

# **BARVA MASA JATEČNÝCH ZVÍŘAT V PROCESU TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ**

Michaela Kurková

---

Bakalářská práce  
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Kurková**  
Osobní číslo: **T14726**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Barva masa jatečných zvířat v procesu technologie zpracování**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Chemické složení masa.
2. Technologické vlastnosti masa.
3. Charakteristika barvy masa.
4. Metody měření barvy masa.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HUI, Y. H. Handbook of meat and meat processing. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. ISBN 978-1-4398-3683-5.

[2] DIKEMAN, M. DEVINE, C. Encyclopedia of meat sciences. 2ND ED. San Diego: Elsevier Academic Press, 2014. ISBN 978-012-3847-317.

[3] MACDOUGALL, D. B. Colour in food – Improving quality. Cambridge: Woodhead Pub, 2002. ISBN 978-185-5736-672.

[4] GIROLAMI, A. NAPOLITANO, F. FARAONE, D. BRAGHIERI, A. Measurement of Meat Color Using a Computer Vision System. Meat Science. 2013, Vol. 93, no. 1, s. 110 – 118.

[5] SALÁKOVÁ, A. Instrumental measurement of texture and colour of meat and meat products. Maso. 2012, 1(5), 37-42.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**2. února 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**3. května 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně ..... 2.5.2018 .....

.....  


<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihledne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá změnou barvy masa v intravitální fázi, v postmortální fázi a v průběhu zpracování.

Maso je bohatým zdrojem živin a jeho kvalitu ovlivňuje řada faktorů, na kterých závisí jeho nutriční, technologické a organoleptické vlastnosti. Člověk je během rozhodování o koupi a konzumaci produktu ovlivňován právě organoleptickými vlastnosti, mezi které patří barva. Barva je nejpozorovanějším ukazatelem kvality a čerstvosti. Proto se bakalářská práce zaměřuje na původ barevné změny v mase, jak se měří a co znamená.

Klíčová slova: maso, barva masa, myoglobin

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis is focused on changes of meat colour in intravital stage, postmortal stage and in processing technology.

Meat is rich in nutrients and its quality is affected by series factors, on which is depending its nutritional, technological and organoleptic attributes. Consumer is influenced by organoleptic attributes like colour, that will decide if he is going to buy the meat or not. The colour is the most notable indicator of quality and freshness. Therefore this thesis is focused on source of meat colour change, how is it measured and what does it mean.

Keywords: meat, meat colour, myoglobin

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Robertovi Gálovi, Ph.D. za jeho trpělivost, cenné rady, připomínky a nesmírně vstřícný a přátelský přístup při vedení této bakalářské práce.

Dále děkuji své rodině a nejbližším přátelům za podporu při studiu.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1 MASO</b> .....	<b>12</b>
1.1 SVALOVÁ TKÁŇ.....	12
1.1.1 Hladká svalová tkáň .....	12
1.1.2 Příčně pruhovaná svalová tkáň.....	12
1.1.3 Srdeční svalová tkáň .....	12
1.1.4 Struktura svalového vlákna .....	13
1.1.5 Typy svalových vláken .....	14
1.1.5.1 Červená vlákna .....	14
1.1.5.2 Světlá vlákna.....	14
1.1.5.3 Přechodná vlákna.....	14
1.1.6 Svalová kontrakce .....	15
1.2 NUTRIČNÍ HODNOTY .....	15
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	15
1.3.1 Voda .....	15
1.3.2 Bílkoviny.....	16
1.3.2.1 Sarkoplazmatické bílkoviny .....	16
1.3.2.2 Myofibrilární bílkoviny .....	17
1.3.2.3 Stromatické bílkoviny.....	17
1.3.3 Lipidy .....	17
1.3.4 Minerální látky .....	18
1.3.5 Vitaminy.....	18
1.3.6 Extraktivní látky.....	18
<b>2 TECHNOLOGICKÉ VLASTNOSTI MASA</b> .....	<b>19</b>
2.1 TEXTURA.....	19
2.1.1 Mechanické vlastnosti .....	19
2.1.2 Geometrické vlastnosti.....	19
2.1.3 Vlastnosti povrchu .....	19
2.2 KŘEHKOST .....	19
2.3 VAZNOST .....	20
2.3.1 Strukturální (vázaná) voda .....	20
2.3.2 Povrchová (hydratační) voda .....	20
2.3.3 Volná voda .....	20
2.3.4 pH.....	21
2.3.5 Sůl .....	21
2.4 BARVA MASA .....	21
2.5 CHARAKTERISTIKA MYOGLOBINU MB.....	21
2.6 INTRAVITÁLNÍ VLIVY NA BARVU MASA .....	22
2.6.1 Stáří .....	22
2.6.2 Pohlaví.....	23
2.6.3 Druh svalového vlákna.....	23
2.6.4 Genetika .....	23
2.6.5 Výživa .....	24
2.6.6 Ustájení .....	24



2.7	BARVA TUKU V MASE.....	25
<b>3</b>	<b>MĚŘENÍ BARVY MASA.....</b>	<b>26</b>
3.1	DRUHY MĚŘENÍ.....	27
3.2	BAREVNÉ SYSTÉMY.....	28
3.2.1	Munsellův barevný systém.....	28
3.2.1.1	Jas.....	28
3.2.1.2	Odstín.....	28
3.2.1.3	Sytost.....	28
3.2.2	Barevný systém CIEXYZ.....	29
3.2.3	Systém CIEL*a*b*.....	30
3.2.4	CIE LCh.....	30
<b>4</b>	<b>ZMĚNA BARVY MASA V PRŮBĚHU PROCESU ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>32</b>
4.1	MYOGLOBIN A JEHO FORMY.....	32
4.1.1	Deoxymyoglobin (DeoxyMb <sup>2+</sup> ).....	33
4.1.2	Oxymyoglobin (OxyMb <sup>2+</sup> ).....	33
4.1.3	Metmyoglobin (MMb <sup>3+</sup> ).....	33
4.1.4	Karboxymyoglobin (COMb <sup>2+</sup> ).....	34
4.1.5	NO-myoglobin (NOMB <sup>2+</sup> ).....	34
4.2	OXIDACE LIPIDŮ.....	35
4.2.1	Iniciace.....	35
4.2.2	Propagace.....	35
4.2.3	Terminace.....	36
4.2.4	Produkty reakce.....	36
4.3	STAV BĚHEM PORÁŽKY.....	36
4.4	CHLAZENÍ.....	38
4.5	BALENÍ.....	38
4.6	OSVĚTLENÍ.....	40
4.6.1	Typ zářivek.....	40
4.6.2	Vlastnosti světla.....	40
4.6.2.1	Teplota chromatičnosti.....	40
4.6.2.2	Index podání barev.....	41
4.6.2.3	Intenzita světla.....	41
4.7	OŠETŘENÍ MASA.....	41
4.7.1	Ozáření.....	42
4.7.2	Antioxidanty.....	42
4.8	KULINÁŘSKÁ ÚPRAVA.....	42
4.8.1	Hodnota pH.....	43
4.8.2	Redoxní stav myoglobinu.....	43
4.8.3	Primární struktura myoglobinu.....	44
4.9	DUHOVÉ ZBARVENÍ.....	44
4.9.1	Svalová struktura a pH.....	45
4.9.2	Povrch masa.....	45
4.9.3	Voda a iridescence.....	45
4.9.4	Aditiva.....	46
4.9.5	Vliv druhu, řezu vzorku a úhlu osvětlení či pozorování.....	46
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>47</b>

<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>48</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>56</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>59</b>

## ÚVOD

Maso je velice důležitou součástí stravy člověka pro jeho bohatý nutriční obsah, ale také pro své organoleptické vlastnosti – chuť a vůni.

Konzument se soustředí na výběr kvalitního masa, které uspokojí jeho očekávání z jídla. V dnešní době se nestačí orientovat podle ceny zboží v obchodě, a proto se konzument řídí viditelnými úkazy dokazující, zda je maso dostatečné kvality, kterou žádá. Mezi tyto parametry patří právě barva. Barva je první věcí, které si člověk všimne, a podle barvy se právě rozhoduje.

Na barvu působí spousta vlivů okolních i vnitřních a mnohdy těmto vlivům podléhá. Barva masa se různí druhem živočicha, pohlavím a stářím, ale i stylem chovu, výkrmu a porážky zvířete. Posmrtné zpracování a uchování má výrazný vliv na jeho „čerstvou barvu“. Po porážce je maso chlazeno, zabaleno a vystaveno. Různý stupeň mražení a chlazení má vliv na zachování barev po opětovném rozmražení, v obalu vydrží bez známek změny barvy pár dní či týdnů a osvětlení může barvu masa zvýraznit, zkreslit nebo ovlivnit i na vnitřní jakosti.

Na všem se podílí změna stavu myoglobinu jako barviva, na němž závisí barva masa. Pokud je maso vystaveno okolní atmosféře, myoglobin zhnědne oxidací dříve, než kdyby bylo maso řádně uchováno v obalu. Může být dokonce červenější v balení než na vzduchu. I přes přítomné balení se může stát, že chemická změna myoglobinu bude zapříčiněna reakcí jiné složky masa, např. lipidů.

Neobvyklá barva masa se stává zapříčiněním mikrobiologické aktivity, která je pro spotřebitele naprosto nežádoucí, ale zároveň může být nevinnou souhrou světél na povrchu masa, vyznačující se přítomností stejných barevných odstínů, jako u kontaminace mikroorganismy.

U barvy masa se těmto abnormálním změnám barvy musí výrobce vyvarovat, aby si konzument zboží zakoupil. Barva masa je však souhra více vlivů, a ne všechny byly ještě podrobně prozkoumány a vysvětleny. Je důležité se seznámit s jednotlivými vlivy a naučit se, jakou roli hrají ve změně barvy masa, zda je škodlivá či jen nehezká a netypická.

## 1 MASO

Maso je pokládáno za oblíbenou složku stravy člověka z důvodu organoleptických vlastností, ale i kvůli nutričnímu obsahu. Podle Vyhlášky č. 69/2016 Sb. O požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich stanovené ministerstvem zemědělství se masem rozumí všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě. Do této definice však zapadají i živočišné tuky, kůže, droby, kosti, krev a masné výrobky. Masem se v užším slova smyslu rozumí jen kosterní svalovina včetně cév, nervů, vmezeřeného tuku, vazivových a jiných částí. [1,2]

Hlavním zdrojem masa jsou domestikovaná zvířata a jatečná drůbež. Dále se pro maso využívá lovná zvěř a některé její druhy se už dnes z části i chovají. Dalším zdrojem masa jsou vodní živočichové jako ryby, ale i bezobratlí jako měkkýši a koryši. [2,3]

### 1.1 Svalová tkáň

Sval je tkáň, která napomáhá k pohybu a transportu látek. Existují tři hlavní druhy svaloviny, a to příčně pruhovaná, hladká a srdeční. [2,3,4]

#### 1.1.1 Hladká svalová tkáň

Hladká svalová tkáň se vyskytuje ve stěně dutých orgánů, cév a ústí žlázových vývodů. Jsou jí tvořeny stěny orgánů dýchacího, trávicího, močového a pohlavního aparátu. Základní jednotkou hladkého svalstva je buňka štíhlá a vřetenovitého tvaru. Hladká svalová tkáň nelze ovládat vůlí. [2,3,4,5]

#### 1.1.2 Příčně pruhovaná svalová tkáň

Příčně pruhovaná svalová tkáň je podstatou kosterního a srdečního svalu (myokardu). Vyskytuje se i jako stavební součást dalších orgánů – jazyku, jícnu, hrtanu a hltanu. Kolem přirozených tělních otvorů zaujímají příčně pruhované svaly funkci kruhového svěrače. Základní morfologickou i funkční jednotkou příčně pruhované svaloviny je svalové vlákno. [2,3,4,5]

#### 1.1.3 Srdeční svalová tkáň

Srdeční svalová tkáň se nachází pouze v srdci. Je podobná svou stavbou příčně pruhované svalovině, avšak stejně jako hladkou svalovou tkáň ji nelze ovládat vůlí. Srdeční svalovina

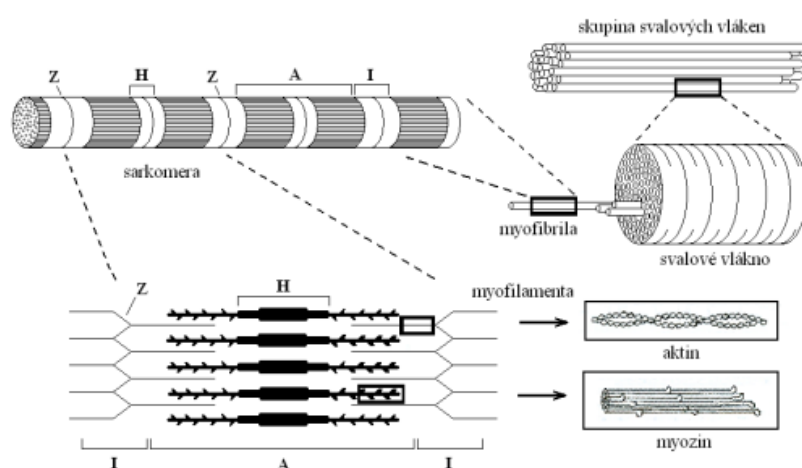
obsahuje příčně pruhované buňky, které se za pomoci interkalárních disků spojují do trámců, a tyto trámce poté do sítě. [3,4,5]

#### 1.1.4 Struktura svalového vlákna

Základem struktury svalu je svalové vlákno. Velikostně se jedná o velké buňky, vzniklé splynutím mnoha menších buněk (myoblastů) při embryonálním vývoji. Svalová vlákna se dělí na tenká (s průměrem 20–40 nm) a tlustá (až 100 nm). Délka svalových vláken závisí na funkci svalu a je velmi variabilní (až do 30 cm). Průměr svalového vlákna v jeho délce není konstantní, ale od středu se směrem ke koncům zužuje. Povrch svalového vlákna tvoří sarkolema, která obaluje vnitřní obsah – sarkoplazmu. [4,5,6,8]

**Sarkolemu** neboli plazmatickou membránu, tvoří tři vrstvy – první je přímo na povrchu svalového vlákna a je totožná s cytoplazmatickou membránou, střední je světlá spojovací vrstva a povrchová vrstva má charakter základní membrány. Pod sarkolemou na periferii se nachází buněčná jádra, kdy na jeden centimetr délky svalového vlákna připadá 300–500 jader oválného tvaru. [4,5,6]

**Sarkoplazma** je vlastně cytoplazma svalových buněk a je vyplněna myofibrilami, které zastávají kontraktální funkci. Je tvořena bílkoviny – myoalbumin, myoglobin a myogen. **Myofibrily** mají válcovou a vysoce organizovanou strukturu, která se skládá z opakujících se úseků – sarkomer. Myofibrily jsou v podstatě svazky proteinů nacházející se v sarkoplazmě. [4,5,6]



Obrázek 1: Struktura kosterního svalu [9]

Struktura sarkomery určuje vzhled příčně pruhované svalové buňky. Je to úsek mezi dvěma tzv. Z-linemi, kde se střídají úseky silnější (A-proužky-anizotropní) s úseky tenčími (I-proužky-izotropní) (viz. obrázek 1). Úseky I tvoří tenká filamenta a úseky A tvoří tlustá

filamenta. Tenká filamenta obsahují protein aktin a tlustá filamenta myozin, který vykazuje ATPázovou aktivitu a je tedy současně enzymem. Dalšími součásti mikrofilament jsou proteiny s regulační funkcí – tropomyozin a troponin. Sarkomery mají kromě zmíněných proteinů i další, které mají význam pro stabilitu struktury sarkomer. [4,5,6,8]

### **1.1.5 Typy svalových vláken**

Svalová vlákna lze rozlišit na základě jejich obsahu, který se liší z hlediska množství myoglobinu, počtu myofibril, poměru myofibril a sarkoplazmy a počtu mitochondrií v sarkoplazmě svalového vlákna. Na základě všech výše uvedených kritérií se rozlišují vlákna na červená (typ I), světlá (typ II) a přechodná. [5,6]

#### **1.1.5.1 Červená vlákna**

Červená vlákna (tonická, pomalá) mají nejmenší průměr, méně myofibril, a proto více sarkoplazmy a myoglobinu. Obsahují také více mitochondrií než vlákna světlá, což ovlivňuje oxidační změny, které v červených vláknech probíhají intenzivněji. Kontrakce vláken je pomalá, ale velmi vydatná a má největší odolnost vůči vyčerpání. Vysoký podíl svalových vláken typu I obsahují dýchací svaly a svalovina zvěřiny v důsledku vysokého funkčního zatížení. [4,5,6,8]

#### **1.1.5.2 Světlá vlákna**

Světlá vlákna (bledá, rychlá) jsou tlustší, s menším podílem myoglobinu, obsahují menší počet mitochondrií a méně sarkoplazmy. Světlá vlákna jsou schopna rychlé kontrakce. Z důvodu nižší energetické rezervy, která je způsobena menším počtem mitochondrií a nižším obsahem myoglobinu, jsou oxidační procesy ve světlých vláknech omezeny, což způsobuje brzkou únavu. [4,5,6,8]

#### **1.1.5.3 Přechodná vlákna**

Přechodná vlákna (intermediální) jsou přechodem mezi červenými a světlými vlákny. Pomocí histochemických metod je lze rozlišit zejména podle rychlosti oxidačních procesů na rychlá (FTO – Fast-twitch-oxidative), pomalá (STO – Slow-twitch-oxidative) a glykolytická (FTG – Fast-twitch-glycolytic). [5,6,8]

### 1.1.6 Svalová kontrakce

Molekuly myozinu a aktinu tvoří proteinový komplex aktomyozin. Asociaci obou molekul proteinů způsobují vápenaté ionty a jejich disociaci ATP. Primárním dějem při svalové kontrakci je uvolnění vápenatých iontů nervovým impulzem, ionty se váží na troponin, jehož změny konformace způsobují konformační změny molekuly tropomyozinu a následně i aktinu. Aktin poté reaguje s myozinem za vzniku aktomyozinu, čímž dojde ke zkrácení sarkomeru, a tím i celého svalu. Při relaxaci dochází k disociaci aktomyozinového komplexu působením ATP na aktin a komplex ATP-myozin, který se hydrolyzuje na myozin, ADP a anorganický fosfát. [4,6,7,8]

## 1.2 Nutriční hodnoty

Maso je významným zdrojem bílkovin, tuků, vybraných minerálních látek jako je selen, železo, zinek a vitaminů např. B12 a jiných ze skupiny B vitaminů. [3,6,10]

Bílkoviny v masu jsou velice prospěšné pro člověka. Proteiny masa jsou dobře stravitelné a obsahují esenciální aminokyseliny, které jsou dále organizmem využívány pro výstavbu tkání včetně svalstva. V této funkci je velice důležitý a cenný vysoký obsah funkční aminokyseliny leucinu jako stimulantu syntézy proteinů. [3,10]

## 1.3 Chemické složení

Složení masa a masných výrobků není tak homogenní, jako u jiných živočišných výrobků např. mléko. Chemické složení masa se výrazně liší na základě druhu a plemene zvířete, věku a výživě. Závisí také na tom, zda se hodnotí čistá svalovina, maso včetně mezsvalového tuku a jiných tkání nebo jatečně upravený kus (angl. *carcass*) jako celek. Složení závisí i na tom, zda jsou obsaženy kosti, jejichž podíl je obvykle 10 - 20 %. [2,3]

Přibližné složení masa, jako svalu, se skládá ze zhruba 70 - 75 % vody, 20 % bílkovin, 3 % tuku a 2 % tvoří rozpustné nebílkovinné látky. Z těchto 2 % sloučenin připadají 3 % na minerální látky a vitaminy, 45 % na dusíkaté nebílkovinné látky, 34 % na sacharidy a metabolity sacharidů a 18 % tvoří anorganické sloučeniny. [6]

### 1.3.1 Voda

Jako nejvíce zastoupenou složkou masa je voda. Z hlediska nutričního významu je bezvýznamná, ale významně ovlivňuje kulinární, sensorickou a technologickou jakost masa. Je

důležitá pro vytvoření vhodného prostředí enzymových reakcí ve svalové tkáni zvířat, ale i v postmortálních biochemických procesech v masu. [5,6]

### 1.3.2 Bílkoviny

Bílkoviny masa jsou nutričně i technologicky nejdůležitější složkou masa. Jsou to téměř plnohodnotné bílkoviny, neboť obsahují všechny esenciální aminokyseliny (valin, leucin, izoleucin, methionin, threonin, lyzin, fenylalanin, tryptofan). Libové maso obsahuje v průměru 21 - 22 % bílkovin. Tento obsah je víceméně stejný, ať už se jedná o různé druhy zvěře, ze kterých maso pochází. Procentuální zastoupení bílkovin se však liší u různých anatomických částí, viz. tabulka 1. [2,11,12]

Tabulka 1: Složení vybraných druhů vepřového výsekového masa (g/100 g masa) [2]

Druh masa	Bílkoviny	Čisté svalové bílkoviny	Tuk	Energie v kJ/kcal na 100 g
Kýta (ořech)	21,75	21,15	1,3	415/99
Panenská svíčková	22,0	21,5	2,0	445/106
Krkovice	19,7	18,45	9,6	660/165
Zadní koleno	18,95	15,65	12,2	780/186
Bok	15,75	13,95	29,0	1361/324

Bílkoviny v masu se rozdělují do tří skupin podle své rozpustnosti ve vodě, solných roztocích a dle umístění v jednotlivých svalových strukturách:

#### 1.3.2.1 Sarkoplazmatické bílkoviny

Sarkoplazmatické bílkoviny jsou obsaženy v sarkoplazmatu a jsou rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích. Během tepelného opracování denaturují a zpevňují struktury svaloviny. Mezi sarkoplazmatické bílkoviny patří i hemová barviva - hemoglobin a myoglobin. [2,5,6]



### **1.3.2.2 Myofibrilární bílkoviny**

Myofibrilární bílkoviny tvoří myofibrily a jsou rozpustné v roztocích solí, v deionizované vodě jsou nerozpustné. Patří sem aktin a myozin, které jsou převažující frakcí bílkovin masa. Jsou zodpovědné za svalovou kontrakci a rozhodujícím způsobem určují vlastnosti masa v průběhu posmrtných změn. [2,5,6]

### **1.3.2.3 Stromatické bílkoviny**

Stromatické bílkoviny, neboli bílkoviny pojivových tkání, nejsou rozpustné ani ve vodě, ani v solných roztocích. Jsou obsaženy ve vláknech pojivových tkání, které ve svalovině tvoří obaly svalových struktur, vaziva, šlachy či kůži a kosti. Nejdůležitějším zástupcem je kolagen, jehož vlákna se při záhřevu deformují a zkracují. Při záhřevu ve vodě bobtná, jeho příčné vazby se rozruší a mění se na rozpustnou želatinu (glutin). Vznik želatiny je podstatou měknutí některých typů masa při tepelném opracování. [2,5,6]

Obsah bílkovin může značně kolísat, a to zejména obsah čistých svalových bílkovin – ČSB (sarkoplazmatických a myofibrilárních). ČSB charakterizuje jakost masa a masných výrobků. Nejčastěji je stanoven odečtením obsahu kolagenu od celkového obsahu hrubých bílkovin, ale nejpřesnější metodou je stanovení obsahu 3-methylhistidinu, který je obsažen ve stálém poměru v myofibrilárních bílkovinách. [2,5,6]

### **1.3.3 Lipidy**

Oproti bílkovinám je změna obsahu tuku velmi kolísavá v ohledu na rozdílné skupiny živočichů, druhy a bourárenské partie masa, jak lze vidět v tabulce 1. Tuk v masě pozitivně ovlivňuje jeho šťavnatost, chuť a křehkost. V těle lze tuk rozlišit na podkožní, ledvinový, intermuskulární a intramuskulární. Intermuskulární se vyskytuje mezi jednotlivými svaly, zatímco intramuskulární se vyskytuje přímo uvnitř svalů. Obsah podkožního tuku se pohybuje v rozmezí 60 - 70 % celkového tělesného tuku, intermuskulárního 20 - 35 % a ledvinového přibližně 5 %. Intramuskulární tuk vytváří v masě specifickou kresbu – mramorování, které je typické pro zvíře s nedostatkem pohybu. [2,5,6]

Dle chemické stránky lze tuky rozdělit na triacylglyceroly a fosfolipidy. Molekuly lipidů jsou většinou nepolární, a tak i ve vodě nerozpustné. Fosfolipidy jsou polární a tvoří membránu buněk. [5,6]

Tuky jsou významným zdrojem energie a přenašečem lipofilních vitaminů, některých esenciálních mastných kyselin a jsou také nosičem aromatických látek. [2,6,10]

### 1.3.4 Minerální látky

Minerální látky jsou důležité z hlediska funkce metabolismu. Hořčík ovlivňuje aktivitu adenosintrifosfatázy a enzymů metabolismu cukrů. Vápník se účastní srážení krve a svalové kontrakce a je důležitý jako strukturní složka kostí. Železo je v maso přítomno v hemových barvivech a ve volné iontové formě. Maso je také zdrojem zinku a selenu. Význam má obsah fosforu. Minerálie představují přibližně 1 % hmotnosti masa. [2,6]

### 1.3.5 Vitaminy

Maso je významným zdrojem hydrofilních vitaminů skupiny B, hlavně vitaminu B<sub>12</sub>, který je přítomen pouze v potravinách živočišného původu. Lipofilní vitaminy jsou přítomny zejména v játrech a tukových tkáních. [2,5]

### 1.3.6 Extraktivní látky

Extraktivní látky jsou v maso obsaženy ve velmi malém množství. Název napovídá, že je lze vyextrahovat vodou při tepelném zpracování. Jejich důležitost spočívá v utváření organoleptických vlastností, jsou součástí enzymů a mají významnou funkci v metabolických a postmortálních procesech. Patří sem organické fosfáty, které jako rozkladné produkty adenosindifosfátu, adenosintrifosfátu a glykogenu mají význam při tvorbě typické chuti a pachu masa. Pro zlepšení těchto organoleptických vlastností je důležité nechat maso uzrát. Mezi dusíkaté extraktivní látky patří peptidy a aminokyseliny. [2,5,13]

Další složkou extraktivních látek jsou sacharidy. Nejdůležitějším sacharidem je polysacharid glykogen, který je obsažen v myofibrilách a sarkoplazmě, kde je významným zdrojem energie pro svalové kontrakce. Glykogen je důležitý z hlediska fyzické kondice porážených zvířat a v postmortálních změnách v maso, kdy se produkty odbourávání glykogenu označují jako glykolytický potenciál. Ten je důležitý z hlediska postmortálních změn, kdy se glykogen mění na kyselinu mléčnou a okyseluje maso. To je důležité z hlediska údržnosti masa. V metabolických procesech se vyskytuje i glukóza a její fosfáty. [2,5,13]

## 2 TECHNOLOGICKÉ VLASTNOSTI MASA

Technologické vlastnosti jsou odvozeny od chemického složení a určují smyslové i nutriční hodnoty masa. Pro správné technologické uplatnění masa je důležité znát jeho stupeň čerstvosti, zrání a zejména včasné poznání mikrobiologického nebezpečí počínajícího kažení masa. [13]

### 2.1 Textura

Texturou se rozumí všechny mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku, vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových, případně zrakových a sluchových receptorů. [14,15]

#### 2.1.1 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti se vztahují k reakci výrobku na namáhání. Dělí se na pět základních charakteristik, tj. tvrdost, soudržnost, pružnost a přilnavost. [14,15]

#### 2.1.2 Geometrické vlastnosti

Geometrické vlastnosti jsou ty, které se vztahují k rozměru, tvaru a uspořádání částic výrobku. [14,15]

#### 2.1.3 Vlastnosti povrchu

Povrchové vlastnosti jsou ty, které se vztahují na počítky, vyvolávané vlhkostí nebo obsahem tuku. V ústech se rovněž vztahují na způsob, jakým jsou tyto složky uvolňovány. [14]

Z hlediska hodnocení kvality je textura považována za nejdůležitější vlastnost. Textura masa je ovlivněna složením svalu, integrity svalových buněk, aktivitou endogenních proteáz a vlivem mezibuněčné hmoty (tj. proteiny, glykoproteiny a glykosaminglykany). [4,17,18]

Texturu masných výrobků je možné hodnotit sensoricky, instrumentálně (známé jako objektivní, fyzikální či mechanické) nebo pomocí nepřímé metody (spočívá ve stanovení obsahu kolagenu u masa, sušiny ad.). [17,18]

### 2.2 Křehkost

Křehkost masa je dána strukturou, stavem a chemickým složením. Lze jí dosáhnout vyzráním masa a uvolněním posmrtné ztuhlosti. Významně závisí na obsahu pojivové tkáně (kolagenu) popř. jiných stromatických bílkovin. Vyšší obsah intramuskulárního tuku má vliv na

křehkost. Čím více tuku, tím větší křehkost. Záhřevem a současným stykem s vodou dochází k přeměně kolagenu na želatinu a ke změknutí masa. Křehkost přímo závisí na mechanických vlastnostech potraviny, k jejímuž hodnocení jsou využívány mechanické testy. [2,4,8,16,20]

### **2.3 Vaznost**

Jako vaznost je definována schopnost masa vázat vodu v něm přirozeně obsaženou nebo schopnost přijmout vodu během zpracování a tuto vodu nadále udržet. Vaznost výrazně ovlivňuje jakost masných výrobků a jejich ekonomiku výroby, která zohledňuje ztrátu vody při výrobě, skladování a tepelném opracování. Tuto ztrátu lze ovlivnit způsobem zpracování masa či libovolnými úpravami. [2,8,19]

Voda je v mase vázána různým způsobem a různě pevně. Nejpevněji je v mase vázána voda hydratační. Mezi jednotlivými strukturálními částmi svaloviny jsou imobilizovány další podíly vody a zbytek v mezibuněčném prostoru je volně pohyblivý. [2,5]

Technologicky je rozlišována voda na tři typy, a to na základě toho, zda voda za daných podmínek z masa volně vytéká či nikoliv. [2,5]

#### **2.3.1 Strukturální (vázaná) voda**

Strukturální voda se vyskytuje uvnitř globulárních proteinů a je zde imobilizována v závislosti na náboji uvnitř bílkoviny. Tyto náboje ovlivňují poměr přitažlivých a odpuzivých sil mezi strukturami svaloviny, na jejichž základě se prostor pro imobilizovanou vodu zvětšuje či zmenšuje. Molekuly vody jsou uvnitř tohoto prostoru vázány vodíkovými můstky. [2,5,6]

#### **2.3.2 Povrchová (hydratační) voda**

Povrchová voda tvoří jednu nebo dvě molekulární vrstvy na povrchu biopolymerů. [5]

#### **2.3.3 Volná voda**

Volná voda je v mase držena pomocí kapilárních sil a je schopna volně vytékat z masa. [2,5,6]

Na vaznost působí celá řada faktorů: pH, obsah soli, stupeň dezintegrace vláken, obsah iontů, a i průběh posmrtných změn masa. U dezintegrace platí, že čím více je maso rozmělněné, tím více váže vodu a bílkovinná struktura bobtná. [2,5,6]

### 2.3.4 pH

Obsah iontů ovlivňuje pH (u masa se pohybuje v rozmezí 4 - 7). Při izoelektrickém bodě (pH = 5) je vaznost masa minimální z důvodu vyrovnaného počtu kladných a záporných nábojů. [2,19]

Při úpravě pH svaloviny okyselením nebo zalkalizováním z dosahu izoelektrického bodu se mění disociace funkčních skupin bílkovin, a tím rozložení nábojů na molekule. Dochází pak k rozštěpení některých elektrostatických vazeb a oddalování peptidových řetězců, v jejichž meziprostoru se poté imobilizuje více vody. K takovým změnám v hodnotě pH masa nastává při posmrtných procesech či při záměrných úpravách pH během technologických operací. [2,19]

### 2.3.5 Sůl

Soli mají na vaznost komplikovaný vliv. Jde o působení aniontů a kationtů. S rostoucí koncentrací solí se vaznost zvyšuje až k maximu (cca 5 % soli) a opět klesá na původní hodnotu. [2,19]

## 2.4 Barva masa

Maso je spotřebiteli kupováno hlavně na základě jeho vzhledu. Vzhled, v tomto případě hlavně barva masa, je způsobena svalovým barvivem myoglobinem, menší mírou působí na barvu masa i hemoglobin. [2,8,21]

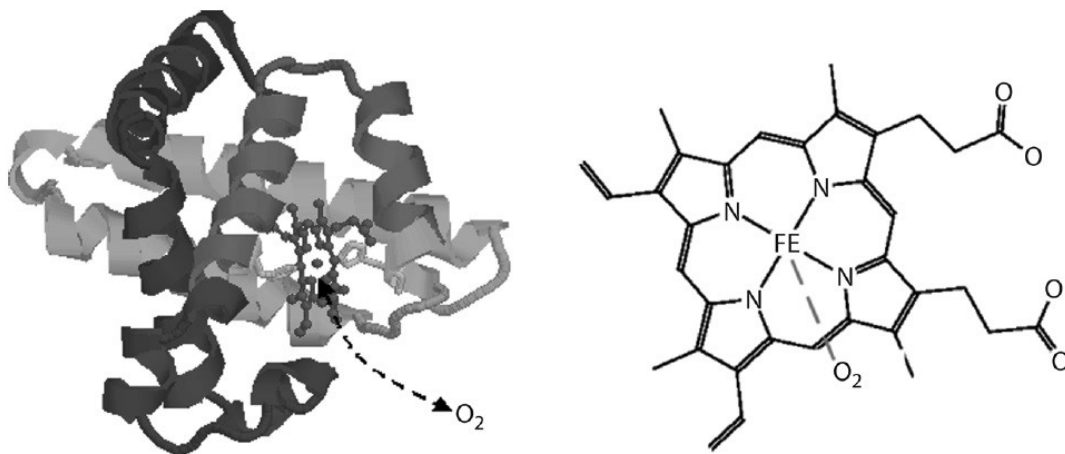
Hemoglobin je oproti myoglobinu krevním barvivem, a tak se jeho vliv na barvu masa váže na stupeň vykrvení. Myoglobin je barvivo vyskytující se ve svalech, kde má funkci zásoby kyslíku. Různé svaly jsou různě namáhány, tudíž je jejich potřeba kyslíku jiná a liší se i hladina myoglobinu. Koncentrace myoglobinu závisí na stáří i druhu zvířete. [2,8,21]

## 2.5 Charakteristika myoglobinu Mb

Myoglobin je sarkoplazmatický hemový protein primárně odpovědný za barvu masa. Funkce myoglobinu se liší u živého živočicha a u masa. V živém svalu funguje myoglobin jako přenašeč, který transportuje kyslík do mitochondrií. V mitochondriích pak vzniká ATP, díky kterému lze pak uskutečňovat pohyb. V mase je myoglobin odpovědný za červenou barvu.

I když je zvíře na jatkách vykrvováno, malé množství krve vždy zůstane v žilách či artériích. Zde přítomný hemoglobin má však jen malý vliv na barvu masa. [2,4,8]

Základem myoglobinu je cyklická struktura tetrapyrrol protoporphyrin IX, v jehož centru se nachází atom železa (viz. obrázek 2). Na tento atom je navázán ligand - bílkovina globin, a to za pomoci imidazolové skupiny histidinu. Myoglobin je tedy komplexní metaloprotein skládající se z jednoho bílkovinného nosiče globinu a jedné barevné skupiny hem. [4,8,23,24,25]



Obrázek 2: Schématické obrázky globinu a hemu, umístěných v myoglobinu [17]

Globin se skládá z osmi helikálních segmentů, které dohromady tvoří vinutou strukturu obalující hemovou skupinu, kterou tím chrání od vnějších vlivů. Hemová skupina obsahuje atom železa, který může existovat v redukované (dvojmocné železo) či oxidované formě (trojmocné železo). [8,23,24,25]

## 2.6 Intravitální vlivy na barvu masa

Barvu masa hodně ovlivňuje rod, druh, pohlaví, typ svaloviny a stáří zvířete. Hovězí maso je daleko zbarvenější než kuřecí z důvodu většího obsahu myoglobinu. Střední obsah má například vepřové. Další faktory, které působí na barvu masa, je možné ovlivnit podmínkami ustájení, jeho prostředím, stravou, pohybem nebo stresovými podmínkami. [6,8, 26]

### 2.6.1 Stáří

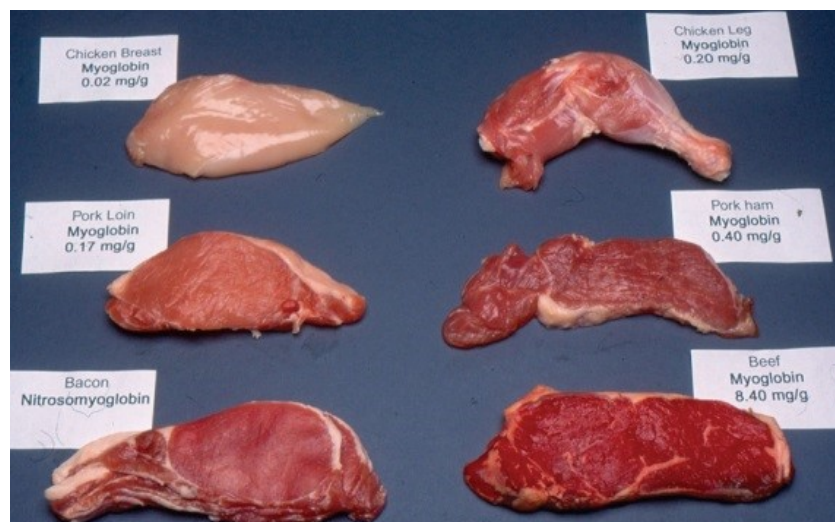
Obecně je barva masa důsledkem změny struktury masa. Koncentrace pigmentů se zvyšuje se stářím zvířete a barva je tak intenzivnější a tmavší. [6,8,26,27]

### 2.6.2 Pohlaví

Samice a kastrování samci mají světlejší barvu masa než samci nekastrovaní. U jalovic se však oproti volům či vykastrovaným jalovicím vyskytuje s větší pravděpodobností DFD (dark, firm, dry = tmavé, tuhé a suché maso), pravděpodobně z důvodu vyššího temperamentu pramenícího z estrogenu. DFD se vyskytuje u zvířat, která byla vyčerpána před porážkou, a tudíž nebyla zásoba glykogenu dostačující pro vytvoření kyseliny mléčné ke zrání. [6,8,27,28]

### 2.6.3 Druh svalového vlákna

Již v první kapitole byla zmíněna vlákna červená a světlá. Červená vlákna obsahují více myoglobinu, méně glykogenu a mají vyšší pH, neboť jejich glykolytický aparát není efektivní oproti svalovým vláknům světlým s rychlou kontrakcí, které potřebují větší množství glykolytických enzymů pro kontrakci. Červená vlákna jsou součástí svalů podílejících se na pohybu, tudíž kuřecí stehna obsahují více myoglobinu než kuřecí prsa, která jsou u nelétavých ptáků méně namáhána. Velká diference světlých a červených svalových vláken ovlivňuje stabilitu barvy, která je různá sval od svalu. [4,6,8,23]



Obrázek 3: Rozdíl v barvě masa dle obsahu myoglobinu [22]

### 2.6.4 Genetika

Genetika je faktorem velmi důležitým. U prasete jsou technologicky významné dva typy genů. Prvním je gen HAL (halothan gen), který je spojen s citlivostí na stres zvířete. Pokud

je zvíře vystaveno stresu objevuje se u něj zvýšená teplota označovaná jako maligní hypertermie nebo novějším výrazem PSS (porcine stress syndrome). Dalším důležitým genem je RN (Rendement Napole) gen související s kyselostí. Oba dva geny (RN i HAL) souvisejí s vadou masa PSE (pale, soft, exudative), tedy vadou, kdy je maso měkké, vodnaté, a hlavně pro souvislost s barvou - bledé. To vše je důsledkem zrychleného metabolismu (glykogenolýze) a hromadění kyseliny mléčné, což má za následek snížení pH pod hodnotu 5,8 a zvýšení teploty svalu na 42 °C, kdy dochází k částečné denaturaci bílkovin, porušení struktury svalových vláken a uvolňování masné šťávy. [4,8,23,28,30]

### 2.6.5 Výživa

Dieta působí na zásobu a využití glykogenu, akumulaci antioxidantů a pH. Pokud byla u zvířete nasazena výživa podporující aerobní metabolismus svalu, čímž se podporuje výživa právě červených svalových vláken, byla barva masa tmavší a také byla zvýšena hodnota pH. Vyšší hodnota pH pak ovlivňuje stabilitu myoglobinu a to tak, že je stabilnější vůči oxidačním a tepelným změnám. [4,8,30]

Tato skutečnost je pak důležitá u krmení prasat, kdy se nízkoenergetickou výživou snižují glykogenové zásoby ve svaly. Nízká hladina glykogenu v době porážky pak minimalizuje posmrtnou glykolýzu spojenou s poklesem pH a tím zlepšuje barvu. [4,8,30]

Zlepšení barvy masa může být dosaženo i obohacením stravy o jednotlivé prvky. Bylo vyzkoušeno, že pokud je ve výkrmu prasat minimálně den před porážkou dodávána strava s magneziumem, má to lepší efekt na barvu i vaznost vody masa. Podobná obohacení stravy jsou diskutabilní. Může se jednat o záměnu pojmu barva masa a stabilita barvy masa. Zvýšená stabilita barvy masa je považována za důvěryhodnější výsledek. [8,17,27,31]

### 2.6.6 Ustájení

Podobně jako výživa, tak i podmínky chovu a ustájení zvířete ovlivňují barvu masa. Nejpravděpodobněji zde dochází ke změnám ve svalových vláknech a metabolismu. [4,8,32]

Maso býka, který je vypuštěn ve výběhu, je tmavší a svalnatější než maso býka bez možnosti takové fyzické aktivity z důvodu ustájení v malém prostoru. U ustájených býků tak pravděpodobně došlo ke snížení množství červených vláken a tím i k omezení oxidativního metabolismu. [4,8,23]



Vepřové maso není výjimkou a maso vepřů s volným výběhem je také červenější. Navíc doplněním výživy vitamínem D<sub>3</sub> byla zpozorována změna poměru svalových vláken ke zlepšení právě na straně červených vláken a tím i větší podpora aerobního metabolismu svalu. [4,8,23]

U porovnání tradičního chovu drůbeže v halách a s výběhem, se u masa drůbeže s výběhem vyskytl pokles červené barvy, ale zároveň i nárůst barvy žluté u stehen. [4,8,23]

## 2.7 Barva tuku v mase

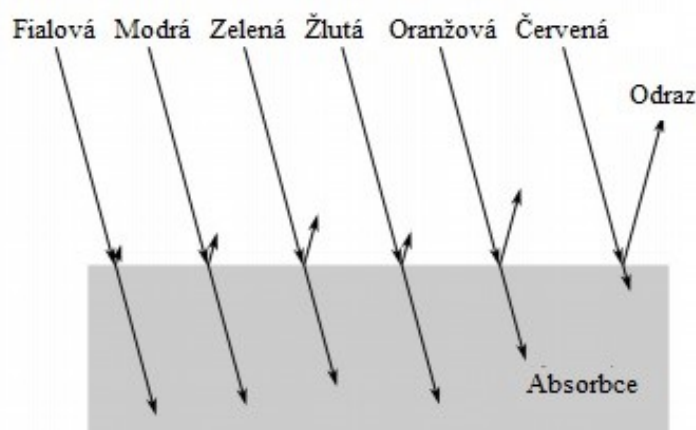
Intramuskulární tuk má přirozený výskyt v mase, kdy ho lze vidět při řezu. Stejně jako barva masa, tak samotná přítomnost tuku ovlivňuje rozhodnutí konzumenta. Oxidace lipidů a jejich změna barvy indikuje zhoršení chuti a vůně. [8,33,34]

Čím bělejší je tuk, tím je lepší kvalita masa. Žluté zbarvení odrazuje zákazníka pomyšlením na stáří či vadu masa. Stejně jako u barva svalů i barva tuků je ovlivněna druhem či plemenem a výživou živočicha. Ve skutečnosti živočich, který se volně pase, má v tuku přítomno větší množství karotenoidů, což způsobuje žlutý odstín. Pokud je výživou pouze obilné krmivo, bude barva tuku bílá. Žlutý odstín tuku lze potlačit jádrovými zrninami měsíc před porážkou. [32,33,34]

U tuku se však může vyskytnou i odstín šedé, který maso získá dlouhodobým skladováním v balení vakuovém nebo s vysokým podílem oxidu uhličitého. [32,33]

### 3 MĚŘENÍ BARVY MASA

Barvu z fyzikálního hlediska představuje elektromagnetické záření různých délek, které bylo odraženo od předmětu, jehož barva je poté pozorována lidským okem. Jde tedy o subjektivní barevný vjem, ale i na něj působí řada okolních podmínek: složení dopadajícího světla, směr pohledu pozorovatele, směr dopadu světla, vlastnosti povrchu dopadu a vlastnosti pozorovatele (kvalita zraku, přizpůsobení se okolnímu světlu). Vnímání barvy však ovlivňuje i prostředí, přesněji barvy přítomné v okolí sledovaného předmětu. Samotný světelný zdroj se však může vyskytovat ve více variantách: sluneční, fluorescenční a wolframové světlo. Tato rozdílná záření mohou působit na barvu předmětu, kdy každé záření obsahuje jiné elektromagnetické spektrum, a maso se tak může zdát jinak zbarvené pod světlem slunečním než pod světlem v obchodě, kdy si zákazník ověřuje barvu ve většině případů pod fluorescenční zářivkou, která vydává nejméně tepla a je tak efektivnější. Proto pro porovnání barev je důležité zajistit jeden konstantní zdroj světla. [8,35,36,37,38,39]



Obrázek 4: Odraz a absorpce světla rozdílných vlnových délek [39]

Pozadí, na kterém je barva masa zkoumána, ovlivňuje jeho vjem v pozorovateli. Pokud je maso na světlém pozadí, vypadá tmavší a pokud na tmavém, tak se zdá maso být světlé. Pokud se jedná o fotografické zpracování barvy masa, může světlé pozadí vyvolat zdánlivou bledost masa, zatímco tmavá pozadí vyzvednou jeho živost a sytost daleko lépe.

Úhel dopadu světla a úhel pohledu ovlivňují barevný vjem. O to důležitější jsou, pokud se maso leskne, nebo se u něj objeví iridescence (duhové zbarvení) po tepelné úpravě. Pro tyto případy je nejlepší umístit světelný zdroj přímo nad vzorek. [8,35,36,38,39]

### 3.1 Druhy měření

Barvu masa lze měřit vizuálně, chemickou analýzou barevných pigmentů, nebo fyzikálním měřením interakcí světla s povrchem vzorku.

Vizuální měření se provádí za pomoci poroty lidí, kteří popisují objekt měření za definovaných podmínek, kdy přiřazují vzorkům hodnoty dle dané stupnice. Vizuální měření však nepodává objektivní výsledky jako měření instrumentální. [8,39,40]

Chemickou analýzou se pomocí gelové chromatografie stanoví obsah hemoglobinu. Kvůli používání toxických látek se využívá metody pro stanovení barevného pigmentu hematinu, kdy se získá vyextrahováním směsí acetonu a kyseliny chlorovodíkové a posléze se spektrofotometricky stanoví celkový obsah barevných pigmentů v masě. [41]

Z fyzikálních měření se nejčastěji používá spektrofotometrie a kolorimetrie. U spektrofotometrie dochází k ozáření vzorku, který záření absorbuje. Absorpce je po průchodu vzorkem změřena detektorem, čímž získáme tzv. absorbanci, ta je poté zanesena do kalibrační křivky. Kolorimetrie je nejstarší modifikací molekulové absorpční spektroskopie. Principem je skutečnost, že roztoky určité barevné látky o stejné koncentraci mají stejnou intenzitu zbarvení. Stanovení se poté provádí porovnáním intenzity zbarvení vzorku se standardními roztoky ve stejných nádobách. [42]

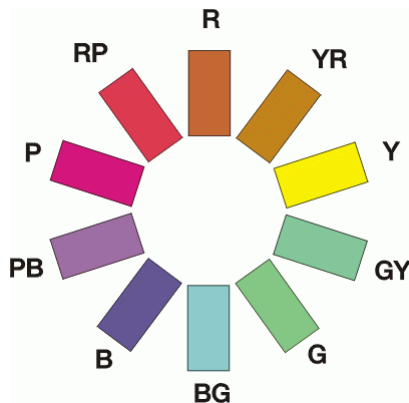
Dále se využívá i NIR (Near-infrared spektrometry) spektrometrie, což je metoda molekulové spektroskopie využívající oblast blízkého infračerveného záření (800 - 2500 nm), kdy z jedné strany navazuje na viditelnou a z druhé na střední infračervenou oblast. NIR spektrometrie se zařazuje mezi procesní analytické metody, kdy je kladen důraz na rychlost a možnost kontinuální on-line analýzy. [8,35,39,43]

Byl proveden průzkum na srovnání výsledků kolorimetrie a CVS – Computer Vision System analýzy, kdy u CVS měření se za standardních podmínek maso fotografovalo a následně se měřily hodnoty barev v programu Photoshop CS3. CVS metoda se ukázala být spolehlivá a její výsledky byly velmi podobné výsledkům kolorimetrie. Kolorimetrie se navíc ukázala být limitována v měření u nehomogenních vzorků. CVS má výhodu v ukládání fotografických výsledků pro pozdější zkoumání, měření i diskuzi, a také je cenově dostupná. [44]

## 3.2 Barevné systémy

Pro objektivní popis barvy je zapotřebí určit základní vlastnosti. Tyto vlastnosti určují barvu v barevném systému, kdy prvním barevným systémem popisující tyto vlastnosti byl Munsellův systém. [36,37,38]

### 3.2.1 Munsellův barevný systém



Obrázek 5: Munsellův systém [29]

#### 3.2.1.1 Jas

Jas znázorňuje stupnici od tmavé ke světlé. V systému nabývají hodnot 0 (černá) až 10 (bílá). Jde tedy o odstíny šedé, avšak černá a bílá jsou neutrálními barvami, a tak nemají svůj odstín. [35,37,38]

#### 3.2.1.2 Odstín

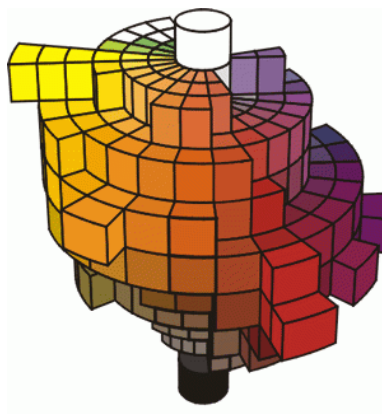
Odstín je vlastnost rozeznání jedné barvy od druhé. Například červená a zelená. Sousední spektra barev se spolu mohou mísit, například červená a žlutá spolu vytvoří oranžovou. Počátek a konec řady mísících se barev uspořádal Munsell do kruhu. Také stanovil pět základních barev (viz. obrázek 5) - červená, žlutá, zelená, modrá a fialová, které jsou rovnoměrně rozmístěny po obvodu kruhu a mezi nimi i barvy složené. Na kruhu je celkem 10 barevných sektorů s přiřazenými číselnými hodnotami. [35,37,38,45]

#### 3.2.1.3 Sytost

Sytost je vlastnost barvy, kdy přechází z šedé k čistému odstínu barvy při stálé hodnotě jasu. Lze hovořit i o přechodu z neutrální šedé k živému odstínu. Stupnice začíná na nule pro

čistou neutrální šedou, ale konec není nijak stanoven, protože vývoj nových pigmentů neustále mění hodnoty sytostí pro jednotlivé odstíny a světlosti. Běžně jde o hodnotu do dvaceti, ale reflexní materiály mohou mít hodnotu i přes třicet. [35,36,37,38,45]

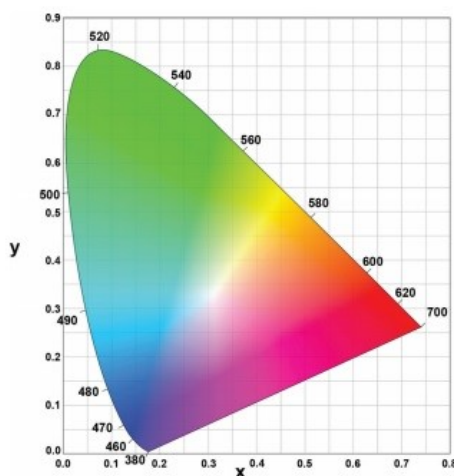
Výhodou Munsellova systému je použití pro jakoukoliv barvu, a díky otevřenému uspořádání lze přidat i nově vytvořené. Stupnice sytostí není omezena a končí u zatím dosažitelných hodnot pro jednotlivé odstíny. Z důvodu různé dosažitelnosti sytosti u různých odstínů však nemá pravidelný tvar. [35,36,37,38,45]



Obrázek 6: Munsellův systém v prostoru [35]

### 3.2.2 Barevný systém CIEXYZ

V roce 1931 CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) založila třírozměrný barevný prostor XYZ transformující spektrum reflektance nebo transmitance. Systém využívá energii spektrální distribuce světelného zdroje a barevně odpovídající funkci standardního pozorovatele.

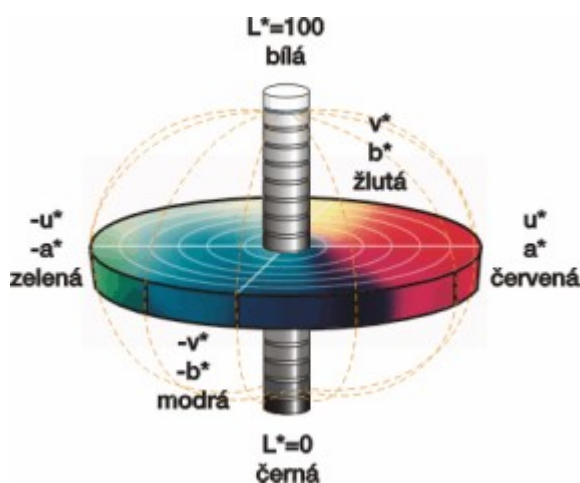


Obrázek 7: Barevný systém CIEXYZ [39]

Namísto základních barev se využívá prostor  $Y, x, y$ , kde  $Y$  představuje světelnou reflektanci a transmitanci společně se vstupním světelným stimulem a  $x, y$  jsou chromatické souřadnice.  $Y$  představuje jas a  $x, y$  chromatický diagram odstínů barev. Systém XYZ byl nahrazen CIE  $L^*a^*b^*$  systémem z důvodu neodpovídající vzdálenosti barev diagramu a skutečného barevného vjemu pozorovatele. [35,39,45,46]

### 3.2.3 Systém CIE $L^*a^*b^*$

CIE  $L^*a^*b^*$  byl vytvořen v roce 1976. V tomto systému  $L^*$  popisuje jas (světlost nebo tmavost) a hodnoty  $a^*$ ,  $b^*$  jsou souřadnicemi barevnosti. Červenou a zelenou barvu popisuje hodnota  $a^*$ , kdy kladná hodnota představuje červenou a záporná zelenou. Hodnota  $b^*$  jako kladná představuje barvu žlutou a záporná modrou. Barvy zelená a červená stejně jako modrá a žlutá se nevyskytují zároveň, tudíž je lze oddělit hodnotami popisující polohu odstínu mezi nimi. [8,35,39,45]



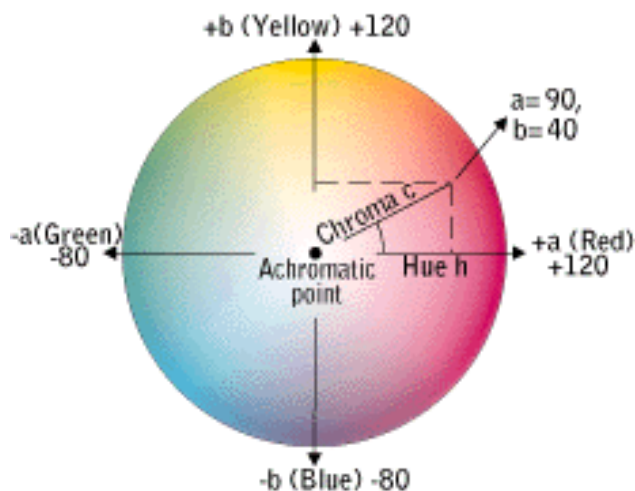
Obrázek 8 Schéma systému CIE  $L^*a^*b^*$  [47]

CIE  $L^*a^*b^*$  je jedním z nejčastěji používaných barevných prostorů pro měření barvy vzorku. Výhodou systému je možnost vyjádření číselného barevného rozdílu mezi vzorkem a standardu. [8,35,39,45]

### 3.2.4 CIE LCh

Obdobně jako u CIE  $L^*a^*b^*$  tak i v tomto barevném prostoru hodnota  $L^*$  představuje jas (světlost), hodnota  $C^*$  pak představuje sytost (chroma) a  $h^\circ$  je odstínový úhel s počátkem v ose kladného  $a^*$  a je vyjádřen ve stupních. Hodnota  $0^\circ$  pro  $+a^*$  odpovídá barvě červené,  $90^\circ$  pro  $+b^*$  žluté,  $180^\circ$  pro  $-a^*$  zelené a  $270^\circ$  pro  $-b^*$  modré. [35,48]

Při zacházení s barvami je model CIE  $L^*C^*h^\circ$  velmi intuitivní, protože odpovídá přirozenému lidskému pojetí tvorby barev. Snadno se vztahuje k systémům řazení barev jako je Munsellova notace. [37]



Obrázek 9: Schéma systému CIE  $L^*C^*h^\circ$  [49]

V následující tabulce je porovnání barevných hodnot masa v jazyce CIE  $L^*a^*b^*$  pro různé druhy živočichů – hovězí, vepřové a kuřecí.

Tabulka 2: CIE  $L^*a^*b^*$  popis barvy masa pro hovězí, vepřové a kuřecí. [44]

Druh masa a sval	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Hovězí</b> <i>Longissimus dorsi</i>	39,80	20,30	10,70
<b>Vepřové</b> <i>Longissimus dorsi</i>	51,64	8,72	4,84
<b>Kuřecí</b> <i>Pectoralis major</i>	43,40	0,37	6,10

V tabulce 2 můžeme vidět porovnání naměřené hodnoty barvy masa v jednom výzkumu od různých druhů živočichů. U světlosti je  $L^*$  největší u vepřového, střední hodnota je u kuřecího a nejtmaším masem je pak hovězí. Červená barva je nejvýraznější u hovězího, pak vepřového a nejméně u kuřecího masa. Žlutost je nejvyšší u hovězího, kuřecího a nejnižší u vepřového.

## 4 ZMĚNA BARVY MASA V PRŮBĚHU PROCESU ZPRACOVÁNÍ

Změna barvy masa je způsobená reakcí v molekule hemu. Atom železa uvnitř hemu na sebe může navázat šest elektronů, a tudíž navázat i šest vazeb. Čtyři vazby jsou již uskutečněny s pyrolovou skupinou hemového porfyrinového kruhu a jedna vazba s globulárním řetězcem pomocí histidinu, která spojuje hem a globulární bílkovinu. Šestá vazba je tedy volná pro navázání kyslíku nebo jiných malých ligandů jako oxid uhelnatý nebo oxid dusnatý. Prostorové uspořádání vázaného histidinu a hemu limituje velikost ligandů na šesté volné vazbě, což chrání hemovou skupinu před vzájemnou interakcí s velkými biomolekulami. Redoxní formy a ligand na atom navázaný mají za následek viditelné změny barvy masa. [2,4,8,23,24,27]

### 4.1 Myoglobin a jeho formy

V závislosti, jakým podmínkám je maso vystaveno, se mění forma myoglobinu. Tato změna poté ovlivňuje i barvu masa.

U čerstvého masa jsou důležité podmínky skladování, u kterého se mohou vyskytnout čtyři nejdůležitější redoxní či oxidační formy myoglobinu: deoxymyoglobin, oxymyoglobin, karboxymyoglobin a metmyoglobin. Tyto formy se od sebe navzájem odlišují ligandem na šesté vazbě. Deoxy-, oxy- a karboxymyoglobin obsahují dvojmocné železo zatímco u metmyoglobinu dojde k oxidaci na trojmocnou formu. [2,4,8,24,25]

Tabulka 3: Chemická závislost barvy masa na redoxním stavu myoglobinu [24]

Redoxní forma atomu železa	Ligand navázaný na atomu Fe	Název	Barva
$Fe^{2+}$	-	deoxymyoglobin	tmavě červená/vínová
$Fe^{2+}$	kyslík	oxymyoglobin	třešňově červená
$Fe^{3+}$	voda	metmyoglobin	hnědá
$Fe^{2+}$	oxid uhelnatý	karboxymyoglobin	třešňově červená
$Fe^{2+}, Fe^{3+}$	oxid dusnatý	NO-myoglobin	růžová



#### 4.1.1 Deoxymyoglobin (DeoxyMb<sup>2+</sup>)

Deoxymyoglobin vzniká, když není na atom železa navázán žádný ligand a maso není vystaveno kyslíku. Tato forma myoglobinu má za následek tmavě červené až vínové zbarvení. Deoxymyoglobin je přítomen v mase uchovávaném ve vakuovém balení s nižším tlakovým prostředím, kde je právě nepřístupnost vzduchu žádoucí. Za jiných než balených podmínek, lze spatřit u čerstvě porcovaného hovězího masa. Když je zvíře po porážce, v mase nastává souboj o kyslík. Navázat se ho snaží jak myoglobin, tak mitochondrie buněk. Pokud dojde k nedostatku kyslíku pro myoglobin, vzniká právě deoxymyoglobin a maso je tmavé. Jakmile je maso vystaveno aerobnímu prostředí, nastává reakce deoxymyoglobinu s kyslíkem a dochází ke vzniku oxymyoglobinu. [2,4,8,24,25]

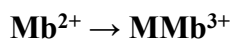
#### 4.1.2 Oxymyoglobin (OxyMb<sup>2+</sup>)

Oxymyoglobin je výsledkem oxidace deoxymyoglobinu atmosférickým kyslíkem. Oxymyoglobin zbarvuje maso na rumělkově červené. To lze pozorovat při řezu masa nebo otevření vakuově baleného masa, kdy se myoglobin snaží navázat kyslík a tím zbarvuje maso. [2,4,8,24,25]



#### 4.1.3 Metmyoglobin (MMb<sup>3+</sup>)

Metmyoglobin se vyskytuje při oxidaci atomu dvojmocného železa, nebo za sníženého tlaku, kdy dochází k redukcí oxymyoglobinu na kyslík a myoglobin, z čehož poté vzniká právě metmyoglobin. Dlouhým skladováním masa dochází ke vzniku metmyoglobinu v důsledku vzájemného působení hemových barviv a tuků a jejich oxidaci. [2,4,8,24,25]



U atomu železa dochází k reakci s vodou a vzniku kovalentní vazby mezi železem a hydroxylovou skupinou. To má za následek vznik hnědé barvy. Vznik MMb<sup>3+</sup> bývá charakterizován autooxidačním procesem při němž vzniká anion superoxidu. MMb<sup>3+</sup> může být i následkem činnosti metmyoglobinové reductázy nebo příbuzných enzymů. Autooxidace může být zrychlena zvýšením teploty působením činností mikroorganismů, při zpracování masa nebo ionty a mikrobiálními metabolity. [2,4,8,24,25]

Metmyoglobin je však možné redukovat. V čerstvém mase  $\text{MMb}^{3+}$  reduktázy, za přítomnosti kofaktoru NADH a koenzymu b4, přeměňují trojmocné železo na dvojmocné. To ale neplatí při kulinářské úpravě z důvodu degradace příslušných enzymů. Při zvýšení koncentrace soli dochází ke snížení  $\text{MMb}^{3+}$  reduktázové aktivity a při současném zvýšení teplotě dochází i k denaturaci bílkovin. [2,4,8,24,25]

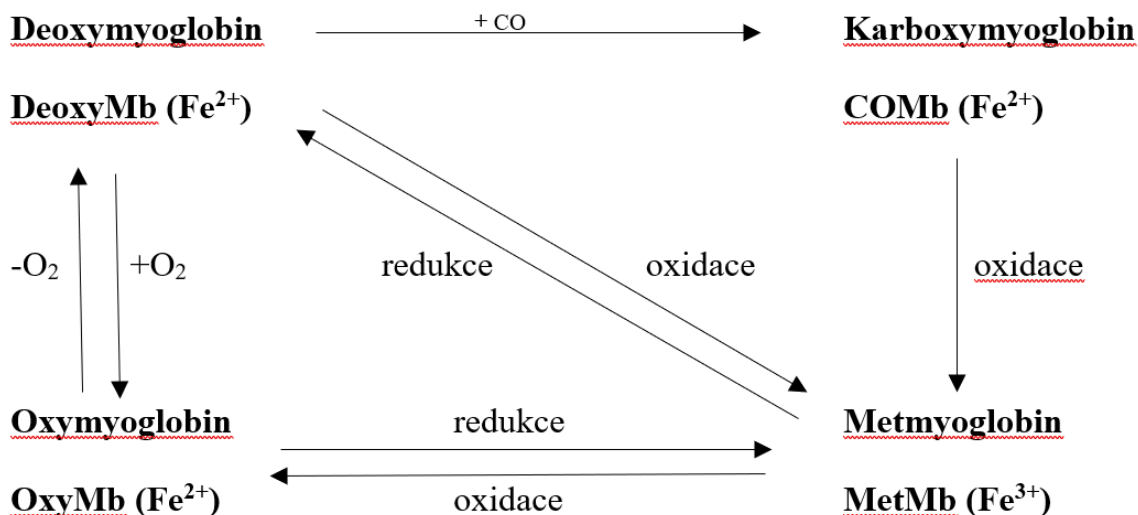
#### 4.1.4 Karboxymyoglobin ( $\text{COMb}^{2+}$ )

Karboxymyoglobin vzniká reakcí deoxymyoglobinu s oxidem uhelnatým a způsobuje světle červenou barvu. Karboxymyoglobin a oxymyoglobin jsou si podobné, ale myoglobin má větší afinitu k oxidu uhelnatému než ke kyslíku. Karboxymyoglobin je také stabilnější a trvanlivější než oxymyoglobin. Z toho důvodu bylo zavedeno i balení s oxidem uhelnatým, které zajistí vyšší trvanlivost a také lepší spokojenost zákazníka, co se barvy týče. [2,4,8,23]



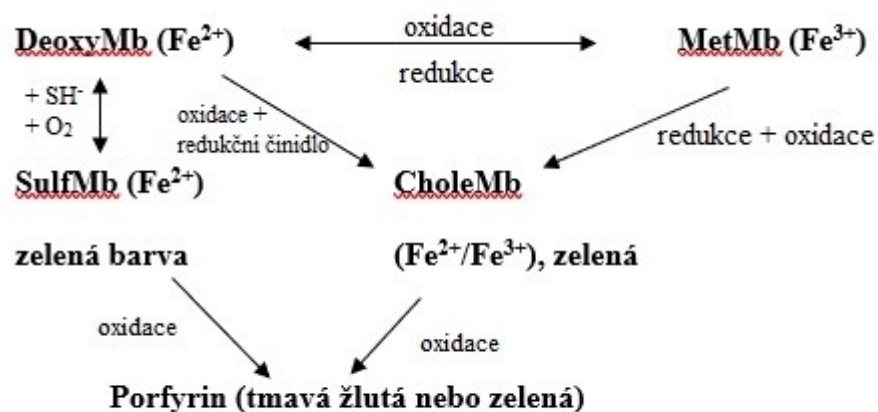
#### 4.1.5 NO-myoglobin ( $\text{NOMb}^{2+}$ )

NO-myoglobin vzniká degradací dusičnanů na dusitany a dále na oxid dusičnatý. Je více stabilní než  $\text{OMb}^{2+}$  ale ne natolik, aby se předešlo záměně NO za  $\text{O}_2$ , který je více zastoupen. [2,4,23]



Obrázek 10: Schéma redoxních forem myoglobinu [25]

Činností mikroorganismů může v mase vznikat peroxid vodíku a sulfan, které působí na rozklad hemových barviv a další oxidací vznikají barviva způsobující zelený odstín – sulfmyoglobin a choleglobin. [2,4,19]



Obrázek 11: Reakce kažení masa [8]

## 4.2 Oxidace lipidů

Produkty autooxidace lipidů jsou zodpovědné za žluklou chuť a zápach. Pro tuto oxidaci lipidů je zapotřebí reaktantů jako nenasycené mastné kyseliny a kyslíku za vzniku volných radikálů. Jedná se o radikálovou řetězovou reakci složenou ze tří kroků: iniciace, propagace a terminace. [7,27,50]

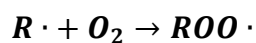
### 4.2.1 Iniciace

Při iniciaci dochází k homolytickému štěpení kovalentní vazby C-H uhlovodíkového řetězce za vzniku volných radikálů vodíkového  $\text{H}\cdot$  a mastné kyseliny  $\text{R}\cdot$ . Tato reakce může být katalyzována záhřevem, zářením (UV), přítomností iontů některých kovů (Fe, Cu) či dalšího volného radikálu. [7,27,50]

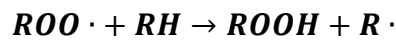


### 4.2.2 Propagace

V tomto kroku dochází k reakci vysoce reaktivního radikálu mastné kyseliny a atmosférického kyslíku za vzniku peroxylového radikálu. [7,27,50]

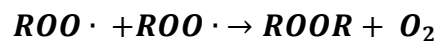
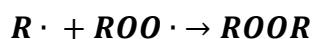


Peroxylový radikál dále reaguje s dalšími nenasycenými mastnými kyselinami za vzniku hydroperoxidu. Tato reakce se může opakovat, dokud je přítomný volný radikál. [7,27,50]



#### 4.2.3 Terminace

Terminace je posledním krokem autooxidace. Pokud je v reakčním systému přítomno dostatečně velké množství radikálů, může dojít k jejich vzájemné reakci za vzniku neradikálového stabilního produktu, který ukončí řetězovou reakci. Pokud je přístup kyslíku omezený, dojde k vzájemné reakci mezi radikály mastné kyseliny  $R \cdot$ . Za dostatečného přístupu kyslíku pak vzniká více peroxylových radikálů  $R-O-O \cdot$  a terminační reakcí je rekombinace peroxylových radikálů a radikálů mastné kyseliny. [7,27,50]



#### 4.2.4 Produkty reakce

Primárními produkty autooxidace lipidů jsou hydroperoxydy, které jsou však nestálé a dále se rozkládají na sekundární produkty - aldehydy, kyseliny a ketony, které ovlivňují senzoryckou hodnotu masa. Právě tyto sekundární produkty jsou zodpovědné za znehodnocující zápach. [7,27,50]

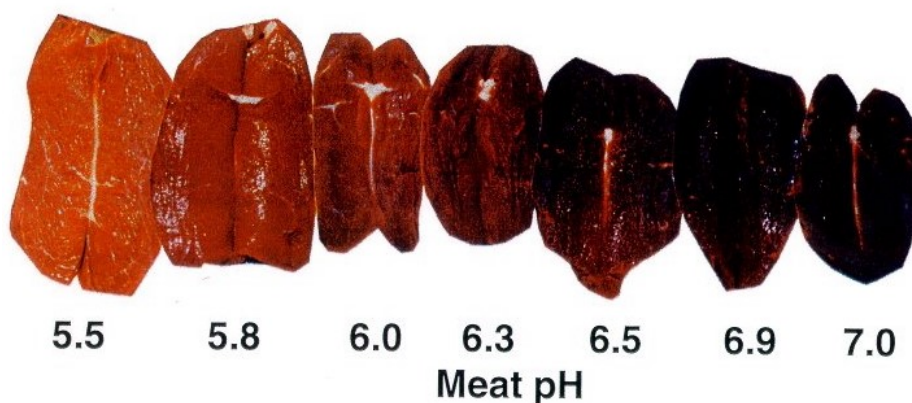
Reaktivní produkty oxidace lipidů mají však vliv i na barvu masa, jelikož urychlují reakci oxidace myoglobinu. Vysoce reaktivní aldehydy jsou polární a snadno difundují do sarkoplazmy, kde tvoří kovalentní vazbu s myoglobinem. Navázání aldehydu na histidin umožňuje odkrytí hemové skupiny a její snadnější reakci s kyslíkem. Pokud je tedy usilováno o lepší barvu, musí se zamezit i oxidaci lipidů, a to za pomoci antioxidantů zmíněných v další části kapitoly. [7, 27,50]

### 4.3 Stav během porážky

U zvířete směřující k porážce je velmi důležité zajistit co nejméně stresující podmínky k ohledu na vyčerpání glykogenu. Jeho hladina může totiž ovlivnit světlost / tmavost masa (viz. obrázek 12). Pokud je hladina nízká, nedochází k dostatečnému okyselení masa a je pak

málo údržné. Stresové podmínky mohou být dokonce závažnější pro jakost než hodnota pH. Teplota okolí patří mezi stresové faktory. U hovězího byla zjištěna větší pravděpodobnost vady masa DFD, pokud bylo zvíře vystaveno chladnějším podmínkám. Naopak u prasat se objevuje větší světlost masa za teplejších okolních podmínek. U transportu závisí na více parametrech. Ke snížení či zvýšení hladiny stresu může dopomoci doba, druh, a dokonce prostředek transportu. [4,8,23,34,51,52]

Omráčení zvířete se uskutečňuje proudem elektřiny nebo pomocí oxidu uhličitého. Elektrický šok může u prasat vyvolat silnou aktivaci glykolýzy, díky které poté výrazně klesá pH. Z tohoto důvodu je lepší metoda omráčení oxidem uhličitým, který zapříčiní zlepšení kvality vepřového masa zvýšením hodnoty pH během 24 hodin a tím dochází i ke zlepšení barvy masa. Barva masa se poté zdá být tmavší. U drůbeže se však výsledky mohou lišit. [8,23,34]



Obrázek 12: Dopad změny hodnoty pH na barvě hovězího masa [53]

Po porážce se během 24 hodin pH snižuje ze 7 – 7,2 až na 5,5 – 5,7 a maso dostává charakteristickou barvu pro svůj druh. Pokud však nastane snížení pH na 5,5 – 5,7 během 45 minut, nastává vada masa PSE (pale, soft, exudative). Tato vada vzniká po porážce, kdy dochází k abnormálně rychlé glykogenolýze a hromadění kyseliny mléčné, rychlému snížení pH a zvýšení teploty na 45°C. Bílkoviny jsou částečně denaturované, struktura svalových vláken narušená a vše vede k uvolňování masné šťávy, změně konzistence svaloviny a změně pH. Prekurzorem PSE je vystavení zvířete stresu před porážkou. U vady DFD je prekurzorem dlouhodobý stres, např. při přepravě zvířat, kdy dochází k vyčerpání zásob glykogenu. Nízká hladina glykogenu během porážky způsobí nedostatečné okyselení a snížení pH není tak dostatečné. Obecně se DFD maso vyznačuje hodnotou pH vyšší než 6. [28,32,53,54]

## 4.4 Chlazení

Spousta biochemických dějů se odehrává v prvních 24 hodinách po porážce zvířete, kdy se sval stává masem. Chlazení je nejdůležitějším faktorem u zpracování potravin a je důležité jak pro uchování potravin, tak i pro zlepšení vzhledu – v tomto případě barvy masa. Pokud není chlazení dostatečné, dochází k výše zmíněným biochemickým dějům. Těmito ději jsou oxidace myoglobinu a lipidů ale dochází také k růstu mikroorganismů. To vše má velkou váhu v trvanlivosti potravin. [2,4,8,55]

Doba, po kterou bylo maso po porážce skladováno, ovlivňuje stabilitu barvy masa a masného produktu. Během skladování se myoglobin vyskytuje ve třech formách – myoglobin, oxy-myoglobin a metmyoglobin. Jejich poměr přítomného obsahu v mase je však proměnlivý vzhledem k druhu masa či masnému výrobku. S rostoucím časem skladování se mění i poměr těchto myoglobinů. Výsledkem je pak snížení stability barvy masa, vyčerpání kofaktorů potřebných pro redukci metmyoglobinu a tím dochází k jeho hromadění. Podobná situace se vyskytuje u mraženého masa, kdy se produkt z tohoto masa zdá zpočátku tmavší, ale nebude mít tuto čerstvou barvu po dlouhou dobu. U mraženého masa dochází k oxidaci nenasycených mastných kyselin a tím k hnědnutí. Také se vytvářejí krystalky ledu, které poškozují tkáň svalů, které jsou pak více náchylné k oxidaci. To vše u mraženého masa způsobuje rychlejší degradaci a oxidaci tkání, což negativně působí také na barvu. Stejně jako závisí na době skladování, závisí i na teplotě. Barva se stává méně akceptovatelná pro prodej, čím delší doba skladování je, ale může být prodloužena za působení těch správných teplot. Čerstvé maso by mělo být skladováno při  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pokud má barva být co nejdéle čerstvá. [8,53,55,56]

Chlazené maso CFPS = controlled freezing-point storage, je nejpoužívanější chlazení, pokud se jedná o dopravu masa do dalekých krajín. Tato forma uchování určitě prodlužuje trvanlivost syrového masa tím, že zpomaluje biochemické a mikrobiologické procesy. Dochází zde k dosažení teplot před bodem mrazu vody. Byl zkoumán rozdíl efektů teplot na jehněčím mase. Bylo zjištěno, že maso, které bylo zchlazeno na  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mělo lepší stabilitu barvy, než maso chlazené na  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [4,23,56]

## 4.5 Balení

Balení masa je důležitým faktorem ve skladování masa a udržování jeho pro konzumenty přívětivé barvy. Barva je ovlivňována balením různými stupni přístupu plynů a vlhkosti v ba-

lení nebo samotný mix plynů v uzavřeném obalu – modifikovaná atmosféra (MAP – modified-atmosphere packaging). Kromě prodloužení doby trvanlivosti či zabránění kontaminaci produktu je balení důležité právě pro ovlivnění dobrého vzhledu produktu, nebo přímo zlepšení jeho vzhledu různými odstíny barvy masa. V modifikované atmosféře je důležité najít ten správný poměr plynů pro lepší odstín a stabilitu barvy masa a také pro jeho údržnost omezením mikrobiálního růstu a zabráněním oxidace lipidů.

Tradiční balení na pěnových táccích potažené fólií umožňuje výměnu plynů s okolím, a tím snižuje údržnost masa na velmi krátkou dobu. [4,8,24,25,27,55]



Obrázek 13 : Vakuové a MAP balení [57,58]

Balení v modifikované atmosféře zpřístupňuje maso kyslíku vedoucí ke vzniku oxymyoglobinu s jasnou třešňovou barvou na povrchu. Toto balení obsahuje kolem 80 % kyslíku, a to prodlužuje dobu, než se metmyoglobin dostane na povrch masa. Obsahuje také oxid uhličitý pro inhibici mikrobiálního růstu. Nevýhodou tohoto balení jsou změny při dlouhodobém skladování, kdy klesá parciální tlak  $O_2$  a zvýšení koncentrace  $CO_2$  a tím vytvoření příznivých podmínek pro oxidaci lipidů a tím žluknutím tuku. [4,8,24,25,27,55,56]

Balení bez přístupu vzduchu – vakuové balení – zajistí zase udržení stavu v deoxymyoglobinu s červeným až fialovým zbarvením, které však mohou negativně ovlivnit konzumenta. Dále musí být přítomno méně než 1 % kyslíku u vepřového a méně než 0,05 % u hovězího pro omezení vzniku metmyoglobinu při nízkém tlaku. Vakuové balení musí také zajistit, aby maso po opětovném přístupu kyslíku mohlo zrůžovět – oxygenace deoxymyoglobinu, z toho důvodu do něj může být přidán oxid dusný pro schopnost vytvoření světle červeného karboxymyoglobinu. [4,8,24,25,27,55,56]

## 4.6 Osvětlení

Pro každou potravinu je vhodná jiná intenzita a druh světla. Druh a intenzita světla výrazně ovlivňuje, jak se barva masa a jeho případné vady zobrazí.

### 4.6.1 Typ zářivek

Fluorescenční, halogenové, xenonové a normální žárovky se liší efektivitou z hlediska energie a vyzařováním tepla. Zvýšení teploty masa vede k barevným změnám oxidací a k mikrobiálnímu růstu. [59,60]

Fluorescenční žárovky vyzařují příliš modré a zelené světlo. Xenonové zase můžou způsobit na maso žluté a modré zbarvení. Obyčejná žárovka se příliš zahřívá a vyzařuje UV (ultrafialové) nebo IR (infračervené) záření, na které maso reaguje rychlejší ztrátou čerstvé barvy fotooxidací. Oxidace je urychlována elektromagnetickým zářením s nižší vlnovou délkou. U záření 625 nm a delší, bylo záření pohlcováno oxymyoglobinem méně, a tudíž nebyla urychlena změna barvy. [24,59,60]

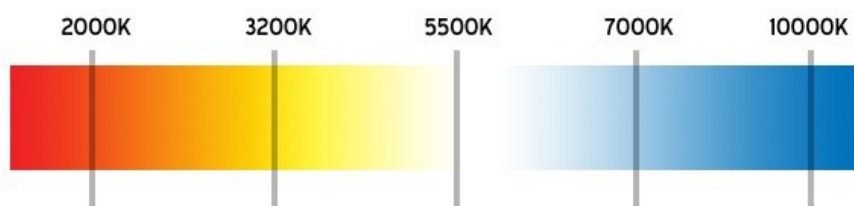
V poslední době je nejvíce využívaným druhem světla LED (Light-Emitting Diode = elektroluminiscenční dioda), které nevyzařuje velké množství tepla a nevyzařují pro maso škodlivé UV nebo IR záření. [24,60,61]

### 4.6.2 Vlastnosti světla

Světlo je rozlišováno pomocí jeho vlastností. U světla lze rozlišit jeho teplota (tzv. teplota chromatičnosti), úroveň zkreslení barev předmětu (Index podání barev) a jeho intenzita. [60]

#### 4.6.2.1 Teplota chromatičnosti

Každý typ světla má svou teplotu chromatičnosti, která se udává v Kelvinech [K]. Čím nižší je teplota chromatičnosti, tím teplejší a žlutější (červenější) je světlo, a čím vyšší je teplota chromatičnosti, tím je světlo chladnější, jasnější a modřejší. [59,60]



Obrázek 14: Škála teploty chromatičnosti [61]



Teplé bílé světlo se pohybuje v rozmezí od 2700 do 3000 K, zatímco chladné bílé světlo se pohybuje kolem hodnoty 4500 K. Slabé bílé světlo může způsobit růžové zbarvení tuku a kostí, zatímco teplé bílé světlo a světlo obyčejné žárovky může způsobit nažloutlou barvu. [59,60]

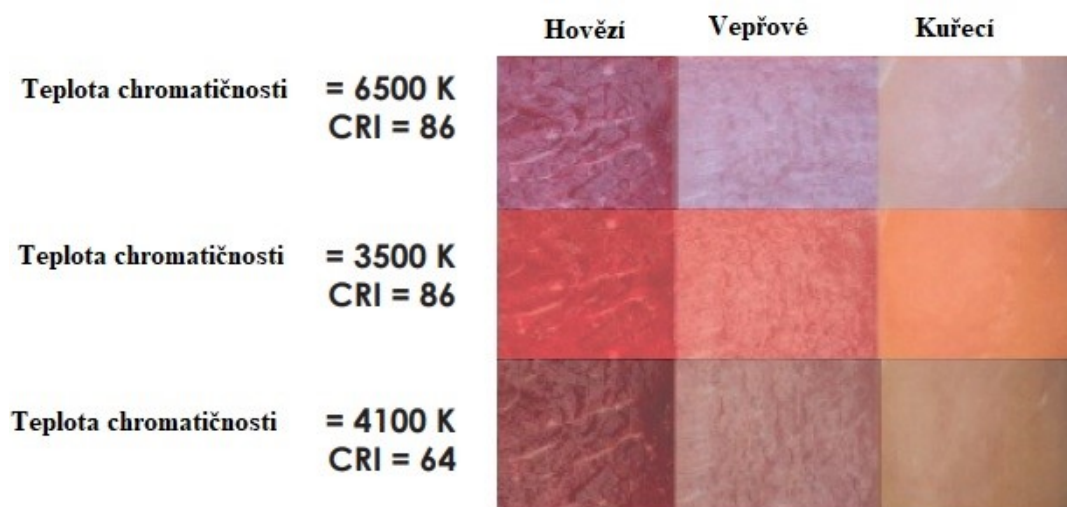
#### 4.6.2.2 Index podání barev

CRI (Color Rendition Index) vyjadřuje, jak moc velký vliv má světlo na skutečnou barvu objektu, neboli jak moc světlo zkresluje v hodnotách 100 – 0. Čím nižší je číslo, tím větší je zkreslení. [62]

#### 4.6.2.3 Intenzita světla

Intenzita světla vyjadřuje míru osvětlení a jednotkou je lux. Čím intenzivnější je světlo, tím rychlejší bude i změna barvy masa. [59,60]

Za optimální podmínky osvětlení se považuje teplota chromatičnosti v rozmezí 2 800 - 3 500 K, intenzita světla přes 1 600 lux a index podání barev 80–90. [59,60]



Obrázek 15: Vliv různého osvětlení na barvu masa [60]

## 4.7 Ošetření masa

Maso před samotným prodejem musí být ošetřeno od patogenních mikroorganismů pro prevenci alimentárních chorob (nemoci z potravy) či upraveno pro lepší sensorické vlastnosti, které budou mít příznivý vliv na ovlivnění koupě konzumentem. [8]

#### 4.7.1 Ozáření

V mnoha zemích se využívá ionizující záření jako ošetření masa pro prevenci alimentárních chorob. Tato metoda je jednou z nejvíce efektivních metod pro eliminaci patogenů v mase. Radiace způsobuje kaskádovou reakci elektronů, což může způsobit rozštěpení molekul. Voda je náchylná k radiolýze a tím vznikají volné radikály. Tyto radikály pak napadají lipidy a proteiny a způsobují neobvyklou barvu a zápach. [63,64,65,66]

Ozařování vede k více přeměnám myoglobinu a molekulám přítomných v mase, jejichž změna vede k barevným změnám po ošetření. Konečná změna barvy závisí na obsahu myoglobinu a jeho redoxním stavu před ozářením a také na podmínkách jako pH nebo teplota. Záleží také na druhu živočicha a obsahu modifikované atmosféry v obalu. Vepřové a hovězí maso mohou dostat k barevné přeměně k jiné než červené, hnědé a zelené barvy. Uchováním masa v přítomnosti kyslíku po ošetření ozářením může vést ke spojení více faktorů ovlivňující změnu barvy během uchovávání. [63,64,65,66]

#### 4.7.2 Antioxidanty

U antioxidantů bylo na základě několika studií docíleno úspěšného vlivu na zlepšení stability chuti i barvy masa. Antioxidanty inhibují nebo předcházejí vzniku peroxidů a radikálových reakcí, kterých se v mase dopouští lehce oxidovatelné polynenasycené mastné kyseliny. Pokud by došlo k oxidaci, tak produkty této reakce by interagovaly přímo s proteinovou částí myoglobinu a atom železa hemu by byl lehce dostupný oxidaci, což by urychlilo hnědnutí. [8,27,67,68]

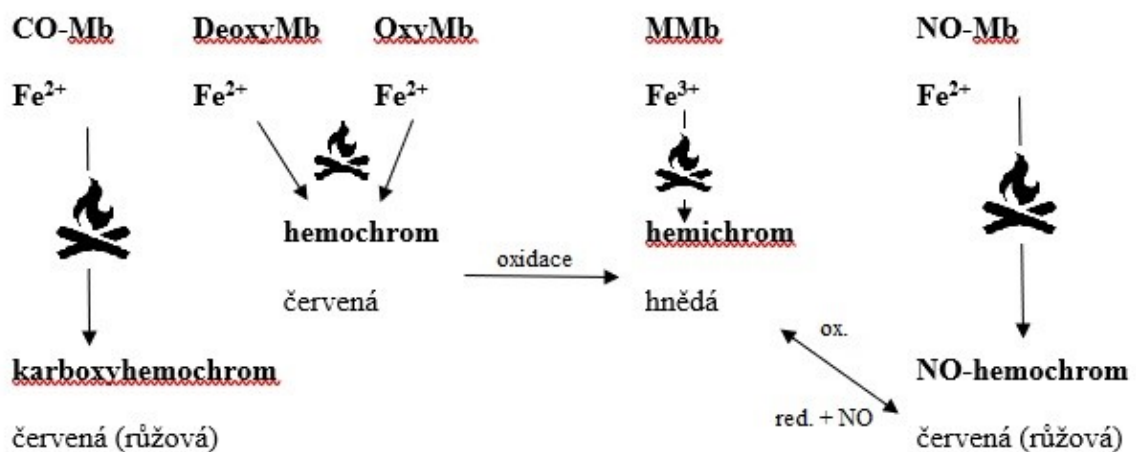
I jiné antioxidanty než přítomné ve stravě, jako třeba askorbáty (kyselina askorbová), citráty (kyselina citronová), tokoferoly nebo extrakty bylinek a koření mají svůj efekt díky fenolové OH skupině. Askorbát sodný nebo erytrobát sodný mají vliv na červenou barvu u zapečeného hovězího masa. [8,27,67,68]

### 4.8 Kulinářská úprava

U tepelně opracovaného masa dochází k denaturaci rozpustného myoglobinu a tato denaturace zapříčiní hnědé zbarvení.

Myoglobin začíná denaturovat při teplotě nad 55 °C a celý proces je ukončen kolem 75–80 °C. Toto zvýšení teploty může být důsledkem zvýšení pH, které zpomaluje proces denaturace proteinů. Denaturace globinu zpřístupní hemovou skupinu a zvýší citlivost hemu k oxidaci. Zpočátku vede denaturace Omb a Mb k vytvoření hemochromů ( $\text{Fe}^{2+}$ ), a tím k růžovo-

červené barvě. Ferohemochrom však posléze podléhá oxidaci na hemichrom ( $\text{Fe}^{3+}$ ), který zbarvuje maso na hnědou barvu. Této barevné přeměně lze však zabránit použitím dusitanů a dusičnanů zabraňujících oxidaci navázáním oxidu dusnatého na atom železa a způsobují tak po tepelné úpravě právě růžovou barvu vznikem NO-hemochromu. [2,4,8,19,27]



Obrázek 16: Tepelná úprava [8]

Barva masa po tepelné úpravě závisí na více faktorech. Existují faktory endogenní i exogenní ovlivňující termostabilitu myoglobinu, a tím i barvu po tepelné úpravě. Nejdůležitějšími jsou pH, redoxní formy myoglobinu, primární struktura (řazení aminokyselin) myoglobinu a přítomnost antioxidantů. [4,8,19]

#### 4.8.1 Hodnota pH

Hodnota pH svaloviny je kolem 7,2. Svalovina jako maso má po porážce hodnotu 5,5-5,8 u hovězího, vepřového a jehněčího masa. U drůbeže se hodnota pohybuje mezi 5,7 až 6. Po usmrcení zvířete dochází ve svalu k přeměně glykogenu na kyselinu mléčnou, což zapříčiňuje pokles pH. Čím menší je hodnota pH, tím méně je myoglobin termostabilní. Hodnota pH pod 5,4 vede k menší termostabilitě. Pokud je však hodnota pH nad 6, maso je po záhřevu růžovější z důvodu větší termostability myoglobinu. [4,8,27]

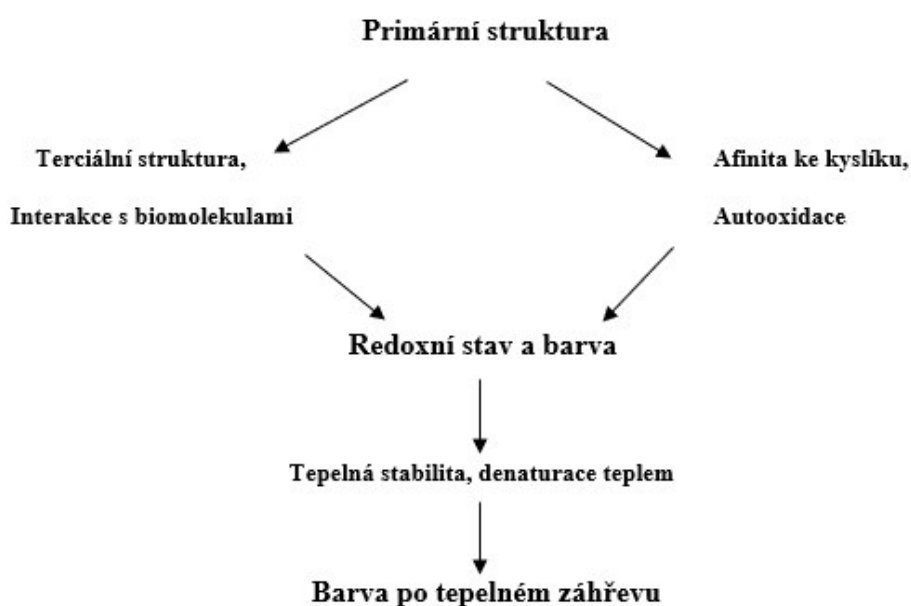
#### 4.8.2 Redoxní stav myoglobinu

Redoxní stav myoglobinu ovlivňuje jeho termostabilitu. Metmyoglobin podléhá rychlejší denaturaci při záhřevu než oxymyoglobin nebo deoxidovaná forma deoxymyoglobin. Více

stabilní je pak dvojice deoxymyoglobin a karboxymyoglobin, kdy jejich přítomnost při záhřevu způsobuje červenou až narůžovělou barvu. [69,70,71]

### 4.8.3 Primární struktura myoglobinu

Stabilita myoglobinu závisí na jeho primární struktuře, která určuje terciální strukturu, což ovlivňuje interakce bílkovin s ligandy a makromolekulami. Tím primární struktura myoglobinu ovlivňuje jeho strukturální, redoxní a tepelnou stabilitu a tím i barvu tepelně opracovaného masa. Byly zkoumány rozdíly termostability myoglobinu u tuňáků velkookých a modrých, které se objevily i přes rozdíl ve dvou aminokyselinách v primární struktuře. [69,70,71]



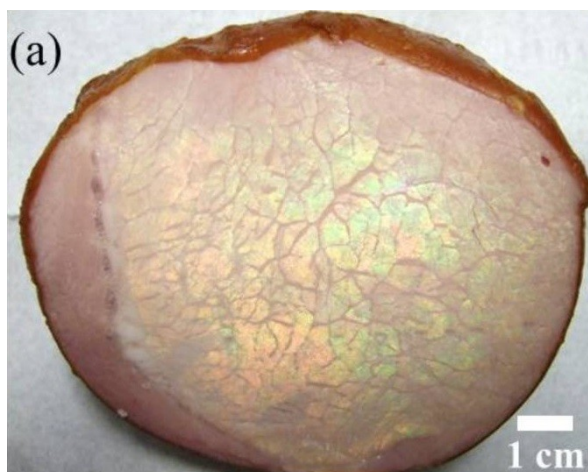
Obrázek 17: Schéma mechanismu ovlivnění barvy po tepelném ošetření primární struktury [69]

## 4.9 Duhové zbarvení

Duhové zbarvení neboli iridescence, je fenomén u masa, kdy na povrchu vzniká lesklá, duhově zbarvená vrstva. Oproti normálnímu zbarvení masa, tady však nehraje myoglobin žádnou roli. Toto duhové zbarvení bývá spojováno s mikrostrukturou a odrazem světla, při kontaktu světla a masa dochází k reakci, kdy se pouze dominantní barva nebo více barev odráží od předmětu. [25,39,53,72,73]

#### 4.9.1 Svalová struktura a pH

Svalové buňky mohou mít ve svalu jiné uspořádání nebo orientaci v závislosti na druhu svalu. U některých hovězích a vepřových svalů se iridescence vytvoří, zatímco u jiných ne. Většinou se vyskytuje jak u syrového, tak u tepelně opracovaného stehenního svalu (kýty), kdy je nejspíše důvodem tohoto úkazu směr svalových vláken při krájení. Tyto svaly bývají krájeny kolmo ke směru vláken, u podélného řezu se duhové zbarvení nevyskytuje. Další ovlivnění u svalstva pochází z jeho hodnoty pH, kdy i přes kolmý řez byla iridescence přítomna u stehenního svalu s pH 5,60 a u bederního s pH 5,74 se nevyskytla. [72,73,74]



Obrázek 18: Iridescence u příčně krájeného masa [72]

#### 4.9.2 Povrch masa

Na rozdíl od rozrušeného povrchu hladký povrch masa poskytuje příznivé podmínky pro výskyt iridescence na mase. Byly provedeny výzkumy vlivu povrchu na duhové zbarvení. Způsoby úpravy povrchu masa, kdy došlo k rozrušení hladkého povrchu, byly příznivé pro omezení vytvoření iridescence. Ostré čepele nožů zpracovávající maso upravují maso do hladkého vzhledu a struktury způsobují vyšší průnik záření pod povrch a také lepší odraz světla zvyrazňující iridescenci. Tupé nože způsobující rozrušený a nepravidelný povrch masa a naopak iridescenci potlačují. [72,73,74]

#### 4.9.3 Voda a iridescence

Pokud je maso vystaveno vzduchu, dochází k vypařování vody a tím k dehydrataci, která iridescenci potlačuje. Jestliže je však maso opět navlhčeno, iridescence se vrátí. V mase je

voda přítomna ve třech stavech, a právě volná voda bývá spojována s tímto duhovým zbarvením. Injektáží vody do vařeného hovězího masa (kýta) je zvýšen obsah vody a iridescence je zvýrazněná. Dehydratace tak pouze omezí iridescenci, ale je možné ji navrátit opětovnou rehydratací povrchu. Stejně jako u zmražení byla iridescence omezena na intenzitě a po opětovném rozmražení se znovuobjevila. Zajímavé je, že pokud byl řez masa natřen olejem, iridescence se neukázala, a to ani tehdy, pokud bylo maso vystaveno vzduchu a až poté olejem natřeno. [72,73]

#### 4.9.4 Aditiva

Iridescence je pozorována nejčastěji u syrových a neokořeněných mas. Přídavek soli hraje zanedbatelnou roli, neboť její pozdější vymytí neukázalo žádnou změnu při pozorování iridescence. [72,74]

Začleněním fosfátů dochází ke změně náboje proteinů a změně pH od izoelektrického bodu, kdy výsledkem je změna uspořádání myofibril a zadržování vody tak podporuje vznik iridescence. [72,74]

#### 4.9.5 Vliv druhu, řezu vzorku a úhlu osvětlení či pozorování

Iridescenci nelze nijak změřit a vyčíslit, protože je ovlivněna příliš mnoha okolními podmínkami. Její intenzita se zvětšuje se snížením úhlu osvětlení a pozorování. Do toho je ovlivněna i úhlem řezu. Iridescence se nevytváří, dokud není úhel řezu k svalovým vláknům aspoň 45° a se zvyšujícím se úhlem poté sílí i iridescence. Například u podélného řezu stehenního svalu se iridescence nevyskytuje vůbec. [25,39,53,74]

Přestože se objevuje více barev, jako červená, žlutá, oranžová a zelená, tak právě zelená převažuje a bývá zákazníky často zaměňována se zelenou barvou myoglobinu odpovídající mikrobiálnímu růstu. [25,39,53,74]

## ZÁVĚR

Barva masa je důležitým ukazatelem jakosti a kvality. Její změny probíhají v molekule hemového barviva myoglobinu, kdy se mění redoxní stav atomu železa z dvojmocného na trojmocné železo. Intravitální vlivy na barvu jsou druh zvířete, stáří, pohlaví, způsob chovu a způsob usmrcení. Po usmrcení závisí na hodnotách pH, kdy u nedostatečného poklesu pH z důvodu malé zásoby glykogenu vede k DFD, nebo naopak při rychlém poklesu pH dochází k vadě PSE. Dalším faktorem je chlazení a mražení, kdy se u mražení vytváří krystalky a ničí svalová vlákna a maso je pak méně udržitelné a je náchylné k oxidaci. Balením masa do obvyčejného balení, kdy dochází k překrytí propustnou fólií, se maso rychleji oxiduje a hnědne, u ostatních druhů balení, a to balení v ochranné atmosféře a či ve vakuovém balení, je trvanlivost masa a čerstvost barvy masa prodloužena. Osvětlení, které vydává více tepla způsobuje nižší údržnost masa z důvodu zvýšené teploty a osvětlení, které vydává UV a IR záření způsobuje hnědnutí, kdy je záření pohlcováno myoglobinem, a tím způsobena změna jeho redoxního stavu. Může dojít také k autooxidaci lipidů, jejíž sekundární produkty způsobují žluklou chuť a zápach a působí i na zrychlení oxidace myoglobinu. Pro udržení barev se mohou použít antioxidanty a dusitany. Tepelnou úpravou masa dochází ke změně myoglobinu v závislosti na poměru v mase přítomném redoxním stavu myoglobinu. Tepelnou úpravou nejčastěji dostaneme hnědou barvu, ale pokud jsou použity dusitany, barva zůstane růžová.

U kažení dochází ke změnám barvy masa na zelenou, poukazující na mikrobiální růst. Existuje jev u masa, kdy dopadající světlo na maso a textura povrchu masa vytvoří duhový odlesk. Tento jev bývá často zaměněn s mikrobiálním růstem, ačkoliv je neškodný.

Barva masa se měří pomocí kolorimetrie, spektrofotometrie a NIR – spektrometrie, kdy pro popis barvy se převedou data do hodnot barevných systémů XYZ nebo CIE L\*a\*b\*, vyjadřující barvu o něco lépe.

Barva masa je důležitým jakostním znakem, podle něhož se orientují konzumenti a rozhodují se, zda maso koupit. Na barvu působí spousta vnějších i vnitřních vlivů, a ne všechny byly popsány úplně. Je důležité zkoumat dále a šířit tyto vědomosti, aby nedocházelo ke zbytečnému znehodnocování masa.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ČESKO. Vyhláška č. 69/2016 Sb., o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty, rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 10. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-69#f5759158>
- [2] KADLEC, Pavel, MELZOCH, Karel, VOLDŘICH, Michal. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2012. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [3] DIKEMAN, Michael, DEVINE Carrick. (2014). *Encyclopedia of Meat Sciences (2nd Edition)*. Academic Press, 2014. ISBN 9780123847317.
- [4] DU, Min a Richard J. MCCORMICK, ed. *Applied muscle biology and meat science*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis, 2009. ISBN 9781439882030.
- [5] INGR, Ivo. *Produkce a zpracování masa*. Vyd. 2., nezměn. V Brně: Mendelova univerzita, 2011. ISBN 978-80-7375-510-2.
- [6] KAMENÍK, Josef. *Maso jako potravina: produkce, složení a vlastnosti masa*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2014. ISBN 978-80-7305-673-5.
- [7] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [8] HUI, Y. H., ed. *Handbook of meat and meat processing*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2012. ISBN 978-1-4398-3683-5.
- [9] Obrázek *Struktura kosterního svalu*. [online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://www.kme.zcu.cz/kmet/bio/svstavba.php>
- [10] MANUELA de CASTRO CARDOSO PEREIRA, Paula & VINCENTE, Ana. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat science* [online]. 2013, 93, 586-92, [cit. 2018-03-19]. ISSN 03091740. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174012003385>
- [11] KAMENÍK, Josef, Bohumíra JANŠTOVÁ a Alena SALÁKOVÁ. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu*. Brno 2014
- [12] PIPEK, Petr. Technologie masa. In KADLEC, Pavel; MELZOCH, Karel; VOLDŘICH, Michal. *Technologie potravin: Co byste měli vědět o výrobě potravin?*. 1. Ostrava: KEY, 2009. s. 161-191. ISBN 978-80-7418-051-4



- [13] SLUKOVÁ, M. a kol. *Výroba potravin a nutriční hodnota*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 2016. ISBN 978-80-7080-947-1
- [14] ČSN ISO 11036 (560034) *A Senzorická analýza - Metodologie - Profil textury*. Praha: Český normalizační institut, 1997. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [15] Culioli, J.: Meat Tenderness: Mechanical Assessment, *Ahmed Ouali (Eds.)*, Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation as related to meat quality. ECCEAMST (1995), 239-266.
- [16] ZHENG, Chaoxin, Da-Wen SUN, Liyun ZHENG. Recent applications of image texture for evaluation of food qualities—a review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2006, 17 (3), 113-128, [cit. 2018-04-08]. ISSN 09242244. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224405003407>
- [17] KAMDEM, A. T., HARDY, J. Grinding as a method of meat texture evaluation. *Meat Science* [online]. 1995, 39, 225-236, [cit. 2018-04-08]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0309174094P1823E>
- [18] ZÁVODSKÁ, Radka. *Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie*. 1. vydání. Praha: Scientia, 2006. ISBN 80-86960-15-3.
- [19] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P., *Technologie výroby potravin živočišného původu (bakalářské studium)*. UTB ve Zlíně 2006. ISBN 80-7318-405-2
- [20] CAVITT, L.C., YOUM, G. W., MEULLENET, J.F., OWENS, C.M., XIONG, R. Prediction of poultry meat tenderness using Razor blade shear, Allo-Kramer shear, and sarcomere length. *Journal of Food Science* [online]. 2004, 69 (1), 11-15, [cit. 2018-04-08]. ISSN 00221147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17879.x>
- [21] JELENÍKOVÁ, J.: *Textura masa a masných výrobků*. Praha, 2003. Disertační práce. VŠCHT, Fakulta potravinářské a biochemické technologie. Vedoucí práce Petr Pípek.
- [22] Obrázek *Rozdíl v barvě masa dle obsahu myoglobinu*. [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.newfoodmagazine.com/article/1899/measuring-meat-colour/>

- [23] MANCINI, R.A., M.C. HUNT: Current research in meat color. *Meat Science* [online]. 2005, 71(1), 100-121, [cit. 2018-04-10]. ISSN 0309-1740. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917400500094X>
- [24] FAUSTMAN, Cameron. Myoglobin Chemistry and Modifications that Influence (Color and) Color Stability. *Proceedings of the American Meat Science Association 67th Reciprocal Meat Conference*. 2014. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/dd17/ab4d7ea2606a3ff2e285bfb3cfb70a20928d.pdf>
- [25] KERRY, Joseph, LEDWARD, David. *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*. Cambridge: Woodhead Pub, 2009. ISBN 9781845695439
- [26] ROSENVOLD, Katja, ANDERSEN, Henrik J. Factors of significance for pork quality – a review, *Meat Science* [online]. 2003, 64(3), 219-237, [cit. 2018-04-14]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174002001869>
- [27] SURENDRANATH, P., SUMAN POULSON, Joseph. Myoglobin Chemistry and Meat Color, *Annual Review of Food Science and Technology* [online]. 2013, 4(1), 79-99, [cit. 2018-04-10]. ISSN 1941-1413. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-food-030212-182623>
- [28] *Vady masa* [online] bezpečnost.potravin.cz [cit. 2018-04-10] Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92470.aspx>
- [29] TVRDOŇ, Zdeněk. *Náchylnost prasat na stres a kvalita masa*. 2004 Dostupné z: <http://www.genoservis.cz/cz/poradenstvi/clanky/slechtenti-prasat/223-nachylnost-prasat-na-stres-a-kvalita-masa>
- [30] BAUBLITS, R.T., BROWN, Jr. A.H., POHLMAN F.W., et. al. Carcass and beef color characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with soyhulls, *Meat Science* [online]. 2004, 68(2), 297-303, [cit. 2018-04-10]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174004000804>
- [31] HAMILTON, D.N., ELLIS, M., McKEITH, F.K., EGGERT, J.M. Effect of level, source, and time of feeding prior to slaughter of supplementary dietary magnesium on pork quality. *Meat Science* [online]. 2003, 65(2), 853-857, [cit. 2018-04-14]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174002002917>

- [32] BRUCE, H.L., STARK, J.L., BEILKEN, S.L., The effects of finishing diet and post-mortem ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. *Meat Science* [online]. 2004, 67(2), 261-268, [cit. 2018-04-22]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174003002894>
- [33] DJENANE, D., SANCHEZ ESCALANTE, A., BELTRAN, J., RONCALES, P. Extension of the shelf life of beef steaks packaged in modified atmosphere by treatment with rosemary and displayed under UV-free lighting. *Meat Science* [online]. 2003, 64(4), 417-426 [cit. 2018-04-22]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174002002103>
- [34] ZHOU, G.H., YANG, A., TUME, R.K. A relationship between bovine fat colour and fatty acid composition. *Meat Science* [online]. 1993, 35(2), 205-212, [cit. 2018-04-24]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/030917409390050R>
- [35] SALÁKOVÁ, A. Instrumental measurement of texture and colour of meat and meat products. *Maso*. 2012, 1(5), 37-42.
- [36] GULRAJANI, M.L. *Colour measurement Principles, advances and industrial applications*. Cambridge: Woodhead Pub, 2010. ISBN 9780857090195
- [36] TŘEŠŇÁK, K. Barvy a barevné modely. *Svět tisku*, 1999a, č. 6, s. 58 – 60.
- [38] GORDON, J., ABRAMOV, I., CHAN, H. Describing color appearance: Hue and saturation scaling, *Perception & Psychophysics*, 1994, 56(1), str. 27-41, [cit. 2018-04-17]. ISSN 0031-5117. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.3758/BF03211688>
- [39] HUNT, M., King, A. *Meat Color Measurement Guidelines*, American Meat Science Association [online]. 2012, [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <https://www.meat-science.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>
- [40] KING, N.J., WHYTE, R. Does it look cooked? A review of factors that influence meat color. *Journal of Food Science* [online]. 2006, 71(4), 31-40, [cit. 2018-04-18]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2006.00029.x>

- [41] STRAKA, I. MALOTA, L. *Chemické vyšetření masa (klasické laboratorní metody)*. ISBN 80-86659-09-7.
- [42] DRBAL, K., KRÍTEK, M.: *Analytická chemie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1999. ISBN 80-704-0352-7
- [43] DIXIT, Y., CASADO-GAVALDA, M.P., CAMA-MONCUNILL, R., CAMA-MONCUNILL, X., MARKIEWICZ-KESZYCKA, M., CULLEN, P.J., SULLIVAN, C. Developments and Challenges in Online NIR Spectroscopy for Meat Processing. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2017, 16(6), 1171-1187, [cit. 2018-04-21]. ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12295>
- [44] GIROLAMI, A., NAPOLITANO, F., FARAONE, D., BRAGHIERI, A. Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Science* [online]. 2013, 93(1), 111-118, [cit. 2018-04-22]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030917401200277X>
- [45] ŠULCOVÁ, P. Vyjadřování a hodnocení barev. *Studentská vědecká konference 2012*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2012. 1-4. ISBN 978-80-7368-966-7
- [46] TŘEŠŇÁK, K. Barvy a barevné prostory. *Svět tisku*, 1999b, č. 10, s. 90.
- [47] CIE komise. [online]. [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: [http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008\\_2009/pospisiлова\\_rousarova/cie.html](http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/pospisiлова_rousarova/cie.html)
- [48] KONICA MINOLTA. *Přesná komunikace o barvě*. Konika Minolta – firemní literatura, 2006, str. 57.
- [49] Obrázek *Schéma barevného prostoru CIE L\*C\*h°* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.boscarol.com/media/images/cms/cie4.gif>
- [50] FAUSTMAN, C. SUN, Q. MANCINI, R. SUMAN S.P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science* [online]. 2010, 86(1), 86-94, [cit. 2018-04-27]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174010001579>
- [51] SMITH, GC, TATUM, JD, MORGAN, JB. *Dark Cutting Beef: Physiology, Biochemistry and Occurrence*, Fort Collins: Colorado State University
- [52] SAYRE, RNE, BRISKEY, EJ, HOEKSTRA, WG. Alteration of Postmortem Changes in Porcine Muscle by Preslaughter Heat Treatment and Diet Modification. *Journal*

- of Food Science* [online]. 1963, 28, 292-297, [cit. 2018-04-15]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00200.x>
- [53] BOLES, J. A., PEGG, Ronald, *Meat Color*, University of Saskatchewan. [cit.2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.cfs.purdue.edu/FN/fn453/meat%20color.pdf>
- [54] ADZITEY, F., NURUL, H. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences-a mini review. *International Food Research Journal* [online]. 2010, 18, 11–20, [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/279582972\\_Pale\\_soft\\_exudative\\_PSE\\_and\\_dark\\_firm\\_dry\\_DFD\\_meats\\_Causes\\_and\\_measures\\_to\\_reduce\\_the\\_se incidences-A\\_mini\\_review](https://www.researchgate.net/publication/279582972_Pale_soft_exudative_PSE_and_dark_firm_dry_DFD_meats_Causes_and_measures_to_reduce_the_se incidences-A_mini_review)
- [55] MACDOUGALL, D. *Colour in food Improving quality*. Cambridge: Woodhead Pub, 2002. ISBN 9781855736672
- [56] LI, Xin, ZHANG, Yan, LI, Meng, LIU, Yongfeng, ZHANG, Dequan. The effect of temperature in the range of -0,8 to 4 °C on lamb meat color stability. *Meat Science* [online]. 2017, 134, 28-33, [cit. 2018-04-15]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030917401630420X>
- [57] Obrázek *Vakuové balení*. [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.modified-atmospherepackaging.com/modified-atmosphere-packaging-resources/vacuum-packaging>
- [58] Obrázek *Balení MAP*. [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://www.wakingtimes.com/2014/08/08/know-10-additives-commonly-found-meat/>
- [59] KROPF, D. Meat Display Lighting. *Pork Information Gateway*. [online]. 6.3.2006 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://porkgateway.org/resource/meat-display-lighting/>
- [60] RAINES, C.R., HUNT, M.C., SEYFERT, M., KROPF, D.H. *Meat Lighting Facts*. [online]. 2009 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://animalscience.psu.edu/extension/meat/pdf/LightGuideSept09.pdf>
- [61] Obrázek. *Škála teploty chromatičnosti*. [online]. [cit. 2018-04-28]. Color of light: Basics of Color Temperature. In: *Craftsy* (2014). Dostupné z: <https://www.craftsy.com/photography/article/basics-of-color-temperature/>
- [62] VÁCLAVÍČEK, R. Co je to index podání barev CRI: Color Rendering Index. *Fawoo-Tech* [online]. 2012. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.led-fawoo-tech.cz/co-je-cri/>

- [63] NANKE, K.E., SEBRANEK, J.G., OLSON, D.G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science* [online]. 1998, 63(6), 1001-1006, [cit. 2018-04-25]. ISSN 00221147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15842.x>
- [64] NANKE, K.E., SEBRANEK, J.G., OLSON, D.G. Color characteristics of irradiated aerobically packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science* [online]. 1999, 64(2), 272-278, [cit. 2018-04-25]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15881.x>
- [65] KIM, Y.H., NAM, K.C., AHN, D.U. Color, oxidation reduction potential and gas production of irradiated meat from different animal species. *Journal of Food Science* [online]. 2002, 67(5), 1692-1695, [cit. 2018-04-25]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08707.x>
- [66] AHN, D.U., NAM, K.C., DU, M., JO, C. Volatile production of irradiated normal, pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) pork with different packaging and storage. *Meat Sciences* [online]. 2001, 57(4), 419-426, [cit. 2018-04-26]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174000001200>
- [67] CAI, Z.Y., SUN, M., CORKE, H. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2005, 53, 7749-7759, [cit. 2018-04-15]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf051513y>
- [68] SEPE, HA., FAUSTMAN, C., LEE, S., TANG, J., SUMAN, SP., VENKITANARAYANANM, KS. Effects of reducing agents on premature browning in ground beef, *Food Chemistry*, 2005, 93, str. 571 – 576
- [69] SUMAN, S.P., NAIR, M. N., JOSEPH, P., HUNT, M.C. Factors influencing internal color of cooked meats. *Meat Science* [online]. 2016, 120, 133-144, [cit. 2018-04-15]. ISSN 03091740. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174016300997>
- [70] JOSEPH, P., SUMAN, S.P., LI, S., BEACH, C.M., CLAUS, J.R. Mass spectrometric characterization and thermostability of turkey myoglobin. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2010, 43(2), 273-278, [cit. 2018-04-15]. ISSN 00236438. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364380900214X>

- [71] UEKI, N., OCHIAI, Y. Primary structure and thermostability of bigeye tuna myoglobin in relation to those of other Scombridae fish. *Fisheries Science* [online]. 2004, 70(5), str. 875-884, [cit. 2018-04-15]. ISSN 0919-9268. Dostupné z: <http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1111%2Fj.1444-2906.2004.00882.x>
- [72] MARTINEZ-HURTADO, J.L., AKRAM, M.S., YETISEN, A.K. Iridescence in Meat Caused by Surface Gratings. *Foods* [online]. 2013, 2(4), 499-506, [cit. 2018-04-26]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2304-8158/2/4/499>
- [73] LAWRENCE, T. E., HUNT, M. C., KROPF D. H. A Surface roughening of precooked, cured beef round muscles reduces iridescence. *Journal of Muscle Foods* [online]. 2002, 13(1), 69–73, [cit. 2018-04-27]. ISSN 1046-0756. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4573.2002.tb00321.x>
- [74] WANG, H. *Causes and solutions if iridescence in precooked meat*. 1991. Disertační práce. Kansas State University, Manhattan.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

nm	Nanometr
cm	Centimetr
ATP	Adenosintrifosfát
FTO	Fast-twich-oxidative
STO	Slow-twich-oxidative
FTG	Fast-twich-glykolytic
kJ	Kilojoule
kcal	Kilokalorie
ČSB	Čisté svalové bílkoviny
Mb	Myoglobin
DFD	Dark, firm, dry
HAL	Halothane
PSS	Porcine stress syndrome
RS	Rendement Napole
PSE	Pale, soft, exudative
°C	Stupeň Celsia
NIR	Near infrared spectroscopy
CVS	Computer vision systém
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
DeoxyMb	Deoxymyoglobin
OxyMb	Oxymyoglobin
MMb	Metmyoglobin
NADH	Nikotinamidadenindinukleotid
NO-Mb	Nitrosomyoglobin
CholeMb	Cholemyoglobin



SulfMb	Sulfmyoglobin
UV	Ultraviolet (ultrafialové záření)
CFPS	Controlled freezing-point storage
MAP	Modified-atmosphere packaging
IR	Infrared (infračervené záření)
LED	Light-emitting diode
K	Kelvin
CRI	Color Rendition Index

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Struktura kosterního svalu [9] .....	13
Obrázek 2: Schématické obrázky globinu a hemu, umístěných v myoglobinu [17] ..	22
Obrázek 3: Rozdíl v barvě masa dle obsahu myoglobinu [22] .....	23
Obrázek 4: Odraz a absorpce světla rozdílných vlnových délek [39] .....	26
Obrázek 5: Munselův systém [29] .....	28
Obrázek 6: Munsellův systém v prostoru [37] .....	29
Obrázek 7: Barevný systém CIEXYZ [39] .....	29
Obrázek 8 Schéma systému CIE L*a*b* [47] .....	30
Obrázek 9: Schéma systému CIE L*C*h° [49] .....	31
Obrázek 10: Schéma redoxních forem myoglobinu [25] .....	34
Obrázek 11: Reakce kažení masa [8] .....	35
Obrázek 12: Dopad změny hodnoty pH na barvě hovězího masa [53] .....	37
Obrázek 13 : Vakuové a MAP balení [57,58] .....	39
Obrázek 14: Škála teploty chromatičnosti [61] .....	40
Obrázek 15: Vliv různého osvětlení na barvu masa [60] .....	41
Obrázek 16: Tepelná úprava [8] .....	43
Obrázek 17: Schéma mechanismu ovlivnění barvy po tepelném ošetření primární strukturou [69] .....	44
Obrázek 18: Iridescence u příčně krájeného masa [72] .....	45

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Složení vybraných druhů vepřového výsekového masa (g/100 g masa) [2] .....	16
Tabulka 2: CIE L*a*b* popis barvy masa pro hovězí, vepřové a kuřecí. [44] .....	31
Tabulka 3: Chemická závislost barvy masa na redoxním stavu myoglobinu [24] .....	32