: Výsledky stanovení obsahu vody v mase v závislosti na době skladování [%]

Druh masa	1. den	5. den	12. den
Kuřecí maso	76,7 ± 0,73	76,9 ± 0,17	77,1 ± 0,91
Vepřové maso	77,6 ± 0,33	77,9 ± 0,29	78,4 ± 0,07
Hovězí maso	78,1 ± 0,34	78,3 ± 0,04	78,6 ± 0,06
Krůtí maso	76,8 ± 0,16	78,2 ± 0,23	80,0 ± 0,47

Obsah vody v kuřecím mase byl v den zakoupení 76,7 %. Skladováním masa v chladničce se obsah vody významně statisticky nezměnil. Po pěti dnech skladování byl 76,9 % a po dvanácti dnech byl 77,1 %. Obsah vody ve vepřovém mase byl v den zakoupení 77,6 %. Ani u vepřového masa se obsah vody v průběhu skladování významně statisticky neměnil, pátý den činil 77,9 % a po dvanácti dnech byl 78,4 %. Hovězí maso obsahovalo v den zakoupení 78,1 % vody. Po pěti dnech skladování byl obsah vody 78,3 % a po dvanácti dnech byl 78,6 %. Statistické vyhodnocení ale poukázalo na to, že na hladině významnosti 5 % nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v obsahu vody. Významné statistické rozdíly ve změně obsahu vody byly pouze zjištěny u krůtího masa. V den zakoupení byl obsah vody 76,8 %, po pěti dnech skladování se obsah vody zvýšil na 78,2 % a po dvanácti dnech byl opět významně statisticky vyšší, činil 80,0 %.



Obrázek 8: Grafické znázornění průběhu změny obsahu vody ve vzorcích masa v závislosti na době skladování

Z obrázku 8 lze vypozorovat, že obsah vody v závislosti na podmínkách a době skladování se u všech druhů masa postupně zvyšoval, ale významný statistický rozdíl byl zjištěn pouze u krůtího masa.

Obsah vody v mase bývá udáván přibližně 73-76 % [45]. Z výsledku je patrné, že získané hodnoty jsou vyšší, než jak uvádí literatura a skladováním se obsah vody ještě zvyšoval. Postupné zvyšování obsahu vody bylo pravděpodobně způsobeno skladováním masa, kdy v mase probíhají neustále různé rozkladné procesy, jako např. rozklad bílkovin až na amoniak, kde vedlejším produktem je voda. Tato voda se z masa nemohla odpařit, neboť maso bylo skladováno v polyetylenových sáčcích, které mají malou propustnost pro vodu, takže ztráty vysycháním jsou minimální [46] a voda byla zadržována v mase.

5.2 Výsledky a diskuse stanovení schopnosti masa vázat přidanou vodu

Z výsledků stanovení schopnosti vázat přidanou vodu, získaných dle metody uvedené v kapitole 4.4.2 bylo opakovanou analýzou zjištěno, že výsledky neodpovídají reálným hodnotám. Schopnost drůbežího masa vázat přidanou vodu byla několikanásobně vyšší, naopak u vepřového a hovězího masa byla nízká, z těchto důvodů nejsou získané výsledky

v diplomové práci uvedeny. Ze zjištěných hodnot bylo usouzeno, že chybou při stanovení mohla být rozdílnost svalové partie odebraná k analýze, kdy získané výsledky nemohly být vzájemně porovnávány. Dalším důležitým hlediskem, které významně ovlivňuje schopnost masa vázat vodu, je průběh posmrtných změn svaloviny, kdy vaznost nejprve klesá v důsledku okyselení a vytvoření pevné struktury tzv. *rigor mortis*, a poté se zvyšuje s postupujícím zráním masa [3]. Použité vzorky masa odebrané k analýze byly zakoupeny v běžné obchodní síti, a tudíž u nich stádium posmrtných změn nebylo známo.

Dalším faktorem, který významně ovlivnil výsledky měření je metodika stanovení použitá pro analýzu, která je běžně používána studenty v laboratorním cvičení z „Analýzy potravin“ na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. V dané metodice je největší problém v homogenizaci vzorku, která není objektivní pro každý druh masa. Vepřové a hovězí maso je maso tužší konzistence a má pevněji vázané bílkoviny, tudíž homogenizací probíhající 30 sekund nedojde k dokonalému porušení svalového vlákna a neuvolní se myofibrilární bílkoviny, které nemůžou navázat přidanou vodu. Navrhoval bych stávající metodiku důkladně propracovat, aby již nadále nedocházelo k vzniku mylných výsledků, které jsou následně prezentovány v protokolech z laboratorního cvičení studenty nebo ji z laboratorního cvičení vyloučit. Daná problematika by mohla být taktéž vhodným tématem diplomové práce pro studenty nižšího ročníku, kdy by se daným problémem mohli zabývat.

V případě zpracovávání daného problému bych navrhoval při homogenizaci vzorku postupně zvyšovat čas a sledovat změny ve schopnosti masa vázat přidanou vodu. Bohužel delší dobou homogenizace dochází k uvolňování tepla, které zapříčiňuje částečnou denaturaci bílkovin mělněné hmoty. V důsledku této denaturace se vaznost vody snižuje, proto je vhodné přidávat do mělněné hmoty šupinkový led nebo pracovat s již zmrazeným masem. Dalším důležitým faktem pro stanovení schopnosti masa vázat přidanou vodu je i stádium posmrtných změn, které bychom měli znát, proto bych doporučoval nakupovat maso přímo od zpracovatele a získané hodnoty porovnávat se stejnou svalovou partií ostatních druhů masa, např. vepřová kýta s hovězí kýtou a kuřecím stehnem.

5.3 Výsledky a diskuse stanovení čerstvosti

5.3.1 Výsledky měření pH

Hodnota pH byla zjišťována dvěma způsoby uvedenými v kapitole 3.4.3.1. První metodou zjišťování hodnoty pH byla metoda použitím vpichové pH elektrody, kde se pH měřilo přímo ve svalovině. Jako druhá byla pro zjištění hodnoty pH použita metoda vodného výluhu. Optimální hodnota pH vepřového a hovězího masa by měla být přibližně stejná, asi 5,6 - 5,8 [47]. Pokud hodnota pH je vyšší než 5,8; poukazuje to na to, že zvířata byla před porážkou příliš stresovaná. Takové maso se hůře skladuje, zhorší se jeho technologické vlastnosti a maso se rychleji kazí [48]. Optimální hodnota pH drůbežího masa je vyšší, asi kolem pH = 6 - 6,2 [49, 50]. Získané výsledky měření hodnoty pH v závislosti na době skladování jsou uvedeny v tabulce 8 až 11.

5.3.1.1 Výsledky měření pH I

Tabulka 8: Výsledky hodnot pH získané v závislosti na době skladování, s použitím vpichové pH elektrody

Druh masa	0 hod	24 hod	48 hod	72 hod
Kuřecí maso	6,1 ± 0,02	6,0 ± 0,01	6,0 ± 0,03	6,1 ± 0,03
Vepřové maso	5,6 ± 0,02	5,7 ± 0,05	5,7 ± 0,01	5,8 ± 0,01
Hovězí maso	5,6 ± 0,02	5,6 ± 0,02	5,7 ± 0,01	5,6 ± 0,02
Krůtí maso	6,0 ± 0,06	6,2 ± 0,04	6,2 ± 0,00	6,2 ± 0,01

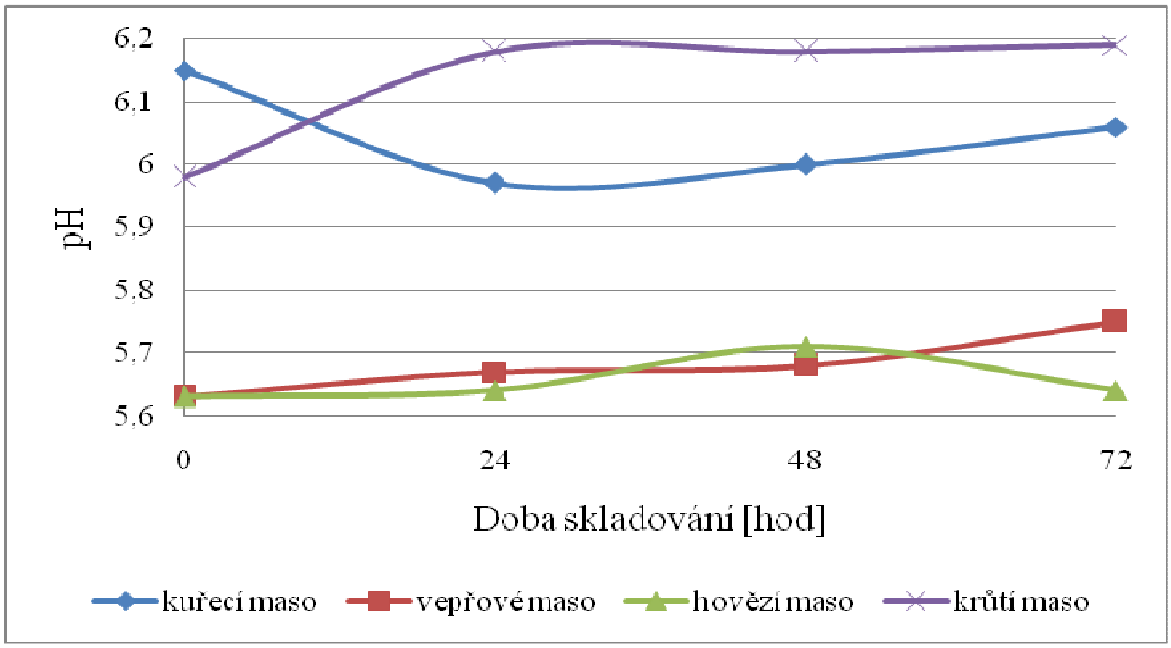
Hodnota pH kuřecího v masa byla v den zakoupení 6,1 a během 72 hod skladování se významně neměnila, jak dokázalo statistické vyhodnocení na hladině významnosti 5 %. Po 72 hod skladování byla hodnota pH 6,1.

Vepřové maso mělo v den zakoupení pH 5,6. Skladováním vepřového masa se hodnota pH významně statisticky zvýšila až po 48 hod, kdy jeho hodnota činila 5,7. Po dalších 24 hod byla hodnota pH opět statisticky významně vyšší, kdy pH bylo 5,8.

Hovězí maso v den zakoupení odpovídalo hodnotě pH vepřového masa, tedy pH 5,6. Jeho skladováním nedošlo k výraznému statistickému rozdílu ve změně hodnoty, pouze po 48

hod skladování byla statistickým vyhodnocením, na 5% hladině významnosti, zjištěna výrazná změna. Hodnota pH byla 5,7, ale po dalších 24 hod skladování hodnota pH opět klesla k původní hodnotě.

Krůtí maso mělo v den zakoupení hodnotu pH 6,0. Skladováním masa 24 hod byla hodnota pH po statistickém vyhodnocení, na 5% hladině významnosti, významně vyšší. Hodnota odpovídala pH 6,2 a dalším skladováním už se více statisticky nezměnila. Po 72 hod skladování bylo pH 6,2.



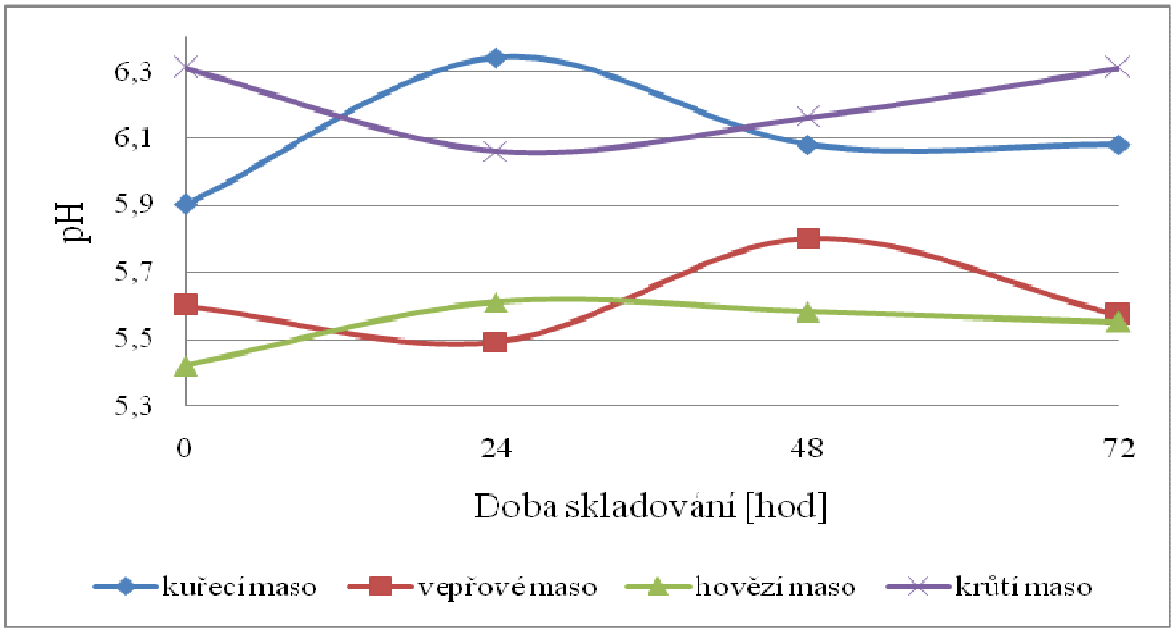
Obrázek 9: Závislost pH masa na době skladování použitím vpichové metody

Z výsledků je patrné, že získané hodnoty pH u všech druhů masa během skladování jsou v optimálním rozmezí, jak uvádí literatura [47,49,50]. V praxi k největším změnám pH dochází v prvních 24 hod po porážce, kdy dochází k tvorbě kyseliny mléčné odbouráváním svalového glykogenu. Koncentrace glykogenu hraje jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňující kvalitu masa a jeho rezervy ve svalech určují konečnou hodnotu pH [51,52]. Hodnota pH 24 hodin po porážce může klesat z hodnoty 7,4 až na hodnotu 5,3 [53]. Snižování pH taktéž souvisí s fyziologickým stavem svaloviny v době omračování, s tvorbou laktátu nebo schopností svaloviny produkovat energii ve formě ATP [54].

Tabulka 9: Výsledky hodnoty pH vodného výluhu z masa, získané v závislosti na době skladování

Druh masa	0 hod	24 hod	48 hod	72 hod
Kuřecí maso	5,9	6,3	6,1	6,1
Vepřové maso	5,6	5,5	5,8	5,6
Hovězí maso	5,4	5,6	5,6	5,6
Krůtí maso	6,3	6,1	6,2	6,3

Z hodnot pH získaných pomocí druhé metody (Tabulka 9), metody vodného výluhu, lze vypozorovat, že hodnoty pH jsou velmi podobné a srovnatelné s metodou použitím vpichové pH elektrody a odpovídají vybranému druhu masa. Při této metodě nebylo možné získat více výsledků, neboť byl připraven pouze jeden výluh, který byl proměřen, a tudíž nebylo možné tuto metodu statisticky vyhodnotit.



Obrázek 10: Závislost pH vodného výluhu z masa na době skladování

5.3.1.2 Výsledky měření pH II

Tabulka 10: Výsledky hodnot pH získané v závislosti na době skladování, s použitím vpichové pH elektrody

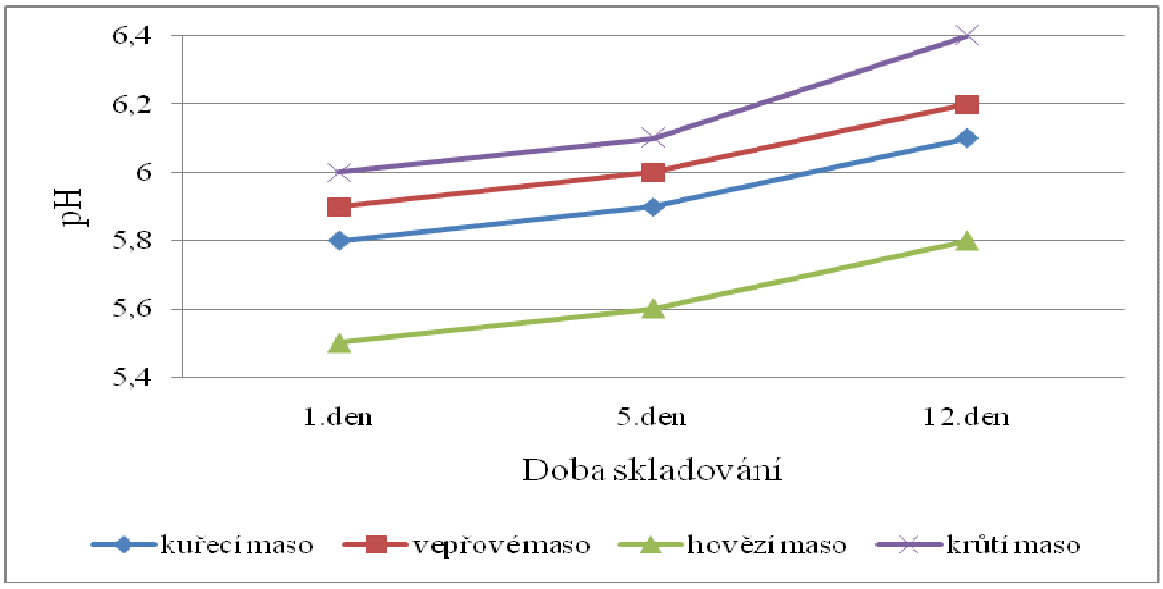
Druh masa	1. den	5. den	12. den
Kuřecí maso	5,8 ± 0,01	5,9 ± 0,01	6,1 ± 0,01
Vepřové maso	5,9 ± 0,02	6,0 ± 0,02	6,2 ± 0,01
Hovězí maso	5,5 ± 0,01	5,6 ± 0,03	5,8 ± 0,02
Krůtí maso	6,0 ± 0,01	6,1 ± 0,02	6,4 ± 0,02

Hodnota pH kuřecího masa v den zakoupení byla 5,8. Skladováním masa se pH významně zvyšovalo, jak bylo zjištěno statistickým vyhodnocením na 5% hladině významnosti. Pátý den skladování odpovídala hodnota pH 5,9 a po dvanácti dnech byla 6,1.

Vepřové maso v den zakoupení mělo pH 5,9 a taktéž dalším skladováním se jeho hodnota významně statisticky zvyšovala. Po pěti dnech skladování stoupla na pH 6,0 a dvanáctý den skladování bylo pH vepřového masa 6,2.

Hovězí maso v den zakoupení mělo nejnižší hodnotu pH ze všech druhů masa, a to 5,5. Dalším skladováním se hodnota pH zvyšovala, pátý den skladování odpovídala hodnotě 5,6 a po dvanácti dnech hodnotě 5,8.

Nejvyšší pH mělo v den zakoupení maso krůtí, kdy jeho hodnota byla 6,0. I v případě krůtího masa se pH po celou dobu skladování zvyšovalo. Po pěti dnech skladování, bylo pH 6,1 a dvanáctý den bylo 6,4.



Obrázek 11: Závislost pH masa na době skladování použitím vpichové metody

Z obrázku 11 je jasně viditelné, že hodnota pH u všech druhů masa se postupným skladováním zvyšovala. Zjištěná hodnota pH kuřecího masa v den zakoupení byla nižší, než jak je uváděna optimální hodnota. Nižší hodnota pH mohla být způsobena předporážkovým stresem zvířat, pomalým průběhem postmortálních změn nebo nepřiměřeným ochlazením a urychlováním procesu *rigor mortis* [5], kdy tvořící se kyselina mléčná neodtéká krví vlivem zúžení krevních cest, ale hromadí se ve svalech a výsledná hodnota pH je nízká. Dalším skladováním se hodnota pH zvýšila na optimální hodnotu. Hodnota pH hovězího masa získaná v den zakoupení poukazuje na to, že maso nebylo uvedené do oběhu dostatečně vyzrálé a nacházelo se ještě ve stadiu *rigor mortis*, kdy v mase byl stále vysoký obsah kyseliny mléčné [5], tudíž pH masa bylo příliš nízké. Takovéto maso je zcela nevhodné ke kulinární úpravě, tak i pro masnou výrobu [3]. Ale postupným skladováním masa se hodnota pH vlivem postupného zrání zvyšovala a konečná hodnota odpovídala hodnotám zralého masa. Hodnota pH vepřového masa v den zakoupení byla vyšší (pH 5,9), než jak je uváděná optimální hodnota, tj. pH 5,6 – 5,8 [47]. Vyšší hodnota pH poukazuje na to, že mohlo dojít k zakoupení již staršího a vyzrálejšího masa, ale také to, že zvíře bylo před porážkou příliš stresované. Takové maso se hůře skladuje, zhorší se jeho technologické vlastnosti a maso se rychleji kazí [48]. Krůtí maso v den zakoupení bylo v optimálním rozhraní hodnot pH pro daný typ masa, ale postupným skladováním se hodnota zvyšovala až k hranici, kdy hodnota pH korespondovala s počátečním kažením masa [10,42].

Tabulka 11: Výsledky hodnoty pH vodného výluhu z masa, získané v závislosti na době skladování

Druh masa	1. den	5. den	12. den
Kuřecí maso	5,7	5,8	5,9
Vepřové maso	5,7	5,9	6,1
Hovězí maso	5,4	5,5	5,7
Krůtí maso	6,0	6,1	6,3

Z hodnot pH získaných pomocí metody vodného výluhu (Tabulka 11) lze vypozorovat, že hodnoty pH jsou velmi podobné a srovnatelné s metodou použitím vpichové pH elektrody.

5.3.2 Výsledky zkoušky na *peroxidázu*

Zkouška na přítomnost *peroxidázy* byla provedena podle kapitoly 3.4.3.2. Hlavním enzymem ze skupiny *peroxidáz* je *glutationperoxidáza*. *Glutationperoxidáza* je enzym, obsahující selen, který katalyzuje redukci lipidů a peroxidů vodíku na méně škodlivé hydroxylové skupiny. Jeho aktivita je u každého masa různá, hovězí maso vykazuje vyšší aktivitu než maso vepřové. Aktivita v drůbežím mase je ještě nižší [55]. *Peroxidáza* je přítomna hlavně v čerstvém mase. V průběhu zrání masa její aktivita klesá, v kazícím se mase ztrácí aktivitu zcela [42]. Výsledky zkoušky na *peroxidázu* jsou uvedeny v tabulce 12 a 13.

5.3.2.1 Výsledky zkoušky na peroxidázu I

Tabulka 12: Výsledky zkoušky na přítomnost peroxidázy v závislosti na době skladování

Druh masa	0 hod	24 hod	48 hod	72 hod
Kuřecí maso	-	-	-	-
Vepřové maso	+	+	+	+
Hovězí maso	+	+	+	+
Krůtí maso	-	-	-	-

+ pozitivní, maso čerstvé; - negativní, maso již není čerstvé

Z výsledků uvedených v tabulce 12 je patrné, že aktivita *peroxidázy* je u každého masa různá. U kuřecího a krůtího masa vycházela zkouška na *peroxidázu* po celou dobu skladování negativně. Negativní reakce mohla být způsobena zakoupením nečerstvého masa, ale důvodem negativní reakce může být také nízká aktivita *peroxidázy* v drůbežím mase, jak uvádí literatura [55]. U vepřového a hovězího masa vycházela zkouška vždy pozitivně, po celou dobu skladování, což je důkazem, že maso velkých jatečných zvířat vykazuje vyšší aktivitu tohoto enzymu. Z výsledků vyplývá, že vepřové a hovězí maso bylo po 72 hod skladování stále čerstvé.

5.3.2.2 Výsledky zkoušky na peroxidázu II

Tabulka 13: Výsledky zkoušky na přítomnost peroxidázy v závislosti na době skladování

Druh masa	1. den	5. den	12. den
Kuřecí maso	-	-	-
Vepřové maso	+	+	-
Hovězí maso	+	+	+
Krůtí maso	-	-	-

+ pozitivní, maso čerstvé; - negativní, maso již není čerstvé

I při 2. stanovení přítomnosti *peroxidázy* v mase bylo prokázáno, že aktivita enzymu se odvíjí podle druhu masa (Tabulka 13). Kuřecí a krůtí maso po celou dobu skladování opět neprokázalo aktivitu tohoto enzymu. Důvodem negativní reakce mohlo být zakoupení nečerstvého masa, ale taktéž nízká aktivita tohoto enzymu v drůbežím mase, jak uvádí literatura [55]. Vepřové maso vykazuje vyšší aktivitu *peroxidázy* a její aktivita v prvních pěti dnech skladování byla prokázána, z čehož vyplívá, že maso bylo stále čerstvé. Výsledkem stanovení po dvanácti dnech skladování bylo, že aktivita enzymu zcela vymizela, což je ukazatelem, že maso již nevykazuje známky čerstvosti a začalo se kazit. Aktivita *peroxidázy* v hovězím mase byla prokázána i po dvanácti dnech skladování, z čehož lze usuzovat, že hovězí maso je velmi údržné s vysokou aktivitou enzymu a čerstvost si dokáže udržet i po delší dobu skladování.

5.3.3 Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým

Srážecí reakce byla provedena podle postupu uvedeného v kapitole 3.4.3.3. Výsledky reakce jsou uvedené v tabulce 14 a 15.

5.3.3.1 Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým I

Tabulka 14: Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým v závislosti na době skladování

Druh masa	0 hod	24 hod	48 hod	72 hod
Kuřecí maso	+	+	+	-
Vepřové maso	+	+	+	+
Hovězí maso	+	+	+	+
Krůtí maso	+	+	-	-

+ maso čerstvé, bujón průzračný; - maso podezřelé z počátečního kažení, klky v bujónu

Z výsledků uvedených v tabulce 14 vyplývá, že vepřové a hovězí maso při této zkoušce čerstvosti vykazovalo po celou dobu skladování známky čerstvého masa, bujón byl průzračný. Opakem tomu bylo u kuřecího a krůtího masa. Čerstvost kuřecího masa se vlivem doby skladování měnila. Prvních 48 hod skladování maso vykazovalo stále známky čerstvosti, ale po 72 hod skladování se již maso stávalo podezřelým z počátečního kažení, kdy se v bujónu začaly tvořit klky. Krůtí maso se jevilo čerstvým pouze prvních 24 hod skladování. Po 48 a 72 hod skladování bylo již v mase zjištěno podezření na počáteční kažení, kdy se v bujónu začali tvořit klky.

5.3.3.2 Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým II

Z výsledků uvedených v tabulce 15 je patrné, že dlouhodobé skladování masa v chladničce má podstatný vliv na jeho čerstvost. Kuřecí a krůtí maso jevilo známky čerstvosti pouze při vstupní analýze, v den zakoupení v obchodní síti, kdy získaný bujon byl průzračný. Dalším skladováním masa se vlivem srážecí reakce se síranem měďnatým začali v bujonu tvořit klky, což je známkou, že maso je podezřelé z počátečního kažení. Výsledkem srážecí reak-

ce hovězího a vepřového masa, bylo získání průzračného bujonu, což bylo známkou čerstvosti masa i po pěti dnech skladování. Po dvanácti dnech skladování bylo již v mase zjištěno počáteční kažení, kdy se v bujónu začali tvořit klky.

Tabulka 15: Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým v závislosti na době skladování

Druh masa	1. den	5. den	12. den
Kuřecí maso	+	-	-
Vepřové maso	+	+	-
Hovězí maso	+	+	-
Krůtí maso	+	-	-

+ maso čerstvé, bujón průzračný; - maso podezřelé z počátečního kažení, klky v bujónu

5.3.4 Diskuse výsledků čerstvosti masa

Maso patří mezi potraviny s velmi nízkou údržností. Z výsledků stanovení čerstvosti masa je patrné, že maso velkých jatečných zvířat je údržnější než maso drůbeže a zachová si známky čerstvosti i po delší dobu skladování. Hlavními důvody nízké údržnosti drůbežího mase je vyšší výskyt mikroorganismů [56], rychle probíhající proces zrání, kdy již po pár hodinách od porážky se uvolňuje posmrtná ztuhlost masa, zatímco u masa velkých jatečných zvířat to trvá několik dnů až týdnů, a tudíž dochází k rychlejšímu zvyšování hodnoty pH masa vlivem nízké koncentrace kyseliny mléčné [10]. Hodnota pH drůbežího masa je tedy vyšší než u velkých jatečných zvířat, takže pH nepůsobí inhibičně na mikroorganismy a maso se stává náchylnější k mikrobiální kontaminaci v kratším časovém intervalu než maso velkých jatečných zvířat a dochází k mikrobiální proteolýze. Mikrobiální proteolýza je dále provázena hydrolýzou a rychlou oxidací lipidů a hemových barviv, kdy dochází k osliznutí masa, změně barvy, zápachu a vzniku rozkladných produktů, např. amoniaku [57]. Oxidace lipidů je další významnou příčinou, která snižuje kvalitu a čerstvost masa při skladování [58], kterou významně ovlivňuje několik faktorů jako je obsah železa, antioxidantů, tuku, nenasycených mastných kyselin v mase a taktéž skladovací podmínky [59,60]. Drůbeží maso je vzhledem k vyššímu obsahu fosfolipidů náchylnější na oxidaci než maso velkých jatečných zvířat, neboť oxidace masa začíná peroxidací fosfolipidové frakce, která je vzhledem k vysokému obsahu polynenasycených mastných kyselin v drůbežím mase

a nízkému obsahu přirozených antioxidantů, jako je vitamin E, nejcitlivější vůči oxidaci [61]. Tudíž, již krátkodobým skladováním drůbežího masa docházelo k tvorbě klků v bujonu při srážecí reakci se síranem měďnatým, což je znakem počátečního kažení. Taktéž zkouška na přítomnost *peroxidázy* poukazovala na aktivitu tohoto enzymu ve vepřovém a hovězím mase i po delší dobu skladování, což je znakem čerstvosti, kdežto u masa drůbeže nebyla aktivita *peroxidázy* prokázána.

5.4 Výsledky stanovení amoniaku podle Conwaye

Stanovení obsahu amoniaku bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 3.4.4. a výsledky byly vypočteny podle vzorce 3. Změny v obsahu amoniaku byly v průběhu skladování sledovány a výsledky jsou uvedeny v tabulce 16 a 17. Za maso čerstvé se považuje maso, které obsahuje do 200 $mg.kg^{-1}$ amoniaku. Zralé maso obsahuje 200 – 250 $mg.kg^{-1}$ amoniaku. Za maso dosud ještě nezávadné, přezrálé, se považuje maso, které obsahuje 250 - 300 $mg.kg^{-1}$ amoniaku, ale takové maso je nutné ihned spotřebovat. Maso kazící se obsahuje nad 300 $mg.kg^{-1}$ amoniaku [42, 62].

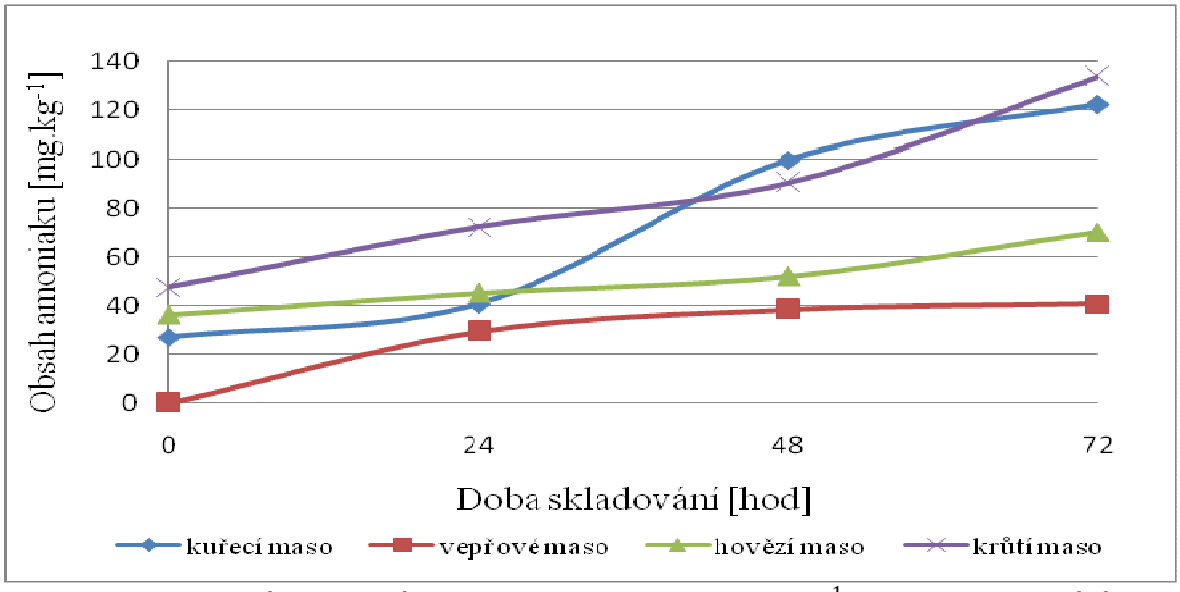
5.4.1 Výsledky stanovení amoniaku I

Tabulka 16: Výsledky obsahu amoniaku [$mg.kg^{-1}$] v závislosti na době skladování

Druh masa	0 hod	24 hod	48 hod	72 hod
Kuřecí maso	27,20 ± 0,000	40,80 ± 0,000	99,73 ± 3,206	122,40 ± 0,000
Vepřové maso	-	29,47 ± 3,206	38,53 ± 3,206	40,80 ± 0,000
Hovězí maso	36,27 ± 3,206	45,33 ± 3,206	52,13 ± 3,206	70,27 ± 3,206
Krůtí maso	47,60 ± 5,552	72,53 ± 3,206	90,67 ± 3,206	133,73 ± 3,206

Statistickým vyhodnocením, na 5% hladině významnosti, se obsah amoniaku v průběhu skladování významně lišil. V průběhu skladování se obsah amoniaku, vlivem probíhající postupné proteolýzy bílkovin, kdy se bílkoviny rozkládají až na amoniak [62], u všech druhů masa postupně zvyšoval, jak je možné vypozorovat na obrázku 12. Avšak ani 72 hod skladováním nedosahovalo množství amoniaku hranice větší než 200 $mg.kg^{-1}$, tudíž se

maso na základě tohoto ukazatele považuje ještě za čerstvé. Největší obsah amoniaku byl po 72 hod skladování u krůtího masa, a to 133,73 $mg.kg^{-1}$. Nejnižší obsah amoniaku po 72 hod skladování mělo maso vepřové, které obsahovalo pouze 40,80 $mg.kg^{-1}$ amoniaku. Kuřecí maso obsahovalo 122,40 $mg.kg^{-1}$ amoniaku a maso hovězí 70,27 $mg.kg^{-1}$ amoniaku.

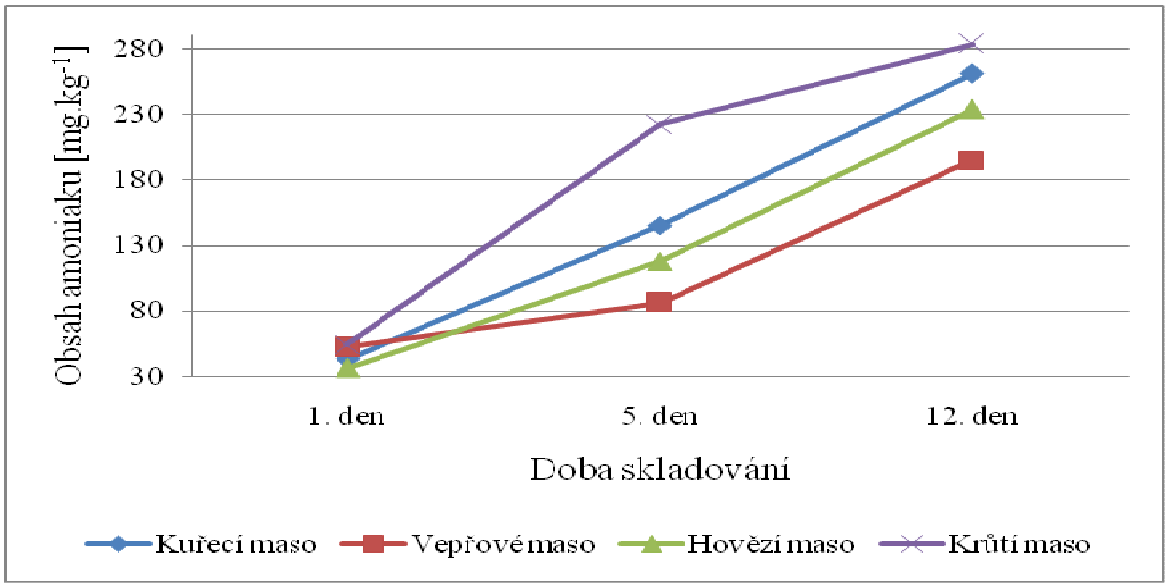


Obrázek 12: Závislost obsahu amoniaku [$mg.kg^{-1}$] na době skladování

5.4.2 Výsledky stanovení amoniaku II

Tabulka 17: Výsledky obsahu amoniaku [$mg.kg^{-1}$] v závislosti na době skladování

Druh masa	1. den	5. den	12. den
Kuřecí maso	43,04 ± 3,206	145,07 ± 3,206	260,67 ± 3,206
Vepřové maso	52,13 ± 3,206	117,87 ± 3,206	233,47 ± 3,206
Hovězí maso	36,24 ± 3,206	86,13 ± 3,206	194,93 ± 3,206
Krůtí maso	54,40 ± 5,552	222,13 ± 6,411	283,33 ± 3,206



Obrázek 13: Závislost obsahu amoniaku [mg.kg^{-1}] na době skladování

Obsah amoniaku se vlivem dlouhodobého skladování a probíhající proteolýzy bílkovin, kdy se bílkoviny rozkládají až na amoniak, významně statisticky zvyšoval (viz tabulka 19). Nejvyšší obsah amoniaku na konci skladování obsahovalo maso krůtí a to 283,33 mg.kg^{-1}. Takovéto maso je považováno za nezávadné, přezrálé, a je nutné ho ihned spotřebovat. Do této skupiny po dvanácti dnech skladování patřilo i maso kuřecí, kde obsah amoniaku byl 260,67 mg.kg^{-1}. Vepřové maso dvanáctý den skladování obsahovalo 233,47 mg.kg^{-1} amoniaku, což poukazuje na maso již zralé. Nejnižší obsah amoniaku po dvanácti dnech skladování byl zjištěn u hovězího masa, kde byl obsah amoniaku 194,93 mg.kg^{-1}. Z obsahu amoniaku lze usuzovat, že hovězí maso i po delší dobu skladování si dokáže udržet známky čerstvosti.

5.5 Výsledky stanovení celkového obsahu dusíkatých látek

Stanovení celkového obsahu bílkovin bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 3.4.5. a výsledky byly vypočteny podle vzorce 4. Celkový obsah hrubých bílkovin je uveden v tabulce 18 a 19.

5.5.1 Výsledky stanovení celkového obsahu dusíkatých látek I

Tabulka 18: Množství hrubé bílkoviny [%]

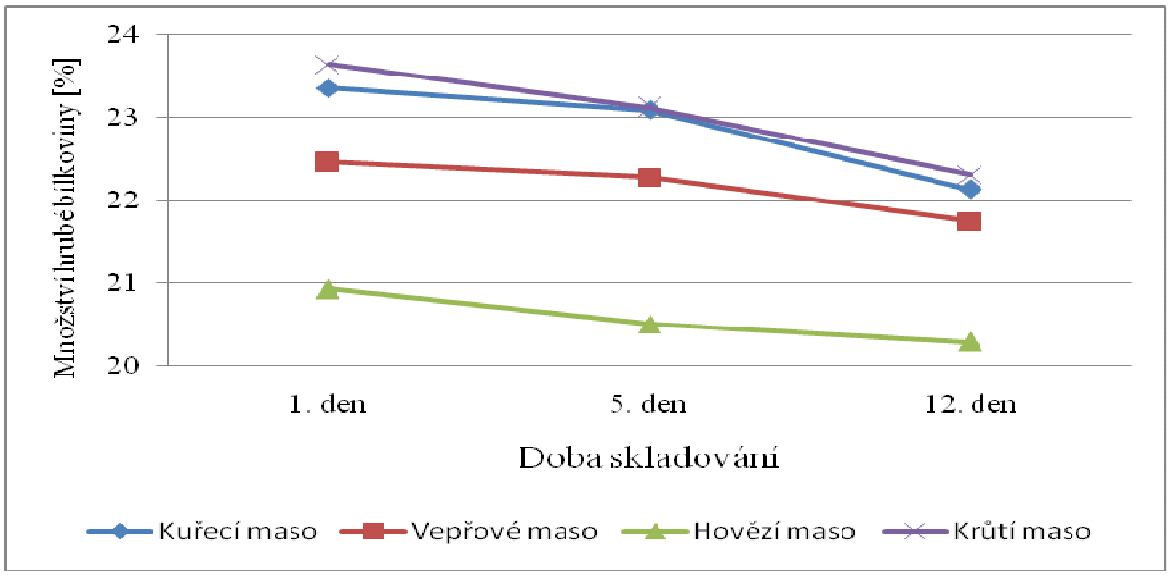
Druh masa	Kuřecí maso	Vepřové maso	Hovězí maso	Krůtí maso
% hrubé bílkoviny	23,04 ± 0,215	23,37 ± 0,724	25,80 ± 0,245	21,01 ± 0,780

Z výsledků stanovení celkového obsahu dusíkatých látek lze vypozorovat, že největší obsah hrubé bílkoviny byl zjištěn v hovězím mase, a to 25,80 %. Literatura uvádí obsah hrubých bílkovin v hovězím mase pouze 23,20 % [63]. U ostatních druhů masa nebyl statistickým vyhodnocením, na 5% hladině významnosti, zjištěn významný statistický rozdíl v obsahu hrubé bílkoviny. Kuřecí maso obsahovalo 23,04 %, vepřové maso 23,37 % a krůtí maso 21,01 % hrubé bílkoviny. Z toho krůtí maso obsahovalo nejmenší množství, přitom literatura uvádí obsah bílkovin v krůtích prsou až 24 % [64]. Nízký obsah hrubých bílkovin v krůtím mase byl způsoben rozkladem bílkovin na úkor vzniku amoniaku, jak lze vypozorovat v kapitole 5.4.1 (Tabulka 16), kde již v den zakoupení krůtího masa, byl obsah amoniaku ze všech druhů masa nejvyšší.

5.5.2 Výsledky stanovení celkového obsahu dusíkatých látek II

Tabulka 19: Množství hrubé bílkoviny [%] v závislosti na době skladování

Druh masa	1. den	5. den	12. den
Kuřecí maso	23,36 ± 0,027	23,09 ± 0,226	22,14 ± 0,345
Vepřové maso	22,46 ± 0,450	22,28 ± 0,440	21,75 ± 0,084
Hovězí maso	20,93 ± 0,740	20,51 ± 0,262	20,29 ± 0,072
Krůtí maso	23,65 ± 0,556	23,12 ± 0,068	22,31 ± 0,187



Obrázek 14: Závislost obsahu hrubých bílkovin na době skladování

Z obrázku 14 je zřejmé, že obsah bílkovin u všech druhů masa s dobou skladování postupně klesal, ale statistickým vyhodnocením na 5% hladině významnosti nebyl zjištěn žádný významný pokles obsahu bílkovin v závislosti na době skladování. Snižování obsahu bílkovin je způsobováno probíhající proteolýzou bílkovin, která probíhá současně s autolýzou masa, která přeměňuje svalovinu jatečných zvířat v maso [57]. Výsledkem proteolýzy bílkovin je vznik amoniaku, který slouží jako indikátor čerstvosti masa (viz kapitola 5.4.2). Nejvyšší obsah bílkovin v den zakoupení byl zjištěn u krůtího masa a to 23,65 %, skladováním masa poklesl obsah bílkovin po dvanácti dnech na 22,31 %. Obsah bílkovin v kuřecím mase byl v den zakoupení 23,36 % a po dvanácti dnech skladování poklesl na 22,14 %. Vepřové maso obsahovalo na počátku analýzy 22,46 % hrubých bílkovin a po dvanácti dnech skladování obsah poklesl na 21,75 %. Nejmenší pokles v obsahu bílkovin byl zaznamenán u hovězího masa, kdy v den zakoupení byl 20,93 a po dvanácti dnech skladování byl obsah hrubých bílkovin 20,29 %.

5.6 Výsledky stanovení stravitelnosti enzymatickou hydrolýzou *pankreatinem*

Stravitelnost syrového a vařeného masa byla provedena podle postupu uvedeného v kapitole 3.4.6. a výsledky stravitelnosti byly vypočteny podle vzorců 5 - 12, uvedených

taktéž v kapitole 3.4.6. Hodnoty stravitelnosti, vyjádřené jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD), jsou uvedeny v tabulkách 20, 21 a 22.

Tabulka 20: Hodnoty stravitelnosti syrového a vařeného kuřecího masa [%], s použitím 3 g *pankreatinu*

Druh masa / **Stravitelnost [%]**	**Syrové kuřecí maso**	**Vařené kuřecí maso**
DMD	99,9 ± 0,15	99,9 ± 0,04
OMD	100,0 ± 0,03	100,0 ± 0,01

Tabulka 21: Hodnoty stravitelnosti syrového masa [%], s použitím 1,5 g *pankreatinu*

Druh masa / **Stravitelnost [%]**	**Kuřecí maso**	**Vepřové maso**	**Hovězí maso**
DMD	99,9 ± 0,02	99,7 ± 0,04	99,4 ± 0,07
OMD	100,0 ± 0,01	100,0 ± 0,02	99,9 ± 0,02

Tabulka 22: Hodnoty stravitelnosti vařeného masa [%], s použitím 1,5 g *pankreatinu*

Druh masa / **Stravitelnost [%]**	**Kuřecí maso**	**Vepřové maso**	**Hovězí maso**
DMD	99,9 ± 0,03	99,7 ± 0,09	99,4 ± 0,32
OMD	100,0 ± 0,01	100,0 ± 0,03	99,9 ± 0,07

Jako první bylo provedeno stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty syrového a vařeného kuřecího masa, kdy do inkubační láhve s fosfátovým pufrem byly přidány 3 g *pankreatinu*. Ze získaných výsledků uvedených v tabulce 20 bylo vypozorováno, že stravitelnost sušiny syrového kuřecího masa byla 99,9 % a povařením masa se stravitelnost sušiny nezměnila. Stravitelnost organické hmoty syrového kuřecího masa byla 100 % a vařeného masa byla taktéž 100 %. Ze zjištěných hodnot stravitelnosti masa bylo usouze-

no, že použitím 3 g *pankreatinu* došlo nejspíše k úplnému strávení masa a proto se navážka enzymu snížila na poloviční množství. Z výsledků stravitelnosti s použitím 1,5 g *pankreatinu* uvedených v tabulkách 21 a 22 lze vypozorovat, že stravitelnost zůstala stejná a povařením masa se taktéž nezměnila. Stravitelnost sušiny syrového a vařeného kuřecího masa byla 99,9 % a organické hmoty byla 100 %. Stravitelnost sušiny syrového a vařeného vepřového masa činila 99,7 % a stravitelnost organické hmoty byla stejná jako u kuřecího masa a to 100 %. Stravitelnost sušiny hovězího masa v syrovém a vařeném stavu byla taktéž úplně stejná, a to 99,4 %. Organická hmota hovězího masa v syrovém stavu byla stravitelná z 99,9 %. Povařením masa se stravitelnost nezměnila a činila 99,9 %.

Hodnoty pro výpočet stravitelnosti kuřecího syrového a vařeného masa s použitím 1,5 g *pankreatinu* jsou uvedeny v příloze I, II.

5.6.1 Diskuse výsledků stanovení stravitelnosti masa enzymatickou hydrolýzou *pankreatinem*

Z výsledků stravitelnosti masa enzymatickou hydrolýzou *pankreatinem* je patrné, že stravitelnost masa je vysoká a povařením masa se nemění. Některé studie ale uvádějí, že povařením mase se stravitelnost snižuje, neboť vlivem vysoké teploty při vaření (100 °C) dochází ke změně fyzikálně-chemického stavu bílkovin a dostupnosti aminokyselin. Bílkoviny se stávají terčem volných radikálů a dochází k jejich oxidaci [65, 66]. Oxidací aminokyselin dojde k agregaci bílkovin vlivem vytvoření disulfidových a dityrosinových můstků [67]. Dalším významným činitelem ovlivňujícím agregaci bílkovin je interakce mezi volnými aminoskupinami lyzinu a aldehydickými produkty vzniklými při oxidaci lipidů. To se hlavně děje při nesprávném skladování masa [68]. Vlivem agregace bílkovin (hlavně myosinu) dochází k degradaci proteolytických enzymů v zažívacím traktu a tudíž ke snížení stravitelnosti [69,70].

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na stanovení základních nutričních charakteristik masa tj. stanovení obsahu vody, schopnosti masa vázat přidanou vodu, hodnocení čerstvosti masa, stanovení amoniaku, celkového obsahu dusíkatých látek a sledování změn během skladování v chladničce. Analýza byla provedena u čtyř druhů mas běžně dostupných v obchodní síti pro spotřebitele, a to u masa kuřecího, vepřového, hovězího a krůtího. Dále bylo úkolem stanovit stravitelnost vybraných druhů masa v syrovém a vařeném stavu pomocí směsného enzymatického preparátu *pankreatinu*.

Z výsledků obsahu vody bylo zjištěno, že obsah vody byl u všech druhů masa v den zakoupení vyšší, než jak uvádí literatura (73 - 76 %) [45] a v průběhu skladování se obsah vody zvyšoval. Zvyšování obsahu vody bylo pravděpodobně způsobeno skladováním masa, kdy v mase probíhají neustále různé rozkladné procesy, jako např. rozklad bílkovin až na amoniak, kde vedlejším produktem je voda. Tato voda se z masa nemohla odpařit, neboť maso bylo skladováno v polyetylenových sáčcích, které mají malou propustnost pro vodu, takže ztráty vysýcháním jsou minimální a voda byla zadržována v mase.

Z výsledků stanovení schopnosti masa vázat přidanou vodu bylo zjištěno, že hodnoty neodpovídají reálným hodnotám. Schopnost drůbežího masa vázat přidanou vodu byla několikanásobně vyšší, naopak u vepřového a hovězího masa byla nízká. Z těchto důvodů nejsou získané výsledky v diplomové práci uvedeny. Pravděpodobně největší chybou při získávání výsledků byla špatná metodika práce, která není dostatečně propracována, a proto došlo k získání mylných informací o schopnosti masa vázat přidanou vodu. V části diskuse jsou podrobně popsány návrhy na další metodický postup.

Stanovení čerstvosti masa bylo provedeno pomocí třech zkoušek a to měřením pH masa, zkouškou na přítomnost *peroxidázy* a srážecí reakcí se síranem měďnatým. Výsledky počáteční analýzy v den zakoupení poukazovaly na čerstvost masa, ikdyž zkouška na přítomnost *peroxidázy* v drůbežím mase vycházela negativně. Hlavním důvodem negativní reakce byla zřejmě nízká aktivita tohoto enzymu v mase, jak uvádí literatura [55]. Srážecí reakce se síranem měďnatým vycházela pozitivně u všech druhů masa, což je ukazatelem čerstvosti masa. Hodnoty pH se mírně lišily při vstupní analýze. Při prvním stanovení byly hodnoty pH v optimálním rozhraní, jak uvádí literatura [47, 49, 50]. Při druhém stanovení

se hodnoty pH masa odlišovaly. Rozdílnost byla pravděpodobně ovlivněna stádiem posmrtných změn, ve kterém bylo maso uvedeno na trh.

Protože maso patří mezi potraviny s nízkou údržností, tudíž postupným skladováním docházelo ke snižování čerstvosti a k postupnému kažení masa. Z výsledků srážecí reakce se síranem měďnatým bylo zjištěno, že nejméně údržné je maso drůbeže, kdy už po 48 hod skladování docházelo k tvorbě klků v krůtím bujonu a po 72 hod v kuřecím. Takovéto maso je podezřelé z počátečního kažení. Mezi hlavní důvody snižující údržnost drůbežího masa je vyšší pH svaloviny, které nepůsobí inhibičně na mikroorganismy a dochází k mikrobiální proteolýze. Dalším činitelem snižující údržnost drůbežího masa je oxidace lipidů. Drůbeží maso obsahuje větší množství fosfolipidů a nenasycených mastných kyselin, které jsou vůči oxidaci nejcitlivější.

Z výsledků stanovení amoniaku bylo taktéž patrné, že postupným skladováním docházelo ke snižování čerstvosti masa vlivem probíhající proteolýzy bílkovin a tudíž se obsah amoniaku zvyšoval. Největší navýšení bylo zjištěno u kuřecího a krůtího masa. Avšak ani po 72 hod skladování nedošlo k nárůstu obsahu amoniaku nad hranici 200 $mg.kg^{-1}$, což je hranice čerstvosti a tudíž se maso na základě tohoto ukazatele považuje stále za čerstvé. Při skladování drůbežího masa po dobu dvanácti dnů se množství amoniaku zvýšilo na rozmezí 250 - 300 $mg.kg^{-1}$, což poukazuje na to, že takovéto maso se považuje ještě za nezávadné, přezrálé a je nutné ho ihned spotřebovat. Při stanovení, kdy bylo maso skladováno dvanáct dnů, bylo zjištěno, že obsah amoniaku stoupl u vepřového masa na hodnotu 233,47 $mg.kg^{-1}$ což je ukazatelem zralosti masa. Hovězí maso i dlouhodobým skladováním nepřesáhlo hranici 200 $mg.kg^{-1}$ a jevilo tudíž známky čerstvosti.

Obsah hrubých bílkovin v mase byl během dvou na sobě nezávislých analýzách a použité stejné svalové partie zjištěn mírně rozdílný, ale bez významného statistického rozdílu. Při skladování masa po dobu 12 dnů byl obsah bílkovin monitorován a bylo zjištěno, že s narůstající délkou skladování dochází k úbytku bílkovin. Snižování obsahu bílkovin bylo způsobováno probíhající proteolýzou, kdy se bílkoviny rozkládají až na amoniak, jak bylo možné pozorovat při stanovení amoniaku.

Z výsledků stravitelnosti masa, uvedených jako stravitelnost sušiny a organické hmoty lze vypozorovat, že kuřecí, vepřové a hovězí maso je výborně stravitelné jak v syrovém, tak ve

vařeném stavu. Výsledky dosahovaly prakticky 100% stravitelnosti a povařením se prakticky neměnily.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] *Vyhláška ministerstva zemědělství ČR* č. *326/2001 Sb.*, kterou se provádí **§** 18 písm. a), d), g), h), i) a 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.

[2] PIPEK, P., Základy technologie masa. VVŠ PV Vyškov, 1998. ISBN 80-7231-010-0

[3] Technologie masa [online], [cit. 2. 2. 2009]. Dostupné na: <http://web.vscht.cz/pipekp/ppv.doc>

[4] STAINHAUSER, L. a kol., Produkce masa. Last, Tišnov 2000, ISBN 80-900260-7-9

[5] PIPEK, P., Technologie masa I. 2. Vydání, Praha: VŠCHT, 1991. 172 s., ISBN 80-7080-106-9.

[6] VARNAM A. H., SUTHERLAND J. P., Meat and meat products: technology, chemistry and mikrobiology. Springer, 1995, ISBN 0412495600

[7] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P., Technologie výroby potravin živočišného původu (bakalářské studium). UTB ve Zlíně 2006. ISBN 80-7318-405-2

[8] STEINHAUSER, L. a kol., Hygiena a technologie masa. LAST Brno, 1995, ISBN 80-900260-4-4

[9] VELÍŠEK, J., Chemie potravin 1. OSSIS, Tábor, 1999, ISBN 80-902391-3-7

[10] KERRY, J., KERRY, J., LEDWARD, D., Meat Processing - Improving Quality; Woodhead Publishing 2002, ISBN 978-1-59124-484-4

[11] PENNINGTON, J. A. T., Bowes and Church"s Food Values of Portions Commonly Used. New York: Harper and Row, 1989

[12] SAYRE, R. N. *at al*., Post-mortem physiological condition and ultimate classification as associated with fluid retention andrel ated properties of porcine muscle. *Journal Food Science*, 29, 1964

[13] HONIKEL, K. O., JOSEPH, R., Very Fast Chilling. *Fleischwirtschaft*, no. 3, p. 116 - 121, 2002

[14] DVOŘÁK, Z., Nutriční hodnocení masa jatečných zvířat, SNTL, Praha 1987

[15] O'NEILL, D. J., LYNCH, P. B., Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigment. *Meat Science* 64, p. 105 – 111, 2003

[16] LESIOW, T., KIJOWSKI, J., Impact of PSE and DFD meat on poultry processing: A review. *Polish journal of food and nutrition science,* vol. 12, no. 2, p. 3 - 8, 2003

[17] BARBUT, S., SOSNICKI, A. A., LONERGAN, S. M., Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science* 79, p. 46 – 63, 2008

[18] GUÁRDIA, M. D., ESTANY, J., BALASCH, S., Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science* 70, p. 709 – 716, 2005

[19] PÉREZ, M. P. *at al*., Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science*, 61, p. 425 – 433, 2002

[20] JUL, M., *Fleischwirtschaft* 62, p. 604, 1982

[21] NOVÁK, V., BUŇKA, F., Základy ekonomiky výživy. UTB ve Zlíně 2005, ISBN 80-7318-262-9

[22] HAMMOCK, D. A., The red meat in our diet-good or bad? In: Cook Fuller CC, ed. *Nutrition 87/88.* Guildford, Conn: Sushkin Publishing group: 16 – 18, 1987

[23] MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES AND FOOD, *National Food Survey*, The Stationery Office, London, 1999

[24] AGGETT, P. J., COMERFORD, J. G., Zinc and Human Health. *Nutrition Reviews*, p. 16 – 22, 1995

[25] BEARD, J., STOLTZFUS, R., Foreword – Iron deficiency Anaemia: Reexamining the Nature and Magnitude of the Public Health Problem. *Journal of Nutrition*, p. 563, 2001

[26] SANDSTEAD, H. H., Causes of iron and zinc deficiencies and their effects on brain. *Journal of Nutrition, p*. 347 – 349, 2000

[27] SHI, B., SPALLHOLZ, J. E., Selenium Peroxidase Is Highly Available As Assessed By Liver Glutathione Peroxidase Activity And Tissue Selenium. *British Journal of Nutrition*, p. 873 – 881, 1994

[28] VAN HORNE, P. L. M., Production cost development of broilermeat'. *Archiv für Geflügelkunde*, 66, p. 26 - 27, 2002

[29] WILD, D., Mitteilungsblatt der BAFF, 32, no. 120, p. 254, 1993

[30] NIERENBERG, D., Meat Production and Consumption Grow. *Vital Sings*, p. 31 - 33, 2003

[31] Český statistický úřad, Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů na 1 obyvatele v ČR v letech 2000 – 2007, [cit. 6. 3. 2009]. Dostupné na: <http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/0E004008EA/$File/30040801.pdf >

[32] Výroba drůbežího masa má budoucnost [online], [cit. 6. 3. 2009]. Dostupné na: <http://www.agroweb.cz/Vyroba-drubeziho-masa-ma-budoucnost__s182x30425.html>

[33] Hovězí maso - Spotřeba v tuzemsku stále klesá [online], [cit. 6. 3. 2009]. Dostupné na: <http://www.mobchod.cz/index.php?itemid=2752>

[34] Český statistický úřad, Rychlá informace, Zemědělství - 4. čtvrtletí 2008. Dostupné na: <http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/czem01280909.doc> [cit. 6. 3. 2009]

[35] POKORNÝ J., a kol., Přehled fyziologie človeka Díl II. Praha: Karolinum, 255 s., 2002.

[36] Trávící soustava člověka [online], [cit. 26. 2. 2009]. Dostupné na: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Trávicí_soustava_člověka>

[37] Fyziologie trávení a vstřebávání [online], [cit. 26. 2. 2009]. Dostupné na: <http://www.profmartinik.cz/wp-content/soubory/fyziologie-traveni-a-vstrebavani.pdf>

[38] MAROUNEK M., BREZINA P., ŠIMUNEK J. *Fyziologie a hygiena výživy*. 2. vydání, VVŠ PV Vyškov, 2003. 148 s., ISBN 80-7231-106-9.

[39] WILHELM, Z., a kol., Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy, Vydavatelství MU, Brno 2005, 115 s., ISBN 80-210-2837-8

[40] MURRAY, R. K., GRANNER, D. K., MAYES, P. A., RODWELL, V. W., Harper`s Ilustrated Biochemistry, McGraw-Hill Companies, USA, 2003 ISBN: 0-07-138901-6

[41] Trávení [online], [cit. 26. 2. 2009]. Dostupné na: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Trávení>

[42] *Návody pro laboratorní cvičení z Analýzy potravin*, Univerzita Tomáše Bati, Zlín, 2009

[43] MIŠURCOVÁ, L., *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka – Disertační práce*, UTB, 2008

[44] ORSÁK, M., Metodiky pro cvičení z předmětu „*Kvalita a hodnocení živočišných produktů*“, Katedra chemie ČZU v Praze

[45] CULIOLI, J., BERRI, C., MOUROT, J., Muscle foods: consumption, composition and quality. *Science des Aliments*, 2003

[46] VALÁŠEK, P., *Konzervace a balení potravin - distanční text*, projekt OP RLZ Opatření 3.2 0309, cepac morava 2007

[47] HOLMER, S. F. *at al*., The effect of pH on shelf-life of pork during aging and simulated retail display. *Meat Science* 82, p. 86 – 93, 2009

[48] PUOLANNE, E. J., Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphate. *Meat Science* 58, 2001

[49] MAESSO, E. R., BAKER, R. C., VADEHRA, D. V., The effect of vacuum, pressure, pH and different meat types on the binding ability of poultry meat. *Poultry Science* 49, p. 697 - 700, 1970

[50] MOLETTE, C., REMIGNON, H., BABILE R., Maintaining muscles at a high post-mortem temperature induces PSE-like meat in turkey. *Meat Science* 63, p. 525 - 532, 2003

[51] IMMONEN, K., RUUSUNEN, M., PUOLANNE, E., Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science* 55, p. 33 – 38, 2000

[52] MARIBO, H., STOIER, S., JORGENSEN, P. F., Procedure for determination of glycolytic potential in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science* 51, p. 191 – 193, 1999

[53] HEDRICK, H. B., ABERLE, A. D., FORREST, J. C., Principles of meat science. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, 1994

[54] HENCKEL, P., KARLSSON, A., OKSBJERG, N., PETERSEN, J. S., Control of *post mortem* pH decrease in pig muscles: experimental design and testing of animal models. *Meat Science* 55, p. 131 – 138, 2000

[55] CHARLOTTE D., JOHANSSON, M., Glutathion peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. *Food Chemistry* 73, p. 313 - 319, 2001

[56] MEAD, G. C., HUDSON, R., HINTONM, H., Microbiological survey of five poultry processing plants in the UK. *British Poultry Science* 34, p. 497 – 503, 1993

[57] MEAD, G. C., HUDSON, R., HINTONM, H., Effect of changes in processing to improve hygiene control on contamination of poultry carcasses with campylobacter. *Epidemiol Infect* 115, p. 495 – 500, 1995

[58] ASGHAR, A., GRAY, J. L., BUCKLEY, D. J., Perspectives of warmed-over flavor. *Food Technology*, 42, p. 102 – 108, 1988

[59] DECKER, E. A., WELCH, B., Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38, p. 674 – 677, 1990

[60] MERCIER, Y., GATELLIER, P., VIAU, M., RENERRE, M., Effect of dietary fat and vitamin E on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. *Meat Science* 48, p. 301 – 317, 1998

[61] AJUYAH, A. O., AHN, D. U., HARDIND, R. T., Dietary antioxidants and storage affect chemical characteristics of ω-3 fatty acid enriched broiler chicken meats. *Journal of Food Science*, 58, p. 43 – 46, 1993

[62] SCHNEIDEROVÁ, D., INGR, I., Amoniak jako indikátor čerstvosti masa. Dostupné na: http://old.mendelu.cz/~agro/af/mendelnet2004/obsahy/tech/schneiderova.pdf [cit.: 16. 3. 2009]

[63] WILLIAMS, P., Nutritional composition of red meat. *The Journal of the Dietitians Association of Australia*, 2007

[64] KIJOWSKI, J., Nutritive value of poultry meat. *Przemysl Spozywczy* 54, p. 10 - 11, 2000.

[65] GATELLIER, P., SANTÉ-LHOUTELLIER, V., Digestion study of proteins from cooked meat using an enzymatic microreactor. *Meat Science* 81, p. 405 – 409, 2009

[66] SANTÉ-LHOUTELLIER, V., ENGEL, E., AUBRY, L., GATELLIER, P., Effect of animal (lamb) diet and meat storage on myofibrillar protein oxidation and *in vitro* digestibility. *Meat Science*, 2007

[67] SANTÉ-LHOUTELLIER, V., ASTRUC, T., MARINOVA, P., GRÉVE, E., GATELLIER, P., Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, p. 1488 – 1494, 2008

[68] GATELLIER, P., GOMEZ, S., GIGAUD, V., BERRI, C., LE BIHAN-DUVAL, E., SANTÉ-LHOUTELLIER, V., Use of a fluorescent front face technique for measurement of lipid oxidation during refrigerated storage of chicken meat. *Meat Science* 76, p. 543 – 547, 2007

[69] LIU, G., XIONG, Y. L., Electrophoretic pattern, thermal denaturation, and in vitro digestibility of oxidized myosin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, p. 624 – 630, 2000

[70] KAMIN-BELSKY, N., BRILLON, A. A., RAV, R., SHAKLAI, N., Degradation of myosin by enzymes of the digestive system: Comparison between native and oxidatively cross-linked protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, p. 1641 - 1646, 1996

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADP Adenosindifosfát

AMK Aminokyselina

AMN Adenosinmonofosfát

ATP Adenosintrifosfát

BSE Bovinní spongiformní encefalopatie

DDD Denní doporučená dávka

DFD Tmavé, tuhé, suché maso (dark, firm, dry)

DMD Stravitelnost sušiny

GIT Gastrointestinální trakt

OMD Stravitelnost organické hmoty

PSE Bledé, měkké, vodnaté maso (pale, soft, exudative)

S.D. Směrodatná odchylka

T/B poměr tuků a bílkovin

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Stavba svalu 12
Obrázek 2: Grafické znázornění průběhu hodnot pH vepřového masa jakosti normální, PSE a DFD v prvních 24 hodinách *post mortem* [7] 22
Obrázek 3: Grafické znázornění spotřeby masa v hodnotě na kosti* v letech 1993 - 2007 [kg.osoba^{-1}.rok^{-1}] [31] 27
Obrázek 4: Grafické znázornění spotřeby vybraných druhů masa na 1 obyvatele v ČR v letech 2000 – 2007 [kg.osoba^{-1}.rok^{-1}] [31] 28
Obrázek 5: Trávící soustava člověka 30
Obrázek 6: Conwayova nádobka 40
Obrázek 7: Grafické znázornění průběhu změny obsahu vody ve vzorcích masa v závislosti na době skladování 45
Obrázek 8: Grafické znázornění průběhu změny obsahu vody ve vzorcích masa v závislosti na době skladování 47
Obrázek 9: Závislost pH masa na době skladování použitím vpichové metody 50
Obrázek 10: Závislost pH vodného výluhu z masa na době skladování 51
Obrázek 11: Závislost pH masa na době skladování použitím vpichové metody 53
Obrázek 12: Závislost obsahu amoniaku [mg.kg^{-1}] na době skladování 59
Obrázek 13: Závislost obsahu amoniaku [mg.kg^{-1}] na době skladování 60
Obrázek 14: Závislost obsahu hrubých bílkovin na době skladování 62

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Složení masa hospodářských zvířat [%] [5] 13
Tabulka 2: Srovnání průměrné energetické hodnoty ve 100 g různých druhů mas [7] 17
Tabulka 3: Obsah minerálních látek v mase [mg.kg^{-1}] [4] 19
Tabulka 4: Obsah vitaminů v mase [mg.kg^{-1}] [4] 19
Tabulka 5: Krytí denní doporučené dávky vitaminů z masa 25
Tabulka 6: Výsledky stanovení obsahu vody v mase v závislosti na době skladování [%] 44
Tabulka 7: Výsledky stanovení obsahu vody v mase v závislosti na době skladování [%] 46
Tabulka 8: Výsledky hodnot pH získané v závislosti na době skladování, s použitím vpichové pH elektrody 49
Tabulka 9: Výsledky hodnoty pH vodného výluhu z masa, získané v závislosti na době skladování 51
Tabulka 10: Výsledky hodnot pH získané v závislosti na době skladování, s použitím vpichové pH elektrody 52
Tabulka 11: Výsledky hodnoty pH vodného výluhu z masa, získané v závislosti na době skladování 54
Tabulka 12: Výsledky zkoušky na přítomnost peroxidázy v závislosti na době skladování 54
Tabulka 13: Výsledky zkoušky na přítomnost peroxidázy v závislosti na době skladování 55
Tabulka 14: Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým v závislosti na době skladování 56
Tabulka 15: Výsledky srážecí reakce se síranem měďnatým v závislosti na době skladování 57
Tabulka 16: Výsledky obsahu amoniaku [mg.kg^{-1}] v závislosti na době skladování 58
Tabulka 17: Výsledky obsahu amoniaku [mg.kg^{-1}] v závislosti na době skladování 59
Tabulka 18: Množství hrubé bílkoviny [%] 61
Tabulka 19: Množství hrubé bílkoviny [%] v závislosti na době skladování 61
Tabulka 20: Hodnoty stravitelnosti syrového a vařeného kuřecího masa [%], s použitím 3 g *pankreatinu* 63

Tabulka 21: Hodnoty stravitelnosti syrového masa [%], s použitím 1,5 g *pankreatinu*..... 63
Tabulka 22: Hodnoty stravitelnosti vařeného masa [%], s použitím 1,5 g *pankreatinu*..... 63

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Stravitelnost kuřecího syrového masa s použitím 1,5 g *pankreatinu*

Příloha II: Stravitelnost kuřecího vařeného masa s použitím 1,5 g *pankreatinu*

PŘÍLOHA P I: STRAVITELNOST KUŘECÍHO SYROVÉHO MASA S POUŽITÍM 1,5 g *PANKREATINU*

Kuřecí maso syrové, 1,5 g *pankreatinu*	**1.**	**2.**	**3.**	**Korekce sáčku**
m_1 [g]	0,5285	0,5385	0,5356	0,5342
m_2 [g]	0,2495	0,2547	0,2478	-
m_3 [g]	0,5283	0,538	0,5354	0,5332
váha kelímku [g]	29,3244	24,2757	28,1228	28,8396
váha kelímku po spálení [g]	29,3261	24,2775	28,1245	28,8409
m_4 [g]	0,0017	0,0018	0,0017	0,0013
navážka sušiny [g]	1,0205	1,0205	1,0205	-
Su [%]	28,52	28,52	28,52	-
Po [%]	1,31	1,31	1,31	-
AR [g]	0,000414	0,000490	0,000397	-
DM [g]	0,291041	0,291041	0,291041	-
OM [g]	0,272115	0,272115	0,272115	-
DMR [g]	0,000789	0,000508	0,000803	-
DMD [%]	**99,9**	**99,9**	**99,9**	**Ø 99,9**
OMD [%]	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**Ø 100,0**

Korekce sáčku: $\mathbf{c_1}$ = 0,998128 g

$\mathbf{c_2}$ = 0,002434 g

Pozn: $\mathbf{m_1}$ - hmotnost sáčku, $\mathbf{m_2}$ - hmotnost vzorku, $\mathbf{m_3}$ - hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci, $\mathbf{m_4}$ - je hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci, **Su** - obsah sušiny ve vzorku, **Po** - obsah popele ve vzorku, $\mathbf{c_1}$ - korekce hmotnosti sáčku po inkubaci, $\mathbf{c_2}$ - korekce hmotnosti sáčku po spálení, **AR** - hmotnost popela vzorku bez sáčku, **DM** - obsah sušiny ve vzorku, **OM** - obsah organické hmoty v sušině vzorku, **DMR** - hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení, **DMD** - hodnota stravitelnosti sušiny vzorku, **OMD** - hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku

PŘÍLOHA II: STRAVITELNOST KUŘECÍHO VAŘENÉHO MASA S POUŽITÍM 1,5 g *PANKREATINU*

Kuřecí maso vařené, 1,5 g *pankreatinu*	**1.**	**2.**	**3.**	**Korekce sáčku**
m_1 [g]	0,5319	0,5228	0,5262	0,5342
m_2 [g]	0,2470	0,2461	0,2571	-
m_3 [g]	0,5316	0,5225	0,5224	0,5332
váha kelímku [g]	24,7945	27,9701	24,2423	28,8396
váha kelímku po spálení [g]	24,7960	27,9717	24,2440	28,8409
m_4 [g]	0,0015	0,0016	0,0017	0,0013
navážka sušiny [g]	1,0205	1,0205	1,0205	-
Su [%]	28,52	28,52	28,52	-
Po [%]	1,31	1,31	1,30	-
AR [g]	0,000206	0,000328	0,000419	-
DM [g]	0,291041	0,291041	0,291041	-
OM [g]	0,272115	0,272115	0,272115	-
DMR [g]	0,000696	0,000679	0,000185	-
DMD [%]	**99,9**	**99,9**	**100,0**	**Ø 99,9**
OMD [%]	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**Ø 100,0**

Korekce sáčku: $\mathbf{c_1}$ = 0,998128 g

$\mathbf{c_2}$ = 0,002434 g

Pozn: $\mathbf{m_1}$ - hmotnost sáčku, $\mathbf{m_2}$ - hmotnost vzorku, $\mathbf{m_3}$ - hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci, $\mathbf{m_4}$ - je hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci, **Su** - obsah sušiny ve vzorku, **Po** - obsah popele ve vzorku, $\mathbf{c_1}$ - korekce hmotnosti sáčku po inkubaci, $\mathbf{c_2}$ - korekce hmotnosti sáčku po spálení, **AR** - hmotnost popela vzorku bez sáčku, **DM** - obsah sušiny ve vzorku, **OM** - obsah organické hmoty v sušině vzorku, **DMR** - hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení, **DMD** - hodnota stravitelnosti sušiny vzorku, **OMD** - hodnota stravitelnosti organické hmoty vzorku