

# **Vliv aplikace fosforečnanů a dalších látek na barvu masných výrobků**

Bc. Zuzana Hladíková

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Zuzana Hladíková**  
Osobní číslo: **T13427**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv aplikace fosforečnanů a dalších látek na barvu masných výrobků**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Fyzikální a chemické vlastnosti masa a masných výrobků.
2. Fosforečnaný a další přídavné látky v masných výrobcích.
3. Barva masných výrobků a její měření

### II. Praktická část

1. Laboratorní příprava vzorků se stanovenými přídavnými látkami.
2. Měření barvy vzorků.
3. Vyhodnocení a diskuze získaných výsledků.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] MANCINI, R.A.- HUNT, M.C. Current research in meat color. *Meat Science*, 2005, č. 71, s. 100-121.

[2] OMANA, D.A.- PLASTOW, G.- BETTI, M. Effect of different ingredients on color and oxidative characteristics of high pressure processed chicken breast meat with special emphasis on use of  $\beta$ -glucan as a partial salt replacer. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2011, č. 12, s. 244-254.

[3] BREWER, S. Irradiation effects on meat color. *Meat Science*, 2004, č. 68, s. 1-17.

[4] WEISS, J. et al. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*, 2010, č. 86, s. 196-213.

[5] SZERMAN, N. et al. Effect of the addition of conventional additives and whey proteins concentrates on technological parameters, physicochemical properties, microstructure and sensory attributes of sous vide cooked beef muscles. *Meat Science*, 2012, č. 90, s. 701-710.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Mária Plšková**

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**2. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce:

**22. dubna 2015**

Ve Zlíně dne 2. února 2015

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: ZUZANA HLADÍKOVÁ

Obor: TP

## 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, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 22.4.2015

Zuzana Hladíková

<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 nevdělečně 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 nahlédnutí 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 výtisky, 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 vzdělávacího 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 užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce pojednává o barvě masa a masných výrobků. Také se zabývá vlivem fosforečnanů a látek rostlinného původu na barvu masných výrobků. V praktické části jsou vyhodnoceny parametry charakterizující barvu, mezi které se řadí  $L^*$  světlost,  $E^*$  rozdíl barev,  $C^*$  měrná čistota a  $h^\circ$  měrný úhel. Měření barvy probíhalo pomocí metody spektrofotometrické. Pro experiment byly použity fosforečnany DSP a MSP v koncentracích od 0 do 0,45 hmot. % v přídavicích po 0,05 hmot. % a mouky kukuřičná, amarantová a rýžová přidávané v koncentracích od 0 do 2,00 hmot. % po kroku 0,25 hmot. %.

Klíčová slova:

fosforečnany, barva masa a masných výrobků, amarantová mouka, rýžová mouka, kukuřičná mouka, spektrofotometrie, měrná čistota, měrný úhel

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with meat and meat products color. Also it discusses the influence of phosphates and substances of plant origin on the color of meat products. In practical part there are analyzed parameters, which are characteristic for color as  $L^*$  lightness,  $E^*$  color difference,  $C^*$  specific purity and  $h^\circ$  specific angle. Color was measured by spectrophotometric method. In experiment were used phosphates DSP and MSP in concentrations from 0 to 0,45 % in encores of 0,05 % and corn, amarant and rice flour were added in concentrations from 0 to 2,00 % with the step of 0,25 %.

Keywords:

phosphates, meat and meat products colour, amaranth flour, rice flour, corn flour, spectrophotometry, specific purity, specific angle

Děkuji za cenné rady, pomoc a trpělivost své vedoucí Ing. Márii Plškové a také celému týmu v čele s Ing. Robertem Gálem, Ph.D., který se na zpracování experimentu podílel. Mé poděkování také patří rodině za podporu během celého studia.

*„Aby byl člověk šťastný, musí mu ke štěstí stále něco chybět.“*

(Claude A. Helvétius)

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

Ve Zlíně, 22. 4. 2015

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I</b> <b>TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b> <b>CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI MASA A MASNÝCH</b> <b>      VÝROBKŮ.....</b>	<b>12</b>
1.1    CHEMICKÉ SLOŽENÍ .....	12
1.1.1    Voda .....	13
1.1.2    Bílkoviny .....	14
1.1.3    Lipidy .....	16
1.1.4    Extraktivní látky .....	17
1.1.5    Vitaminy .....	17
1.1.6    Minerální látky .....	18
1.2    FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI.....	18
1.2.1    Texturní vlastnosti.....	18
1.2.2    Vaznost.....	19
1.2.3    Barva .....	19
1.2.4    pH.....	20
<b>2</b> <b>FOSFOREČNANY A DALŠÍ PŘÍDATNÉ LÁTKY V MASNÝCH</b> <b>      VÝROBCÍCH .....</b>	<b>21</b>
2.1    FOSFOREČNANY .....	21
2.2    LÁTKY ROSTLINNÉHO PŮVODU .....	23
<b>3</b> <b>BARVA MASA A MASNÝCH VÝROBKŮ A JEJÍ MĚŘENÍ.....</b>	<b>25</b>
3.1    BARVA MASA .....	26
3.2    BARVA MASNÝCH VÝROBKŮ .....	29
3.3    OVLIVNĚNÍ BARVY .....	32
3.4    MĚŘENÍ BARVY .....	36
3.4.1    Systém L*a*b* .....	37
<b>II</b> <b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>4</b> <b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>40</b>
<b>5</b> <b>METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>41</b>
5.1    MATERIÁL A METODY .....	41
5.2    PŘÍDATNÉ LÁTKY A LÁTKY ROSTLINNÉHO PŮVODU .....	42
5.3    MĚŘENÍ BARVY .....	42
5.4    STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....	43
<b>6</b> <b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>45</b>
6.1    VLIV PŘÍDAVKU LÁTEK ROSTLINNÉHO PŮVODU .....	45
6.1.1    Světlost L*.....	45
6.1.2    Rozdíl barev E* .....	46



6.1.3	Měrná čistota $C^*$ .....	47
6.1.4	Měrný úhel $h^\circ$ .....	48
6.2	VLIV PŘÍDAVKU FOSFOREČNANŮ .....	49
6.2.1	Světlost $L^*$ .....	49
6.2.2	Rozdíl barev $E^*$ .....	50
6.2.3	Měrná čistota $C^*$ .....	51
6.2.4	Měrný úhel $h^\circ$ .....	52
6.3	SROVNÁNÍ VLIVU DSP A LÁTEK ROSTLINNÉHO PŮVODU.....	53
6.3.1	Světlost $L^*$ .....	53
6.3.2	Rozdíl barev $E^*$ .....	54
6.3.3	Měrná čistota $C^*$ .....	55
6.3.4	Měrný úhel $h^\circ$ .....	56
6.4	SROVNÁNÍ VLIVU MSP A LÁTEK ROSTLINNÉHO PŮVODU .....	57
6.4.1	Světlost $L^*$ .....	57
6.4.2	Rozdíl barev $E^*$ .....	58
6.4.3	Měrná čistota $C^*$ .....	59
6.4.4	Měrný úhel $h^\circ$ .....	60
6.5	DISKUSE .....	61
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>66</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>67</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>74</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>75</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>		<b>76</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>77</b>

## ÚVOD

Na problematiku aplikace přídatných látek do potravin, konkrétně do masných výrobků, lze pohlížet z více stran. Tato práce se snaží přinést ucelený pohled na přidávání fosforečnanů do masných výrobků a také jejich náhrad v podobě mouk kukuřičné, rýžové a amarantové ve vztahu k barvě masných výrobků. Práce je součástí výzkumu, který dlouhodobě probíhá na Ústavu technologie potravin.

Barva masa a masných výrobků je v první řadě ukazatelem kvality a čerstvosti. Maso, které je na pohled sytě červené a šťavnaté zaujme kupujícího více než kus oschlý se známkami šednutí. Zákazníci si přejí kupovat maso a masné výrobky stále ve stejné kvalitě. Druhým jejich požadavkem je, aby všechny výrobky, které jsou jim nabízeny (minimálně od jednoho výrobce), měly stejné fyzikální a chemické vlastnosti. Na první pohled by tedy měly stejně vypadat. Proto je potřeba výrobu jistým způsobem standardizovat a tím masné výrobky unifikovat. K tomuto účelu slouží přídatné látky, které zajišťují vytvoření standardních vlastností, které zákazník požaduje a mezi něž patří i barva. Na druhou stranu existuje trend kupovat výrobky v tzv. bio kvalitě. Pod pojmem bio kvalita jsou myšleny produkty ekologického zemědělství, které byly vyprodukovány bez použití syntetických hnojiv, geneticky modifikovaných surovin nebo právě přídatných látek. Takovéto výrobky lze nakupovat na oblíbených farmářských trzích. V tomto případě ale kupující počítá s rozdílnou kvalitou jednotlivých kusů. Jako paradox potom působí fakt, že při takovémto typu prodeje, kdy je zákazníkovi předsouván farmářský původ výrobku nebo jeho domácí výroba nevádí nestandardní vzhled, ale pokud by se takovéto nuance ve vzhledu objevily u masných výrobků v supermarketu, s největší pravděpodobností by se prodaly mezi posledními. Možným řešením, které jistě zaujme obě skupiny konzumentů, je nahrazování fosforečnanů v masných výrobcích použitím přírodních surovin.

V této diplomové práci je pozornost zaměřena konkrétně na látky rostlinného původu, a to mouky kukuřičnou, rýžovou a amarantovou. Výhodou využití těchto látek je i to, že jsou přirozeně bez obsahu lepkotvorných bílkovin, a proto by tyto masné výrobky mohly být vhodné pro osoby s bezlepkovou dietou, které trpí onemocněním celiakie. Cílem práce je zjistit, jak se změní barva masných výrobků při nahrazení fosforečnanů v surovinové skladbě jinými látkami. Ke stanovení barvy je v této práci využita metoda spektrofotometrie, která poskytuje přesné hodnoty a pro měření barvy je vhodná i vzhledem k tomu, že ji pro svá měření používá většina autorů výzkumů posledních let.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI MASA A MASNÝCH VÝROBKŮ

Vyhláška č. 264/2003 Sb. pro maso, masné výrobky, ryby a ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich definuje maso jako všechny části zvířat, které jsou vhodné k lidské spotřebě. Dále je masem pro výrobu masných výrobků kosterní svalovina jednotlivých živočišných druhů savců a ptáků určených k výživě lidí, která nebyla prohlášena za nevhodnou k lidské spotřebě podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství [1]. Maso můžeme také charakterizovat jako všechny části těl živočichů, které jsou v čerstvém nebo upraveném stavu a jsou vhodné k lidské spotřebě [2]. Z vyhlášky 264/2003 Sb. vychází i definice masných výrobků, kdy masný výrobek je technologicky opracovaný výrobek obsahující jako převažující základní surovinu maso [1].

## 1.1 Chemické složení

Chemické složení je velmi variabilní parametr. Závisí na druhu zvířete, stádiu fyziologického vývoje v době porážky, úrovni výživy, genetických predispozicích a na anatomickém umístění svaloviny na kostře. Nejvíce proměnlivý je obsah tuku, svaloviny a kostí během vývoje od mládí do dospělosti. V mládí tvoří 67 % svalovina, 25 % kosti a 8 % tuk. V dospělosti svaly zaujímají 55 %, tuk 28 % a kosti 15% zvířecího těla [3, 4].

Libová svalovina je složena z vody, bílkovin, lipidů, minerálních látek, vitaminů a extraktivních látek. Dalšími složkami jsou nebílkovinné dusíkaté látky (nukleotidy, peptidy, kreatin, kreatinfosfát, močovina, inosin monofosfát,  $\text{NAD}^+$ ) a bezdusíkaté látky (vitaminy, organické kyseliny, produkty glykolýzy). Obsah sacharidů je velmi nízký a zahrnuje se pod bezdusíkaté extraktivní látky. Obsah vody, bílkovin a tuku je proměnlivý v závislosti na druhu zvířete, jeho anatomii a u masných výrobků také závisí na přídavku látek jako sůl, alkalické fosfáty, cukr, koření nebo ochucovadla. Procento vody, bílkovin a popelovin je nepřímo úměrné obsahu tuku. Konkrétně se s rostoucím obsahem tuku jejich obsah snižuje. Množství sacharidů zůstává relativně stabilní [3, 4].

Tabulka 1: Složení svaloviny čerstvého a opracovaného masa (upraveno dle [5])

	Maso	Voda %	Bílkoviny %	Tuk %	Popeloviny %	Kalorie/100g
S Y R O V É	Hovězí libové	75,0	22,3	1,8	1,2	116
	Hovězí neopracované	54,7	16,5	28,0	0,8	323
	Vepřové libové	65,1	22,8	1,2	1,0	112
	Vepřové neopracované	41,1	11,2	47,0	0,6	472
	Kuřecí	75,0	22,8	0,9	1,2	105
	Telecí	76,4	21,3	0,8	1,2	98
Z P R A C O V A N É	Hovězí smažené	58,4	30,4	9,2		213
	Vepřové smažené	59,0	27,0	13,0		233
	Jehněčí smažené	60,9	28,5	9,5		207
	Telecí smažené	61,7	31,4	5,6		186

### 1.1.1 Voda

Voda je nejvíce zastoupenou složkou v masu. Její množství úzce souvisí s obsahem tuku v živočišném těle. Z pohledu nutričního nemá v masu žádný význam. Důležitá ovšem je pro sensorickou a technologickou jakost. Nejvýznamnější vlastností masa při zpracování, která ovlivní kvalitu výrobku a ekonomickou efektivnost produkce je schopnost masa vázat vodu. Za vaznost jsou odpovědné myofibrilární bílkoviny. Voda je ve svalovině navázána různě pevně. Nejpevněji je navázána hydratační voda, jejíž vazba je uskutečněna přes polární skupiny bílkovin na bázi elektrostatických sil. Váže se na disociované skupiny postranních bílkovinných řetězců, na karboxylové skupiny a na aminoskupiny v peptidové vazbě. Pokud je vázána v monomolekulární vrstvě na hydrofilní skupiny bílkovin, označuje se jako pravá hydratační voda. Rozlišuje se také hydratační voda vázaná multimolekulárně. Dále se voda nachází imobilizována v a mezi filamenty. Také se rozlišuje voda uzavřená v sarkoplazmatickém prostoru a voda extracelulární, vázaná kapilárně. Lze říci, že zhruba 70 % je obsaženo v myofibrilách, 20 % v sarkoplazmě a 10 % v mimobuněčném prostoru. Jednotlivé podíly mezi sebou ale volně přecházejí na principu difuze. Podle technologického hlediska se voda jednoduše rozděluje na vázanou a volnou podle toho, zda

volně vytéká, či nikoliv. Voda ve svalovině se dá charakterizovat jako roztok bílkovin, sacharidů, solí a jiných rozpuštěných látek. Také se označuje jako masná šťáva. Je důležitým prostředím pro průběh enzymatických reakcí ve svalovině živých zvířat, a také post mortem pro průběh biochemických procesů. Stanovuje se sušením s pískem při teplotě 100–105 °C do konstantní hmotnosti nebo do konstantního úbytku hmotnosti vzorku [2, 5].

### 1.1.2 Bílkoviny

Bílkoviny patří mezi nejvýznamnější složky, které jsou ve svalovině obsaženy. Tvoří 16–22 % svaloviny. Obsahují více jak 20 různých aminokyselin a všechny esenciální aminokyseliny, proto se považují za plnohodnotné. Bílkoviny se obecně rozdělují podle jejich funkce a rozpustnosti ve vodě a solných roztocích na myofibrilární, které jsou kontraktilní, sarkoplazmatické, mající metabolickou funkci a stromatické, patřící mezi podpůrné bílkoviny. Jejich rozdílná rozpustnost se zohledňuje při tvorbě struktury masných výrobků v masné výrobě [3, 4].

Myofibrilární bílkoviny jsou rozpustné v roztocích solí a nerozpustné ve vodě. Vytváří útvary zvané myofibrily. Určují vlastnosti masa a průběh posmrtných změn. V mase vážou největší podíl vody. Ve své struktuře obsahují více než 20 různých aminokyselin. Podle funkce se mohou rozdělovat na kontraktilní (aktin, myosin), regulační (troponin, tropomyosin) a podpůrné (titin, nebulin). Myosin tvoří 43 % myofibrilárních bílkovin a vyskytuje se hlavně v tlustých filamentech. Jeho molekula má typický tvar, kdy se na jednom konci rozšiřuje do tzv. hlavy myosinu, která je krkem spojena s tělem myosinu. Při proteolýze se v oblasti krku rozděluje na lehký a těžký meromyosin. Aktin je obsažen z 22 %. G-aktin je bílkovina globulární dlouhá 5,5 nm. F-aktin je fibrózní a společně s G-aktinem vytvářejí stočený superhelix aktinového filamenta. Spojením aktinu a myosinu vzniká komplex aktomyosin. Děje se tak při svalové kontrakci nebo během rigoru mortis. Je to důležité pro vlastnosti jako vaznost vody, tvorba gelu a mechanická stabilita emulze. Filamenta se zasouvají do sebe a propojují pomocí vápenatých můstků, iontových nebo disulfidových vazeb. Titin tvoří 8 % myofibrilárních bílkovin a vyskytuje se od M linií k Z diskům. Tropomyosinu svalovina obsahuje 5 %. Nachází se kolem aktinového vlákna, které spirálovitě obtáčí. Jeho funkcí je vazba s  $\text{Ca}^{2+}$ , což působí jako spouštěcí faktor kontrakce a relaxace svalu. Nebulin tvoří 3 % a podílí se na tvorbě skeletu pro organizaci

filament při jejich vývoji a činnosti. Další myofibrilární bílkoviny, které se vyskytují v menší míře, jsou troponin, C-protein, M-protein nebo desmin [2, 4, 6].

Sarkoplazmatické bílkoviny jsou rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích. Nachází se v sarkoplazmě nebo v tekutině okolo myofibril. Sarkoplazmatické bílkoviny jsou efektivnější emulgátory v masných výrobcích než stromatické bílkoviny, ale zase ne tak efektivní jako myofibrilární proteiny. Vytváří strukturu cytochromů, flavinových nukleotidů, mitochondriálních oxidačních enzymů nebo nukleoproteinů. Mezi zástupce se řadí albuminy myogen a myoalbumin, globulin a myoglobin [4]. Nejvýznamnější jsou hemová barviva, která jsou zodpovědná za červené zbarvení svaloviny a krve. Ve své struktuře obsahují bílkovinnou část globin a barevnou skupinu hem. Centrální atom je iont železa. Myoglobin je tvořen peptidovým řetězcem s navázanou hemovou skupinou. Jeho význam spočívá v tom, že funguje jako zásobárna kyslíku pro sval. Hemoglobin se běžně ve svalu nevyskytuje. Pokud ovšem zvíře nebylo po porážce dostatečně vykřveno, může se ve svalu vyskytovat v množství 10–50 % obsahu všech hemových barviv ve svalovině. Platí, že podíl hemoglobinu je vysoký, pokud je málo myoglobinu [3].

Stromatické bílkoviny jsou zcela nerozpustné, ale patří mezi ně i rozpustné glykoproteiny (proteoglykany), které obsahují vlákna kolagenu a elastinu v glykoproteinové matrix [4]. Jsou to skleroproteiny protáhlého, vláknitého tvaru [2]. Považují se za neplnohodnotné bílkoviny, protože ve své struktuře neobsahují esenciální aminokyselinu tryptofan. Vyskytují se v pojivových tkáních, jako je chrupavka, vazivo, šlachy, kůže, kosti. Ve svalovině vytváří membrány. Mezi stromatické bílkoviny se typicky řadí kolagen, elastin, retikulin, keratin, muciny a mukoidy [3,6]. Kolagen je nejrozšířenější protein živočišného těla. Je to tripl-helix peptidových řetězců. Tkáň je velmi pevná a obsahuje málo buněk [7]. Je čistě bílý a lehce průtažný. Od ostatních bílkovin se liší aminokyselinovou skladbou [3]. Obsahuje 33 % glycinu, 11 % alaninu, 10 % prolinu, 14 % hydroxyprolinu. Je stravitelný pomocí enzymu pepsinu a kolagenázy [4]. Při teplotě vyšší než 60 °C, což je tzv. teplota smrštění, se jeho délka zkracuje až na 1/3 původní délky. Dochází k rozpojování helixů na amorfní formu a proces se nazývá želatinizace. Při záhřevu ve vodě bobtná a po rozrušení příčných vazeb se rozpouští na želatinu neboli glutin [3,6]. Při ochlazení dochází k částečné renaturaci [4]. V masném průmyslu se využívá na výrobu želatiny a ze střev, která ho obsahují velké množství, se vyrábí přírodní obaly na klobásy [7]. Elastin je tvořen žlutými vlákny bez struktury. Je velmi pružný

a odolný. Nerozpouští se ve studené ani teplé vodě, v roztocích solí a ani nepodléhá změnám při vystavení varu. Nachází se ve vazech, arteriální stěně a v dalších podpůrných tkáních [3,4]. Keratin se nachází v pokožce a kožních produktech. Po chemické stránce je odolný a neštěpí se účinkem proteáz. Jeho odolnost je dána přítomností disulfidových příčných vazeb mezi peptidovými řetězci [3,6].

### 1.1.3 Lipidy

Všechny lipidy obsažené v těle zvířat jsou složeny z triacylglycerolů. Neutrální lipid triacylglycerol je glycerol, který má na svém řetězci navázány tři mastné kyseliny. Nejčastěji se u zvířat vyskytuje kyselina olejová, palmitová a stearová [7]. Mezi lipidy se řadí také fosfolipidy a další doprovodné látky. Malá část tuku je uložena v těle přímo ve svalovině jako intramuskulární tuk. Jeho intracelulární podíl, který se rozkládá mezi svalovými vlákny, tvoří tzv. mramorování masa. Tuk je nositelem aroma a chuti. Chuť ovlivňuje hydrolýzou a oxidací masných kyselin, které ve vyšších koncentracích mají negativní vliv na sensorickou přijatelnost. Vysoký podíl tuku je hodnocen negativně vzhledem k jeho vysokému energetickému obsahu a převaze mononasyčených masných kyselin. Z nenasycených je zde vysoký obsah kyseliny olejové. Ze skupiny nutričně významných polynenasycených masných kyselin, kam řadíme kyseliny linolovou, linolenou a arachidonovou, je obsaženo málo [2,3]. Množství PUFA je vyšší v mase zvířat, která byla krmena speciálním krmivem nebo chována volně na pastvě. Celkový obsah tuku je vlivem vhodného způsobu chovu, změnami v krmění a také díky pečlivému odstraňování tuku z poražených zvířat nižší, než tomu bylo v předchozích letech [8]. Fosfolipidy jsou obsaženy v buněčných membránách. Nejvíce se vyskytuje fosfatidyletanolamin 33 %, fosfatidylserin 6 %, fosfatidylcholin 58 % a sfingomyelin 3 %. Jsou náchylnější k oxidaci než triacylglyceroly a jsou příčinou vzniku vařivé příchuti [7]. Mezi doprovodné látky patří steroly, steroidní estery, barviva, lipofilní vitaminy A, D, E, K a cerebrosidy. Typickým steroidem je cholesterol, který je prekurzorem pro vznik vitamínu D. Barviva rozpustná v tucích jsou karoteny a xantofyly a jejich množství závisí na složení krmiva hospodářských zvířat [2,3]. Lipidy slouží jako zdroj energie pro buňky, strukturní a funkční součást buněčných stěn, tepelný izolátor vnitřních orgánů, rozpouštědlo pro hormony a vitaminy. Tuk získávaný v masném průmyslu se využívá při výrobě margarínů, mýdel a krmiv [7].



### 1.1.4 Extraktivní látky

Jsou to látky extrahovatelné vodou o teplotě 80 °C, jejichž obsah v masě je poměrně nízký [6]. Jsou součástí enzymů nebo se vyskytují jako produkty metabolismu. Významně se podílí na tvorbě chuti a aroma masa. Vznikají zejména během posmrtných změn a proto pro dostatečný vznik plného aroma a chuti, je třeba maso nechat dostatečně dlouho zrát. Dělí se na sacharidy, organické fosfáty a dusíkaté extraktivní látky. Zastoupení sacharidů v živočišných tkáních je malé a nejvíce se vyskytuje glykogen a jeho produkty odbourávání [3]. Glykogen je větvený polysacharid složený z jednotek D-glukosy spojených  $\alpha - 1,6$  a  $\alpha - 1,4$  glykosidovou vazbou. Nachází se hlavně v játrech, ale je obsažen i ve svalové tkáni žijících zvířat. Množství glykogenu ve svalovině v době porážky ovlivní barvu svaloviny, texturu, tuhost, vaznost vody, schopnost emulgace a trvanlivost masa [4]. Ve svalu má funkci zásobárny energie. Při svalové práci se glykogen anaerobně rozkládá na kyselinu mléčnou nebo aerobně v Krebsově cyklu vzniká až konečný oxid uhličitý a voda. Pro maximální množství glykogenu ve svalovině je důležité, aby zvíře bylo před porážkou v dobré kondici, nehladovělo a bylo odpočaté. Kromě glykogenu je v masě obsažen v malé míře také cukr ribosa, který vzniká štěpením nukleových kyselin a nukleotidů. Mezi organické fosfáty se řadí nukleové kyseliny a nukleotidy. ATP, neboli adenosintrifosfát funguje jako zdroj energie. Postupně při posmrtných změnách dochází k jeho přeměně na adenosindifosfát, adenosinmonofosfát, inosinfosfát, inosin, hypoxanthin, xanthin a kyselinu močovou. Z dusíkatých extraktivních látek jsou obsaženy zejména aminokyseliny a některé peptidy. Nejvíce zastoupené volné aminokyseliny jsou glutamin, kyselina glutamová, glycin, lysin a alanin. Z peptidů jsou to karnosin, anserin a glutathion. Glutathion je významným redukčním činidlem, které má vliv na vybarvování masných výrobků. Dekarboxylací aminokyselin může docházet ke vzniku biogenních aminů, mezi které patří např. histamin vznikající z histidinu, tyramin z tyrosinu a tryptamin tryptofanu [3].

### 1.1.5 Vitaminy

Obecně jsou lepším zdrojem vitaminů játra, než svalovina [2]. Lipofilní vitaminy A, D, E, K jsou obsaženy jen v tukové tkáni a játrech. Rozdíl v obsahu vitaminů je mezi různými druhy zvířat a zejména mezi přežvýkavci a monogastrickými zvířaty [3]. Maso a masné výrobky jsou výborným zdrojem vitaminů skupiny B, zejména B<sub>12</sub>. Většina vitaminů v masě

je stálá během tepelné úpravy, ale dochází k jejich vylouhování do vývaru nebo ztrátám odkapem [5]. Vitamin B<sub>12</sub> je důležitý zejména proto, že je obsažen pouze v potravinách živočišného původu [8].

### 1.1.6 Minerální látky

Tvoří kolem 1 % hmotnosti masa. Jsou to všechny látky, které zůstávají v popelu po spálení. Jsou rozpustné ve vodě a ve svalovině bývají přítomny ve formě iontů. Anionty hydrogenuhličitanů a fosforečnanů tvoří pufovací systém svaloviny. Ve významném množství je v mase draslík, vápník, hořčík a železo. Hovězí maso je důležitým zdrojem zinku, rybí je zdrojem jódu [3]. Hořčík je významný tím, že ovlivňuje aktivitu enzymu ATPasy. Vápník se účastní svalové kontrakce, srážení krve a tvoří strukturální složku kostí. Obsah draslíku přímo koreluje s obsahem svalových bílkovin [3,6]. Maso je také podstatným zdrojem selenu. Obsah v mase závisí na jeho obsahu v půdě a v krmivu hospodářských zvířat [8]. Železo je důležitý prvek pro barvu masa a masných výrobků. Je obsaženo v hemových barvivech. Vyskytuje se ve volné iontové formě nebo jako ferritin [3,6]. Lidský organismus dokáže mnohem lépe využívat, tzn. resorbovat a metabolizovat železo pocházející z masa, než ze zeleniny a obilovin [5].

## 1.2 Fyzikální vlastnosti

Mezi fyzikální vlastnosti řadíme jakostní znaky masa, které lze změřit a hodnotit pomocí fyzikálních metod. Odvozují se od chemického složení masa a ovlivňují smyslové, technologické a nutriční vlastnosti masa. Fyzikální vlastnosti vychází z fyzikální struktury masa, která je podmíněna chemických složením. Mezi významné fyzikální vlastnosti se řadí textura, vaznost, barva a pH [2]. Díky klesající spotřebě masa a masných výrobků se vytvořily objektivní měřicí techniky, které v celém výrobním řetězci zajišťují kvalitu, sledovatelnost, homogenitu výroby a bezpečnost. Díky neustálému vylepšování technologií vzniká možnost nabízet konzumentům zdravější a kvalitnější masné výrobky [9].

### 1.2.1 Texturní vlastnosti

Podle ČSN ISO 11036 jsou to mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku, vnímatelné prostřednictvím mechanických, dotykových, případně zrakových a sluchových receptorů [10]. Mají význam pro senzorické hodnocení a technologické zpracování

masných výrobků. Řadí se sem vlastnosti tvrdost, měkkost, křehkost a tuhost. Nejčastěji se hodnotí odpor čili pevnost masa ve stříhu Warner – Bratzlerovým přístrojem nebo v tlaku penetrometry [2]. Také se používá měření pevnosti v tahu, komprese, zkouška skusem. WB test se častěji používá na vařeném mase a test komprese na syrovém [9].

### 1.2.2 Vaznost

Vaznost masa a masných výrobků je definována jako schopnost vázat vlastní nebo přidanou vodu v průběhu technologických operací při působení síly (teplo, tlak). Nejvíce vody je navázáno v intermolekulárním prostoru mezi aktinem a myosinem [4]. Je ovlivněna řadou faktorů, mezi které patří např. pH, obsah solí, obsah iontů, stupeň dezintegrace svalových vláken nebo průběh posmrtných změn v mase [6]. Klasická metoda zjišťování vaznosti je lisovací metoda podle Grau – Hamma. Dále se používá kapilární volumetr, pro zjištění objemu uvolněné masné šťávy. Nejpoužívanější je hodnocení ztrát samovolným odkapáváním podle metody Dripverlust. Jiné metody se zaměřují na schopnost masa nebo díla udržet vodu při tepelném opracování [2]. Když se snižuje pH masa, snižuje se také vaznost vody. Při zpracování masa je podstatné, aby vaznost byla co nejvyšší. Bylo zjištěno, že největší vaznost vody má hovězí maso před vepřovým a drůbežím. Svalovina, která byla rozmělněna, dokáže pojmout více vody, než neporušená a to až 800 g na 100 g bílkovin [5].

### 1.2.3 Barva

Barva je spolu s prostorovými vlastnostmi jedním z parametrů, které určují vzhled potravin. Barva souvisí s optickou mohutností spektrálních parametrů stimulu, který zachycuje pozorovatel. Poskytuje informace o stavu masa, zda je syrové či tepelně opracované, o použité technologii, skladovacích podmínkách, trvanlivosti a vadách masa [11]. Primárním pigmentem, který určuje barvu masa, je myoglobin [4]. Barva se tradičně u masa měří pomocí fotometrických nebo spektrofotometrických metod. Používají se měřicí přístroje externí – povrchový spektrofotometr nebo kolorimetr a interní – optické sondy [9]. Často se pro měření barvy používá fotometr Spekolor s remisním nástavcem. Remise vyjadřuje podíl odraženého světla dopadajícího na povrch vzorku masa. Čím je větší odraz, tím je maso světlejší. Čím více se světlo pohlcuje, tím je maso tmavší. Také se uplatňuje systém CIELAB, kde ukazatel  $L^*$  je shodný s hodnotou remise [2]. Optické jevy,

které mohou nastat při měření barvy, jsou odraz (reflexe) světla z povrchu, refrakce do masa, transmise skrz maso a difuze. Barvu je možné použít k definování i jiných parametrů, než jen vzhledových kvalitativních. Může být použita jako ukazatel obsahu pigmentů, indikátor stupně zpracování, zrání a zralosti, pro třídění do skupin jakosti, také pro posouzení obsahu vlhkosti a pro identifikaci možných nečistot a příměsí [12]. V České republice se měření barvy a jeho vyhodnocování řídí podle platné normy ČSN 011718. Definuje měření barvy, veličiny a vlastnosti, kterými se naměřené hodnoty vyhodnocují a také soustavu CIE a jiné číselné soustavy [13].

#### 1.2.4 pH

Fyzikálně chemická veličina vyjadřující koncentrace vodíkových iontů neboli míru kyselosti nebo zásaditosti prostředí [2]. Je to záporný dekadický logaritmus koncentrace oxoniových kationtů  $H_3O^+$ . Nabývá hodnot od 0 do 14. Neutrální pH rovno 7 má voda. Kyselá reagující látky mají pH menší než 7 a zásady větší 7. V praxi se měří pomocí vpichového pH metru. pH masa ovlivňuje jeho barvu, vaznost vody, vůni, tuhost a trvanlivost. pH naměřené po rigoru mortis je tzv. konečné pH a má hodnotu 5,3–5,8. U různých druhů masa je dosaženo po jiné době od porážky [4].

## 2 FOSFOREČNANY A DALŠÍ PŘÍDATNÉ LÁTKY V MASNÝCH VÝROBCÍCH

V Evropské unii platí tři směrnice, které vymezují seznam povolených přídatných látek, potraviny, do kterých mohou být přídatné látky přidávány, a jejich nejvyšší přípustný obsah. Přídatné látky, mezi které patří i fosforečnany, schválené pro použití v potravinách se značí číslem a písmenem E (E pro Evropu) [14]. Pro přídatné látky se stanovuje jejich nejvyšší povolené množství v potravine, pokud tak není stanoveno, používá se jejich nezbytně nutné množství tzv. quantum satis [15]. Mezi hlavní výhody používání přídatných látek patří zvyšování bezpečnosti a nutriční hodnoty potravin. Např. přídavek antimikrobiálních látek pro prevenci pomnožení bakterií a kvasinek nebo antioxidantů, které jsou prevencí vzniku potenciálně toxických látek. Zvýšením nutriční hodnoty je myšlený přídavek vitaminů. Dalším benefitem je větší výběr potravin. Používání aditiv dovolu je produkovat potraviny mimo jejich sezónu a vytvář et nové potraviny. Také snižují cenu výrobků. Přídatné látky mohou nést i určitá negativa. Jejich konzumace může přinášet krátkodobá i dlouhodobá rizika. U některých látek nejsou přesně stanovena bezpečná množství pro každodenní konzumaci. Dalším problémem je jejich možná toxicita. Podle studií na zvířatech můžou také způsobovat rakovinu nebo problémy reprodukce. Tyto studie ale nebyly potvrzeny na lidech a látky, které by mohly tyto účinky potencionálně mít, byly v EU zakázány [16].

### 2.1 Fosforečnany

Fosforečnany jsou soli fosforečné kyseliny. Obsahují kationt kovu a fosforečnanový aniont. Fosforečnany zajišťují rozvázání vazby mezi aktinem a myosinem v aktomyosinovém komplexu. Pokud se do masného výrobku přidá najednou sůl a fosforečnan, stanou se proteiny rozpustnými a mohou navázat velké množství vody stejně tak jako emulgovat velké množství tuku. Mají bakteriostatický účinek. Vyskytují se ve třech základních formách. Cyklické, lineární nebo jejich kombinace. Některé státy povolují v potravinářství používání pouze lineární fosforečnanů [17]. Podle počtu atomů fosforu v molekule se fosforečnany rozdělují na: monofosforečnany s 1 atomem  $(\text{PO}_4)^{3-}$ , difosforečnany se dvěma  $(\text{P}_2\text{O}_7)^{4-}$ , tripolyfosforečnany se třemi atomy fosforu  $(\text{P}_3\text{O}_{10})^{5-}$  a pokud obsahují více jak tři, nazývají se polyfosforečnany  $(\text{P}_n\text{O}_{3n+1})^{(n+2)-}$  [18]. Fosforečnany se v potravinářství používají jako puřry, sekvestranty, okyselující látky, báze, ochucovadla, kryoprotektanty,

látky podporující tvorbu gelu, látky tvořící disperze, živiny, srážedla a protispékavé látky. V masném průmyslu se nejčastěji používá STPP neboli trifosforečnan sodný. Používá se v kombinaci s hexametrafosforečnanem sodným SHMP, difosforečnanem sodným TSPP a/nebo pyrofosforečnanem sodným SAPP. Nejvíce se využívají při výrobě šunky, slaniny, párků, mělněných výrobků, marinovaných nebo obalovaných kousků masa prodávaných jako polotovary nebo hotová jídla. Fosforečnany sodné a draselné vykazují polyelektrolytické chování, což znamená, že jsou schopné vázat vodu a bílkoviny. Pyrofosfáty jsou schopné napodobovat funkci ATP v živém svalu a rozdělovat aktin od myosinu. Fosforečnan sodný a NaCl fungují synergicky, proto se používají v kombinaci a snižuje se tak spotřeba NaCl z 3–3,5 % na 1,4–1,88 % při zachování vaznosti proteinů [19]. Použití fosforečnanů má také příznivé účinky na zadržování vlhkosti, vaznost vody, ochranu barvy, zpomalení oxidace, prodloužení údržnosti a stabilizaci struktury výrobku. Evropská legislativa povoluje používání fosforečnanů v masných výrobcích, mletém mase a masných polotovarech v množství do 5 g/kg vyjádřené jako P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> [18].

Pro všechny masné výrobky jsou nyní povoleny fosforečnany E 338–341 a E 450–452 (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> soli ortho-, di- a tri- fosforečné kyseliny). Účinek fosforečnanů závisí na pH, vazbě kladných iontů a na délce bílkovinného řetězce. Spolu s NaCl se podílejí na obnovení hydratační kapacity. Absorpcí soli do masa dojde ke zpevnění elektrostatických interakcí, tím dojde k zániku příčných vazeb a zeslabení soudržnosti jednotlivých svalových vláken. Fosforečnany zajistí rozvázání vazby aktinu a myosinu a výsledkem je nabobtnání myofibril. Aktin se tedy mění na nabobtnanou strukturu, myosin vytvoří trojrozměrné síť s navázanou vodou. Fosforečnany mohou také sloužit k úpravě povrchů masných výrobků a jako náhražka za citrát E 331 až E 333, který slouží k ochraně před krevními sraženinami. Dále fosforečnany mohou ovlivnit tepelně neopracované masné výrobky ve vztahu k jejich stabilizaci a sklonům k oxidaci. Kromě toho mají fosforečnany bakteriostatický účinek, ale při běžném dávkování pro masné výrobky je zanedbatelný [20].

Fosforečnany a polyfosforečnany se primárně používají ke zvýšení vaznosti vody. Alkalické fosforečnany zvyšují pH masa a pomáhají rozpouštět svalové bílkoviny. Pomáhají zlepšovat vůni, tím že zadržují přírodní šťávy a snižují oxidační žluknutí a vařivou vůni v tepelně upraveném mase. Zlepšují také barvu. Nejrozšířenější je kombinace tripolyfosforečnanů s hexametrafosforečnanem. Kyselé fosforečnany se moc nevyužívají při výrobě uzenin (páreků, klobás), protože rapidní snížení pH může způsobit

rozložení emulze [4]. Podle závěrů studie, která se zabývala přidavkem difosfátu do modelového masného výrobku, tvorba NOMb (nitrosomyoglobinu) nijak ovlivněna není. Barva je pouze o něco méně červená, než u kontrolního vzorku bez difosfátu. Přídavek difosfátu podpoří barvu, která vzniká tepelným opracováním. Použití fosforečnanů v marinovaných vařených drůbežích stehnech nijak významně barvu neovlivnilo, jen žlutost se mírně snížila. Většina fosforečnanů ovlivňuje barvu, hlavně parametr světlost  $L^*$ , prostřednictvím jejich vlivu na vaznost vody [21]. Podle studie Cupisti et al., která se zabývala porovnáváním vařené šunky s a bez konzervantů s obsahem fosforu se ukázalo, že šunka obsahující fosfor má výrazně nižší sušinu a obsah tuku a proteinů. Fosfor je poměrně hojně se vyskytující prvek v přírodě a je důležitou součástí proteinů v potravinách. V živých organismech se účastní metabolismu prostřednictvím enzymů [22].

## 2.2 Látky rostlinného původu

Přidávání surovin rostlinného původu do masných výrobků je v dnešní době poměrně rozšířenou praxí. Je to výhodné jednak z pohledu ekonomického, protože rostlinné potraviny snižují cenu výrobku, a také mají přínos v podobě vysoké výživové hodnoty. Rostlinné bílkoviny mají schopnost vázat tuk a tvořit emulzi, čímž se zvyšuje odolnost masných systémů [20].

Kukuřičná mouka se získává z kukuřice pomocí procesů drcení a třídění zrn [23]. Kukuřice (*Zea Mais L.*) je typická velkým klíčkem, obsahuje vysoké množství tuku a škrobu [24]. Původně se pěstovala v Jižní a Střední Americe. Patří do čeledi Lipnicovitých (*Poaceae*). Je to jednoděložná jednoletá tráva. Běžně pěstovaným druhem je kukuřice setá tvrdozrná (*Zea mays covar. indurata maize*) nebo kukuřice cukrová (*Zea mays covar. saccharata*). Před mletím kukuřice je vhodné odstranit klíček, jehož přítomnost by snižovala trvanlivost kukuřičné mouky. Mouka vzniká především z měkčí části endospermu, která obsahuje více škrobu a snadněji se během mletí rozdrťí až na mouku. Neobsahuje lepek [23].

Rýžová mouka je produktem mletí rýže. Rýže (*Oryza Sativa L.*) je jedna z nejvíce pěstovaných obilovin, hlavně v subtropických a tropických oblastech [24]. Je to jednoletá vodomilná rostlina, jejíž zrna jsou pluchatá, tzn. na povrchu má pluchy a plušky. Rýžová mouka se získává mletím úlomků zrn, které vznikají při mlýnském zpracování rýže [23]. Přídavkem rýžových otrub do mražených klobás bylo dosaženo produktu, který měl červenější barvu, než produkt bez přídavku otrub. Neobsahuje lepek [21]. Ve studii Hae

et al. byl sledován vliv rýžové mouky na fyzikálně chemické vlastnosti karbanátků z hovězího masa. Barva byla měřena pomocí spektrofotometru CM 3500d a sledované parametry byly světlost  $L^*$ , červenost  $a^*$  a žlutost  $b^*$ . Z výsledků vyplynulo, že rozdíly mezi vzorky jsou pod hladinou významnosti. Proto bylo vyhodnoceno, že přidavek rýžové mouky významně neovlivňuje barevné parametry hovězího masa [25]. Ve studii Gae et al. byl sledován vliv přídatku rýžové mouky na barvu vepřových karbanátků. Obecně lze říci, že 3% přidavek mouky znamenal mírné změny v parametrech  $L^*$  a  $b^*$ , ale neměl žádný vliv na parametr  $a^*$  [26].

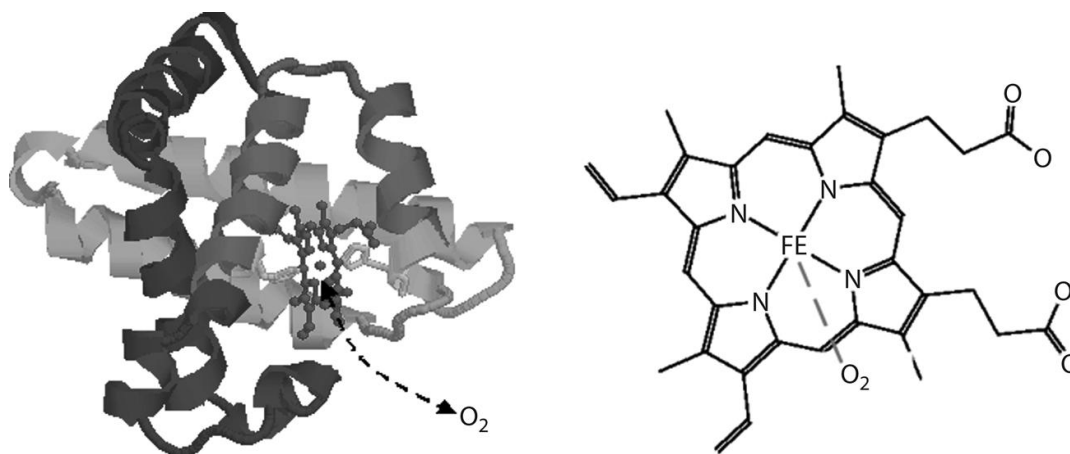
Amarant (*Amaranthus*) je pseudocereálie z rodu *Amaranthaceae*. V češtině je nazývaný také jako laskavec. Na výrobu potravin se využívají tři druhy *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus* a *A. caudatus*. Semena obsahují 62 % škrobu, 16 % bílkovin, 7,5 % tuku, 4,2 % vlákniny a 0,5 % minerálních látek. Ve srovnání s obilovinami má vyšší nutriční hodnotu díky dvojnásobnému obsahu bílkovin. Neobsahuje lepkové bílkoviny. Za zmínku stojí také obsah vitamínu C [23, 27, 28]. Ve studii Zhou et al. se zaměřili na možnost nahrazení dusitanů amarantem při výrobě vepřových párků. Jelikož dusitany reagují s myoglobinem za vzniku charakteristické růžové barvy, bylo cílem zjistit, zda barevné pigmenty obsažené v amarantu jsou schopné stejného zbarvení. Červený amarant je přírodní barvivo stejně jako karoteny, betaxanthiny nebo antokyany. Jeho pigmenty jsou rozpustné ve vodě a jsou termostabilní. Při experimentu bylo vyrobeno pět vzorků s obsahem tuku 5 %. Dva vzorky obsahovaly 0 % a 0,15 % dusitanu sodného a do tří bylo přidáno 0,1 %, 0,2 % a 0,3 % pigmentů pocházejících z amarantu. Barva byla měřena kolorimetrem WB-2000 IXA a hodnocena pomocí Hunterovy stupnice. Každý vzorek byl změřen šestkrát a jeho barva byla vyjádřena jako parametry  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Z výsledků vyplývá, že parametr  $L^*$  klesal u vzorků s 0,1 % amarantu a narůstal přidavkem koncentrace 0,2 % a 0,3 %. Parametr  $a^*$  narůstal přidavkem 0,1 % a 0,2 % pigmentů. Vzorky, které obsahovaly amarant, měly srovnatelné nebo vyšší hodnoty parametru  $a^*$  oproti vzorkům s dusitanem. Parametr  $b^*$  se snižoval s přidavkem 0,1 % a 0,2 % amarantu. Z výzkumu lze konstatovat, že vzorky s obsahem amarantu vykazovaly tmavší barvu, intenzivnější červenou a světlejší žlutou barvu v porovnání se vzorky s obsahem dusitanu sodného [29].



### 3 BARVA MASA A MASNÝCH VÝROBKŮ A JEJÍ MĚŘENÍ

Lidské oko je velmi specializovaný orgán a zvládne rozlišit okolo  $7 \cdot 10^6$  různých barev. Z toho je cca 3000 pojmenováno a jen 12 barev je využíváno každodenně [17]. Barva souvisí s elektrony, které když oscilují, přechází z vyšší energetické hladiny do nižší a emitují energii. Barva se objeví, když je elektromagnetické záření ve viditelné oblasti emitováno nebo odraženo atomy a molekulami. Světlo, které směřuje na maso, obsahuje velké množství energie ve vlnových délkách v rozmezí 400–700 nm. Po dopadu světla jsou některé vlnové délky absorbovány a některé odraženy do oka [30]. Obecně lze říci, že barva je podmíněna přítomností pigmentů v maso. Pigmenty mohou být rozděleny na 4 typy. Biologické pigmenty, které se syntetizují anebo akumulují v organismu, pigmenty produkované v důsledku poškození tkání při manipulaci nebo zpracování, pigmenty produkované post mortem enzymatickými nebo neenzymatickými reakcemi a pigmenty, které jsou přidávány v podobě přírodních nebo umělých barviv [11]. Barva je výsledkem působení endogenních a exogenních faktorů. Mezi exogenní faktory se řadí vliv použitého obalového materiálu, vystavení světlu a procesy probíhající při zpracování masa. Endogenní faktory jsou fyzikální vlastnosti, které ovlivňují vnímání barev a pigmenty pocházející z potravin a také pigmenty do potravin přidávané [12].

Hlavní pigmenty masa, které udávají jeho barvu, jsou myoglobin a hemoglobin. Rozdíl mezi nimi spočívá v počtu hemových skupin a globinových řetězců. Základem struktury hemoglobinu a myoglobinu je substituovaný cyklický tetrapyrrol protoporfyrin IX, jehož centrálním atomem je železo  $\text{Fe}^{2+}$ , nazývaný se hem. Protoporfirin s trojmocným železem  $\text{Fe}^{3+}$  se potom nazývá hematin. Na atom železa v hemu se prostřednictvím imidazolové skupiny histidinu navazuje jako ligand bílkovina globin. Svalovina obsahuje i jiná hemová barviva např. cytochromy, které obsahují železo v podobném porfyrinovém proteinovém kruhu, ale k barvě tkáně přispívají jen nepatrně [31, 32].

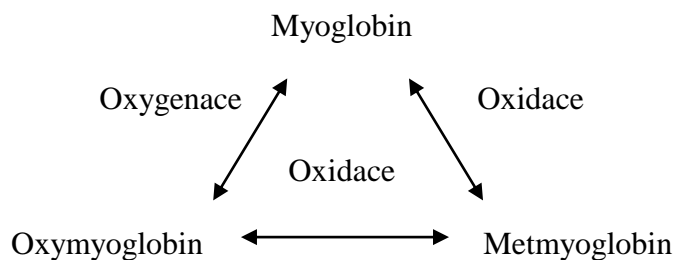


Obrázek 1: Schematické znázornění myoglobinu a hemu [33]

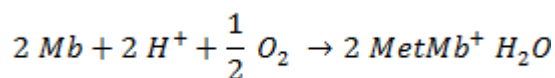
Myoglobin je komplexní molekula metaloproteinu. Obsahuje jednu hemovou skupinu a jeden globin, a proto může transportovat pouze jednu molekulu  $O_2$ . Afinity myoglobinu ke kyslíku je ve srovnání s hemoglobinem vyšší. Globin je složen z 8 helikálních segmentů A – H, které tvoří ochrannou kapsu kolem hemu. Může existovat v nativní nebo denaturované formě, je odpovědný za rozpustnost ve vodě a chrání hemové železo před oxidací. Železo existuje v různých oxidačních stavech. Porfyrinový kruh může být neporušený, oxidovaný, polymerizovaný nebo otevřený. Hydrofobní hemová skupina je orientována vinylovými skupinami dovnitř kapsy a propionové skupiny kyseliny směrem ven na povrch molekuly. Myoglobin se vyskytuje v různých formách. V čerstvém masu se nachází jako deoxymyoglobin, oxymyoglobin a metmyoglobin. V masných výrobcích můžeme nalézt karboxymyoglobin, sulfmyoglobin, nitroxymyoglobin atd. [4, 30]. Barva masa a masných výrobků také závisí na oxidačním stupni centrálního železa, na ligandech, které obklopují železo a na struktuře bílkovinné části molekuly [32].

### 3.1 Barva masa

Barva masa je velmi variabilní a vyskytuje se od tmavě fialovo-červené u čerstvého hovězího až po světle šedou u staršího vepřového. Stárnutím zvířat se zvyšuje ve svalovině podíl myoglobinu a vyšší koncentrace myoglobinu znamená větší intenzitu barvy. Okamžitě po porážce je barva masa poměrně tmavá. V syrovém masu existuje dynamický kruh přítomných forem pigmentů myoglobinu, oxymyoglobinu a metmyoglobinu, které jsou spolu navzájem v rovnováze. Přechod mezi nimi závisí na skladovacích podmínkách [34].



Na vzduchu procesem difuze proniká vzdušný kyslík do povrchové vrstvy masa, kyslík se začne navazovat na železo a dochází k oxygenaci myoglobinu na jasně červený oxymyoglobin. Reakce je reverzibilní, protože kyslík z oxymyoglobinu kontinuálně disociuje. Závisí na dostupnosti kyslíku, enzymové aktivitě a na obsahu redukčních sloučenin ve svalu. Přeměna oxymyoglobinu na myoglobin a naopak obvykle probíhá celkem snadno. Stejně tak jednoduše probíhá i vznik šedo-hnědého metmyoglobinu, ale opačná reakce je mnohem složitější. Oxymyoglobin je nejběžnějším ukazatelem čerstvosti masa. Za vyššího parciálního tlaku je poměrně stálý. Při nízkých koncentracích kyslíku, např. při běžném skladování dochází k oxidaci myoglobinu i oxymyoglobinu na metmyoglobin. Děje se tak oxidací železa účinkem oxidačních činidel, zejména vzdušným kyslíkem nebo peroxidem vodíku [32, 34, 35].



Čerstvé maso metmyoglobin neobsahuje díky přítomnosti redukujících látek (thiolové skupiny proteinů, oxidoreduktázy), které díky kofaktoru NADH metmyoglobin redukuje na myoglobin. Oxidovaný metmyoglobin se redukuje na deoxymyoglobin působením enzymů, které se souhrnně nazývají metmyoglobin reduktáza. Čerstvé maso je schopné ovlivnit redukcí metmyoglobinu [20]. Oxidace pigmentů má také další nežádoucí účinek a to vznik volného kyslíkového radikálu. Superoxidový radikál bývá likvidován superoxidodismutázou a katalázou, přesto mohou některé zbývající radikály iniciovat autooxidaci mastných kyselin, což vede ke žluknutí intramuskulárního tuku. Oxidace pigmentů je rychlejší při vyšší teplotě a nižším pH a také ji mohou urychlit některé kovy, především ionty  $Cu^{2+}$  a dále světelné záření [32, 34, 35]. Různé deriváty myoglobinu vznikají navazováním ligandů dativní vazbou. Oxymyoglobin obsahuje navázanou molekulu kyslíku a dává barvu rumělkově červenou. Karboxymyoglobin má navázanou molekulu oxidu uhelnatého, která poskytuje barvu třešňově červenou. Nitroxymyoglobin ve své struktuře obsahuje molekulu oxidu dusnatého a jeví se růžovo-červeně. Oxidace kyslíkem může probíhat pouze při

nízkých parciálních tlacích kyslíku, protože při vyšších by přednostně probíhala oxygenace s produktem oxymyoglobinem. Oxymyoglobin má centrální železo chráněno navázaným kyslíkem. Může však podléhat autooxidaci, při které se disociací oxymyoglobinu uvolní kyslík a následně oxiduje myoglobin. Rozpad hemových barviv může nastat také v důsledku působení vzduchu a  $H_2O_2$  nebo činností enzymů a mikroorganismů. Pokračující oxidací metmyoglobinu vzniknou zelená barviva choleglobin, verdoglobin a verdohaem. Také vzniká biliverdin, který má modrozelenou barvu a redukuje se na červený bilirubin. Vznik zelených barviv je ovlivněn přítomností laktobacilů, které produkují  $H_2O_2$ . Železo uvolněné z hemových barviv působí jako katalyzátor oxidace tuků. Vzájemným působením hemových barviv a nenasycených mastných kyselin vznikají radikály a tukové hydroperoxy, což vede k oxidaci hemových barviv. Zda probíhá při skladování masa oxidace nebo oxygenace ovlivní zejména skladovací atmosféra v okolí masa. Světlost je ovlivněna především pH. pH blízké izoelektrickému bodu znamená menší rozpustnost bílkovin, které vážou méně vody a tím pádem světlo proniká do malé hloubky a více se odrazí od povrchových vrstev a vyvolává dojem světlejšího masa (např. u PSE masa) [36]. CO má vyšší afinitu k myoglobinu než kyslík. Jeho navázáním dojde ke vzniku jasně červeného karboxymyoglobinu. Spektrum viditelného světla je u karboxyMb velmi podobné s oxyMb. Reakce sirovodíku s hemovým železem myoglobinu vede ke vzniku zeleného pigmentu sulfmyoglobinu. Zelenání je spojeno s růstem bakterie *Pseudomonas mephitica*, která produkuje  $H_2S$ . Prevencí je skladování v atmosféře s nízkým tlakem kyslíku, ve vakuu nebo v modifikované atmosféře. Oxidací sulfmyoglobinu vzniká červený pigment metsulfmyoglobin [4].

Barva svaloviny je různá i u jednoho druhu zvířete u různých svalů v těle. Například podle studie Polidori et. al., která byla provedena na oslu plemene Martina Franca, bylo měřeno několik parametrů jako obsah aminokyselin, barevné parametry  $L^*$   $a^*$   $b^*$  a obsah mastných kyselin. Závěry byly takové, že sval dlouhý hrudní a bederní *Longissimus thoracis et lumborum* je značně světlejší, tj. má vyšší parametr  $L^*$  a parametr  $a^*$ , který značí červenou barvu v porovnání se svalem dvouhlavým stehenním *Biceps femoris*. Dalším zjištěním byl poznatek, že oslí svalovina při měření vykazovala podobné parametry jako červená masa, proto lze říci, že oslí maso může být vhodnou alternativou např. k tradičnímu hovězímu masu [37]. Některé studie dokazují souvislost barvy masa s technologickými procesy. Maso s vadou PSE se vyznačuje bledou barvou a sníženou vazností vody. Barva

charakterizována parametrem  $L^*$  světlostí je např. u krocana  $L^* < 44$  a u krocáního masa s vadou PSE  $L^* > 50$ . Také bylo dokázáno, že světlost masa je značně ovlivněna stresem před porážkou. Např. u pštrosů je barva masa tím tmavší, čím více je zvíře vystaveno stresu ( $L^* = 34,30$  proti  $38,10$ ) [11].

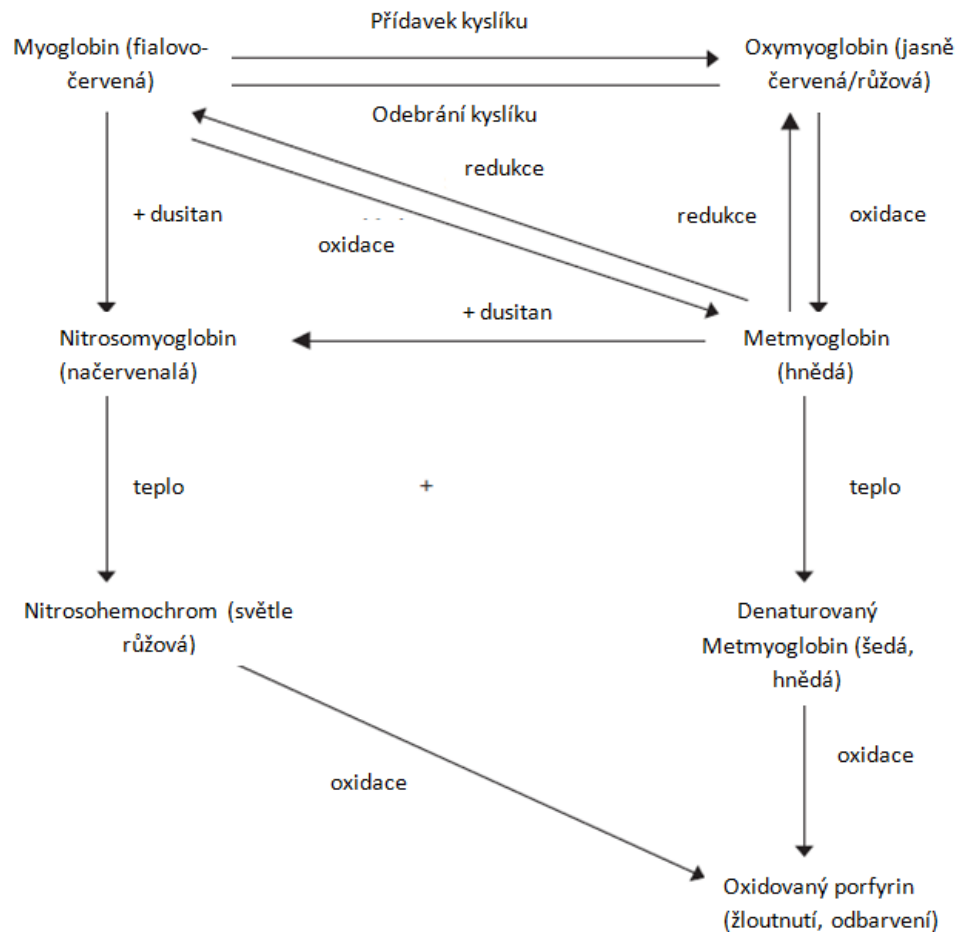
### 3.2 Barva masných výrobků

Barviva v tepelně opracovaném mase se nazývají hemichromy [36]. Změny barvy souvisí s teplotou a stavem sarkoplazmatických pigmentů. Během tepelného opracování se světlost, žlutost snižuje a červenost zvyšuje [21]. Při působení teplot kolem  $65\text{ }^\circ\text{C}$  myoglobin spolu s dalšími proteiny masa denaturuje a rozpadá se na globin a hem. Hem se autooxiduje na hematin. Mění se struktura barviv, odštěpuje se centrální atom železa a degraduje protoporfyrinový skelet. Červená barva se mění na červeno-hnědou až šedo-hnědou [32]. Všechny pigmenty nejsou teplotou ovlivněny ve stejnou dobu a ve stejné míře. To je důvod proč se dosahuje červeného zbarvení při různých teplotách vaření. Po tepelném opracování vzniká denaturovaný metmyoglobin, který na jiné formy přecházet nemůže. Je hnědý a jednoduše rozpoznatelný. Určité podmínky mohou vést k ochraně myoglobinu. Jednou z těchto podmínek je konečné pH svaloviny. Má vliv na barevné změny masa nebo masných výrobků během vaření. V případě, že je hodnota pH vysoká, bude potřeba maso vařit při vyšších teplotách pro získání stejného vizuálního efektu jako maso s normálním pH. Takovéto maso se jeví, že má syrovou barvu tmavě červenou až do fialova i dlouho po překročení vhodné teploty vaření [34].

K zachování růžové barvy masa se používají spolu s chloridem sodným dusitaný. Komplexní reakce zahrnuje redukcí dusitanů na oxid dusnatý oxidací myoglobinu na metmyoglobin. Oxid dusnatý potom reaguje s myoglobinem za vzniku nitroxymyoglobinu (nitrosylmyoglobin). Reakcí oxidu dusnatého s metmyoglobinem vzniká nitroxymetmyoglobin. U nakládaného masa se může stát, že na povrchu má šedo-hnědou barvu i když uvnitř je růžové. To lze vysvětlit reakcí dusitanů s oxymyoglobinem v povrchových vrstvách. Dochází k oxidaci dusitanu a hemového železa, oxidačním činidlem je zde kyslík vázaný v oxymyoglobinu. Nitroxymyoglobin je za normální teploty velmi stabilní pigment, protože navázaný oxid dusnatý je stabilizován podobně jako kyslík v oxymyoglobinu pomocí histidinu. Při tepelném opracování dochází k denuraci nitroxymyoglobinu, odštěpí se globin a na uvolnění místo se naváže další oxid dusnatý, tím

vzniká nitroxyhemochrom se dvěma NO ligandy. Za nepřístupu světla je nitroxyhemochrom stabilní vůči oxidaci i při vysoké teplotě. Na světle molekuly NO disociují a vzniká hem, který se okamžitě oxiduje na hematin. Nákroj masných výrobků šedne a bledne. Pro lepší vybarvení masných výrobků se používají dusitany v kombinaci s přísadkou redukčních činidel. Nejčastěji L-askorbová kyselina, natrium-L-askorbát, askorbyl-palmitát. Přídavek askorbátu neovlivňuje pH masa. Nitroxymyoglobin také může vznikat v mase, které neobsahuje dusitany, ale dostávají se do něj při domácím uzení, kdy spaliny obsahují oxidy dusíku [32].

Někdy se může růžová barva vytvořit i u vařených výrobků, do kterých dusitanová solí směs přidána nebyla. Stane se tak pokud došlo ke kontaminaci nakládací dusitanovou solí ze špatně vyčištěného nádobí nebo z vody obsahující dusitany. Už 5 mg dusitanu na 1 kg masa může maso obarvit. Tato barva se vykytuje na povrchu, pokud došlo ke kontaminaci během vaření nebo v celém masném výrobku, pokud se kontaminace objevila dříve. Jiný případ výskytu růžové barvy je, pokud specifické podmínky podporují interakci přírodních pigmentů masa se složkami, které obsahují dusík. Povrchové růžovění nazývající se růžový kroužek se objevuje, když se k vaření masa použije plynová trouba nebo gril. Neúplné spalování plynu nebo kontaminace ve výsledku vytvoří oxid dusičitý a oxid dusnatý. Oxid dusnatý je aktivní forma dusitanů. U hovězího masa je toto považováno za vážnou vadu, kterou si spotřebitelé mohou spojovat s nedovařeným výrobkem. Dalším případem jsou přirozeně se vyskytující dusičnany ve vodě a v zelenině (mrkev, zelí), které se mohou v průběhu tepelných procesů změnit na dusitany a způsobit růžové zbarvení. Tento jev je vzácný, protože dusičnany ze zeleniny potřebují poměrně dlouhou dobu pro konverzi. Růžové zbarvení může také způsobit oxid uhelnatý CO, který reaguje s přírodními pigmenty masa za vzniku tmavě červené barvy v syrovém i vařeném mase. Plyn může v malé míře pocházet ze suchého ledu nebo z oxidu uhličitého z mrazících tunelů, které se používají např. při výrobě hamburgerů [34].



Obrázek 2: Různé stavy myoglobinu a barvy drůbežního masa (upraveno dle [38])

Změna barvy masa, která může nastat během tepelného opracování, není jen z červené na růžovou nebo šedo-hnědou, ale také se může objevit změna v průhlednosti barvy. Neprůhlednost (opacita) se zvyšuje, když je k úpravě masa použita teplota 45–67 °C. Předpokládá se, že to způsobují proteiny aktin a myozin, které denaturují. Konkrétně za neprůhlednost může myozin, který denaturuje při cca 35 °C. Při 40 °C je většina původních molekul sloučena do monomeru. Nad 50 °C molekuly myozinu zcela koagulují a maso je neprůhledné [39].

Studie McClure et al. se zabývala vlivem laktátu na nitrosylmyoglobin v konzervovaných masných výrobcích. Uvádí, že dusitan v přítomnosti laktátu ubývá, což podporuje hypotézu, že v přítomnosti laktátu probíhá zvýšená produkce oxidu dusnatého z dusitanů a myoglobinu. Proto se do konzervovaného masa laktát přidává jako inhibitor bakteriálního růstu. Přídavek laktátu k čerstvému masu chrání pigmenty před oxidací myoglobinu, dovolí

vytvoření více červeného oxymyoglobinu a prodlouží jeho stabilitu. V konzervovaném masu bylo potvrzeno, že myoglobin se oxiduje s dusitanem za vzniku oxidu dusnatého a tudíž autoři navrhuji, že přidání laktátu a tvorba NADH redukuje oxidovaný metmyoglobin, tak aby byl opět dostupný pro redukci zbývajících dusitanu a mohl se produkovat oxid dusnatý. Ten se může vázat na myoglobin a tvořit nitrosylmyoglobin a urychlit reakce probíhající při konzervaci masa. Tím se také podpoří vývoj barevných změn [40].

U masa a masných výrobků lze také pozorovat jev, který se nazývá iridescence neboli duhové zbarvení. Je to optický úkaz, který vzniká při dopadu světla na svalové vlákno pod určitým úhlem a při určité vlhkosti povrchu. Nejvíce se vyskytuje na řezu kolmo ke svalovým vláknům. Projevuje se odstíny zelené, oranžové, červené. Je to jev přirozený a nijak neovlivňuje kvalitu masa. Spotřebitelé tento fenomén mohou zaměňovat s mikrobiální kontaminací. Odlišit od sebe jdou tím, že iridiscence zmizí při změně úhlu pohledu nebo dopadu světla [41]. Přídavek fosfátů zřejmě výskyt iridiscence ještě zhoršuje, protože zvyšuje vaznost vody v produktu [34].

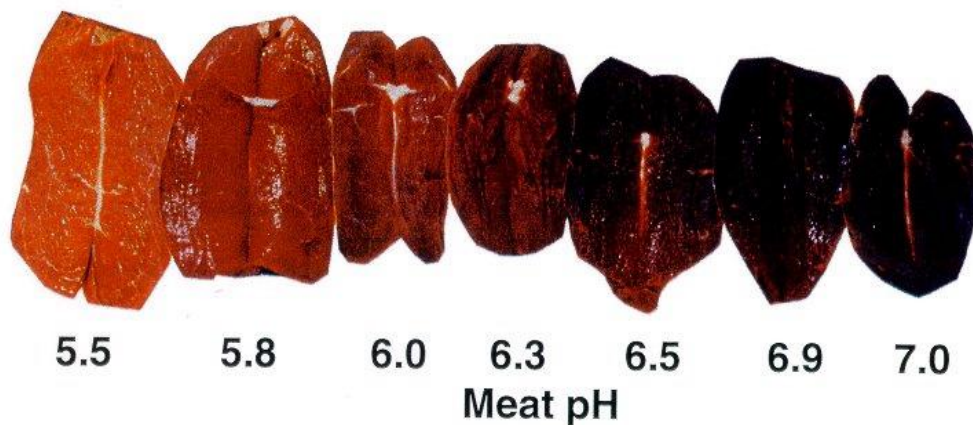
### 3.3 Ovlivnění barvy

Můžeme rozlišit 3 období, ve kterých je barva masa typicky ovlivňována. Jednak je to během života zvířete, kdy barvu ovlivňuje přítomnost pigmentů. Jejich množství primárně závisí na plemeni zvířete, stáří a nutričním stavu. Za druhé je to období porážky, které ovlivní barvu prostřednictvím změn pH a poklesu tělesné teploty. A nakonec je to období skladování, distribuce a prodeje, kdy barvu ovlivňují procesy oxidace a oxygenace myoglobinu [42].

Rozsah a rychlost poklesu pH post mortem jsou variabilní parametry, které mají velký vliv na barvu masa a masných výrobků. Normální pokles pH během 24 hodin je přibližně od 7,0–7,2 do pH 5,5–5,7. Pokud pH klesá na hodnotu 5,5 méně než 45 minut, svalovina se jeví velmi bledá a měkká (vada PSE). pH nižší než 5,4 bude mít také za následek bledší barvu masa. V případě, že posmrtně pH moc nepoklesne, bude maso tmavé a suché (vada DFD). Vzhledem k tomu, že konečné pH se zase zvyšuje, maso se stává tmavším. Toto ztmavnutí se výrazně projevuje, když je pH vyšší než 5,7. Změny barvy pozorované u PSE a DFD masa jsou v důsledku strukturálních změn. Některé jsou způsobeny oxidací myoglobinu. Náboj svalových bílkovin je ovlivněn přeměnami pH. Všechny změny



způsobují posuny mezer mezi svalovými vlákny a nově vzniklé struktury potom ovlivní způsob, jakým se světlo odráží a absorbuje a tím je ovlivněn vizuální vzhled [34]. Linares et al. ve své studii uvádí, že na barvu má vliv také způsob omráčení před porážkou. Při použití omráčení pomocí CO<sub>2</sub> vykazovalo maso menší červenost a žlutost. Podle Petracci et al. jsou u kuřecího masa normální hodnoty světlosti L\* = 50–56. Světlejší maso s L\* > 56 souvisí s nižším konečným pH a snížením vaznosti vody. U hovězího masa se L\* snižuje s rostoucím pH [21].



Obrázek 3: Vliv konečného pH na barvu hovězího masa [34]

Dále barvu ovlivňuje i změna velikosti částic masných výrobků. Během mletí nebo míchání přísad se do masných výrobků začleňuje i vzduch. Více zabudovaného vzduchu znamená větší zatížení přírodního systému masa, který pomáhá udržovat stabilitu oxy-myoglobinu. Delší doba míchání a menší částice masa vedou ke kratší stabilitě při skladování masných výrobků. Míchání za vakua pomáhá stabilitu zlepšit, ale nedosáhne se původní stability [34].

Určitý vliv má i ozařování. Prodlužuje dobu trvanlivosti a snižuje množství patogenních mikroorganismů v čerstvých potravinách. Bohužel má ozařování negativní vliv na barvu masa a masných výrobků. K barevným změnám v čerstvém mase dochází zejména kvůli náchylnosti myoglobinu, konkrétně jeho železa, k chemickým vlivům a k přijímání energie. Elektrony železa mají potenciál existovat ve více spinových stavech, a proto jsou citlivé na přítomnost elektronů, které pocházejí z vysokoenergetických sloučenin z ozařování. Udržení ideální barvy masa během ozáření může být zlepšeno krměním hospodářských zvířat před porážkou krmivem obsahující antioxidanty, přidávkem antioxidantů přímo

k produktům, uchováváním v modifikované atmosféře (MAP), způsobem balení nebo regulací teploty [30].

Barevnou stálost také ovlivňuje doba skladování masa post mortem. Delší skladování způsobuje sníženou stabilitu barvy, protože kofaktory nezbytné pro redukci metmyoglobinu se postupně vyčerpají. Stejný problém je u mraženého masa. Výrobky ze zmraženého masa budou nejprve tmavší, ale čerstvá barva nevydrží tak dlouho, jako u výrobků z masa, které nikdy nebylo zmrazeno. Na stálost barvy mají vliv skladovací teploty i doba skladování. Barevná přijatelnost klesá s delší dobou skladování. Nicméně doba uskladnění lze kompenzovat teplotou skladování. Čerstvé maso a masné výrobky by měly být skladovány při teplotách  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , čímž se získá maximální barevná stálost a bezpečnost výrobků. Pokud se skladuje čerstvé maso ve vakuové atmosféře, je odebrán kyslík z jeho okolí a maso má fialovo-červenou nebo fialovo-růžovou barvu. Zbarvení způsobuje deoxymyoglobin, který nemá navázaný žádný ligand a železo je ve formě  $\text{Fe}^{2+}$ . Po vyjmutí z vakuové atmosféry se původní červená barva na omezenou dobu vrátí, ačkoliv je tato doba kratší než u masa, které ve vakuové atmosféře skladováno nebylo [34, 35]. Dlouhodobě skladované mražené maso typicky obsahuje metmyoglobin. Redukční enzymy tedy ztratily svou aktivitu. Také se ale objevuje, když je parciální tlak kyslíku nízký, například pokud kousky masa jsou skladovány namačkány na sebe. Parciální tlak kyslíku mohou snižovat také aerobní bakterie, které spotřebovávají kyslík. Také je dokázáno, že vysoká hodnota pH způsobuje osychání masa a tím brání pronikání kyslíku do masa, tzn., že se zpomaluje proces oxidace [34].

Barva, mikrobiologická stabilita a oxidace lipidů jsou nejdůležitější kritéria, která se hodnotí při skladování masa v MAP. Při správně zvolené atmosféře nedochází ke změně barvy ani oxidaci a je zastaven růst mikroorganismů. V konvenční modifikované atmosféře je obsaženo 20–30 %  $\text{CO}_2$  a 70–80 %  $\text{O}_2$ . Výzkum Esmera et. al. sledoval mimo jiné barvu čerstvého, mletého hovězího masa při skladování v modifikované atmosféře s různou skladbou plynů. Vyplývá z něj, že efekt kombinace plynů v modifikované atmosféře neovlivní parametr  $L^*$  světlost, na rozdíl od doby skladování. Dále bylo zjištěno, že jak složení plynů, tak délka skladování má vliv na parametr  $a^*$ . K úplnému odbarvení docházelo dříve při použití  $\text{O}_2/\text{CO}_2/\text{N}_2$  30/30/40 než při běžné atmosféře s  $\text{O}_2/\text{CO}_2$  70/30. Parametr  $b^*$  se snižoval přímo úměrně  $a^*$ . Pokles koncentrace  $\text{CO}_2$  v MAP způsobil ztrátu červené barvy kvůli vytvoření metmyoglobinu. To znamenalo naměření snížených hodnot

a\* a b\*. Nejlepší stálost barvy byla zajištěna v MAP obsahující nízké koncentrace CO<sub>2</sub> kolem 30 % [43]. Cílem výzkumu Hiraoka et al. bylo vyvinout praktickou preventivní metodu, kterou by se dalo zabránit zhoršení barvy filetů žlutoploutvé ryby během chladírenského skladování a po rozmražení. Bylo prokázáno, že hnědnutí svaloviny je způsobeno jako u jiných druhů ryb vznikem metMb. Nejlepší prevencí vzniku hnědnutí se ukázalo skladování v atmosféře s převahou N<sub>2</sub> při t -20 až -30 °C do doby šesti týdnů [44].

Na stabilitu pigmentů v mase má vliv také použití správných balících materiálů. Chlazené a mražené maso se většinou uchovává v plastovém obalu. Obal musí mít vysokou propustnost pro kyslík, čímž se podpoří tvorba oxyMb, ale zároveň nízkou propustnost pro vlhkost, aby maso nevysychalo. Při balení v MAP jsou vhodné obaly vícevrstvé kovové nebo pokovované, které jsou nepropustné a vyplněné inertním plynem [7]. Výzkum Dai et al. sledoval vliv chladírenského skladování vepřového masa vařeného ve vodě a ohmickým ohřevem na jeho barvu. Bylo zjištěno, že chladírenské skladování po dobu 1 až 7 dní má na barvu vliv. Maso připravené ohmickým ohřevem, bylo uvařeno 8x rychleji než ve vodě a mělo lepší kvalitu barvy během skladování. Zřejmě vyšší expozice kyslíku a delší doba vaření způsobili vyšší oxidaci myoglobinu a tím pádem i větší barevné změny masa vařeného ve vodě [45].

Věk a stárnutí má podstatný vliv nejen na barvu ale i na texturu masa. Stárnutím se zvyšuje obsah oxymyoglobinu a to konkrétně u vepřového masa svalu *Longissimus dorsi* a snižuje se obsah deoxymyoglobinu, což vede k snížení světlosti, červenosti a žlutosti. Také má stárnutí určitý vliv na stabilitu barvy. U masa starších zvířat se zvyšuje světlost a žlutost. U hovězího se zralostí masa zvyšuje červenost a světlost. Rychlost ochlazení po porážce ovlivňuje světlost a žlutost [21].

Ekonomické studie dokazují, že více než 5 % prodávaného čerstvého masa přichází o svou kvalitu díky zhoršení barvy. Změna barvy je způsobena snížením obsahu deoxymyoglobinu. Při skladování se obsah snižuje bez ohledu na to, zda je skladováno v atmosféře s převahou O<sub>2</sub> nebo CO<sub>2</sub>. Barva se mění z hnědého metMb na červený deoxyMb a to aktivitou metmyoglobin reduktázy. Redukční aktivita metMb je ovlivněna teplotou, pH, časem, oxidací lipidů, koncentrací kyslíku, přítomností chemických prvků, vlivem světla, nukleotidů, druhem a svalstvem zvířat, způsobem jejich krmení a jejich

pohybem. Redukční aktivita se zvyšuje, stoupá-li hodnota pH svaloviny. Přídavkem chemických složek (jako je kuchyňská sůl) se výrazně sníží redukční aktivita enzymů [20].

Barvu hovězího masa zkoumali v australské studii provedené na 1512 kusech hovězího dobytka. Předmětem studie bylo zjistit, zda má na barvu masa vliv délka doby mezi porážkou a roztříděním do skupin jakosti. Závěry studie dokazují, že delší doba mezi porážkou a roztříděním do skupin jakosti na jatkách způsobuje zesvětlování barvy masa. Svalovina 14 hodin od porážky měla výskyt tmavnutí na řezu 8 %, kdežto 31 hodin od porážky výskyt 3 %. Autoři to připisují smršťování svalových vláken a myofibril, což zvyšuje schopnost svaloviny rozptylovat světlo. Pro skladování mezi porážkou a roztříděním byla doporučena teplota kolem 25 °C, která minimalizuje výskyt tmavnutí na řezu a tvrdnutí způsobené teplem [46].

Také byl zkoumán vliv myoglobinu na barvu mleté vepřové panenky. Různé variace světlosti  $L^*$  jsou vysvětleny změnami v celkové absorpci světla o vlnové délce 525 nm. Kolísání relativního množství různých forem myoglobinu v povrchové vrstvě má na  $L^*$  malý vliv, ale ovlivňuje ostatní parametry. Parametr  $a^*$  je ovlivněn poměrem mezi MetMb a MbO<sub>2</sub>. Na hodnotu  $b^*$  má vliv poměr redukované formy Mb, oxygenované formy MbO<sub>2</sub> a oxidované formy MetMb a dále rozdíl v relativním množství MbO<sub>2</sub>, více než MetMb [47].

### 3.4 Měření barvy

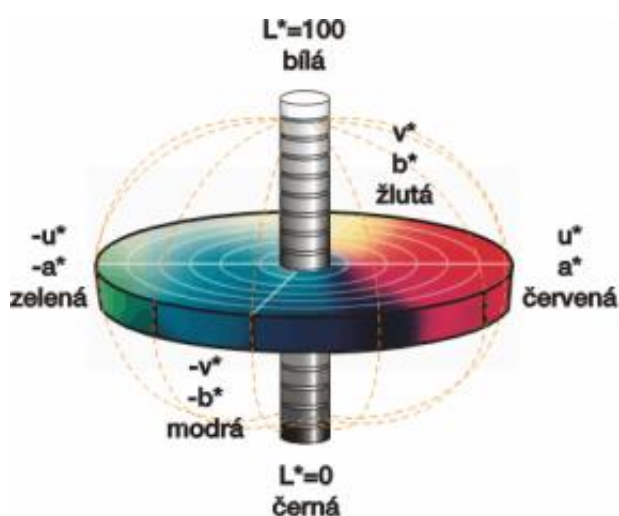
Měření barvy může být prováděno třemi způsoby. Jednak vizuálně, chemicky analýzou barevných pigmentů v mase anebo fyzikálně měřením interakcí světla s povrchem měřeného objektu [11]. Vizuální posouzení obvykle zahrnuje panel dvou nebo více školených osob, které přiřazují hodnoty podle předem dané popisné stupnice [48]. Chemická analýza probíhá pomocí laboratorního stanovení hemových barviv. V současné době se využívají instrumentální metody gelové chromatografie. Z důvodu nutnosti používání toxického kyanidu draselného pro stanovení hemoglobinu se používá náhradní metoda pro stanovení barevného pigmentu hematinu. Principem je získání barevných pigmentů masa, které se vyextrahují ze svaloviny směsí acetonu a kyseliny chlorovodíkové a poté stanoví spektrofotometricky při vlnové délce 640 nm. Tato metoda je vhodná pro stanovení celkového obsahu barevných pigmentů v mase [31].

Z fyzikálních metod se používají optické, které jsou rychlé, nejsou drahé a nepoškozují měřenou potravinu. Některé metody jsou založeny na měření světla odraženého z povrchu potravin [21]. Měření je ovlivněno několika faktory. Důležitý je výběr zdroje osvětlení. Ve většině současných výzkumů se používají světla C a D65, která se nejvíce podobají světlu dennímu. Naměřené hodnoty jsou dále ovlivněny dobou zrání masa nebo velikostí měřicí aparatury [49]. Návod pro měření barvy byl publikován AMSA 1991. Referenční metoda pro měření barvy pochází od Karla O. Honikela. Odebrání vzorku by mělo být provedeno jen u masa, ve kterém bylo dosaženo konečného, maximálního pH. Svalovina musí být jasně specifikována. Obecně by se měl vzorek odebírat na příčném průřezu kolmo na sval a v minimální tloušťce 1–5 cm, nejčastěji 2 cm. Pokud je maso skladováno jen pro měření barvy na povrchu, mělo by být skladováno při teplotě do 3 °C. Přitom by se mělo zabránit vysychání povrchu masa použitím voděodolného filmu nebo kontrolováním vlhkosti. Samotné měření barvy na spektrofotometru se potom uskutečňuje s nebo bez povrchové úpravy v závislosti na použitém přístrojovém vybavení. Měření se doporučuje provádět zhruba třikrát, pokaždé z jiné strany exponovaného povrchu. U některých druhů svaloviny existuje rozdíl mezi laterální a mediální stranou na průřezu. Je pravděpodobné, že měření svaloviny s velkým množstvím vnitřního tuku (s mramorováním) nebo kolagenu přinese velmi proměnlivé výsledky. Doporučený standardní pozorovací úhel je 10° a barevná škála  $L^* a^* b^*$ . Před měřením je nutné provést kalibraci přístroje. Clona by měla být co možná největší. Měla by se vyloučit zrcadlová odrazivost. Kalibrace je založena na černém standardu kdy  $L^* = 0$  a bílém standardu, kdy  $L^* = 100$ . Při měření vzorků s obalem, se musí tento fakt vzít v úvahu i při kalibraci [42]. Měření barvy masa je ovlivněno také velikostí měřicí aparatury. Menší přístroje mění trichromatické hodnoty při libovolném osvětlení. Obecně řečeno jsou hodnoty  $a^*$  a  $b^*$  tím menší, čím větší je měřicí aparatura. Barvu je možné měřit také pomocí počítačové analýzy, která využívá pro hodnocení barvy snímky z digitálního fotoaparátu [50].

### 3.4.1 Systém $L^* a^* b^*$

Systém  $L^* a^* b^*$  patří mezi modely definované komisí CIE, což je Commission Internationale de l'Éclairage, v překladu Mezinárodní komise pro osvětlování. Modely jsou sestavovány na základě chromatických diagramů. Systém  $L^* a^* b^*$  byl vytvořen v roce 1976 a vychází z barevného prostoru označeného XYZ. Tvoří ho imaginární barvy, které

jsou určeny matematicky a jsou proto nezávislé na přístrojovém barevném tělesu. Model zachycuje všechny barvy, které je možné vidět lidským okem. Využívá k popisu tři základní barvy, barevný tón, sytost a jas. Systém vychází z protikladu tzv. původních barev červená – zelená, žlutá – modrá, černá – bílá [51]. Parametr  $L^*$  světlost představuje rozdíl mezi černou a bílou. Zobrazuje se na svislé ose a nabývá hodnot od 0 % pro černou barvu až 100 % pro bílou. Hodnota  $a^*$  vyjadřuje polohu barvy mezi zelenou (záporná část osy) a červenou barvou (kladná část). Čím je hodnota  $a$  vyšší v kladném směru, tím je červená barva tmavší, max. hodnota je +50. Naopak -50 označuje nejtmaší tón zelené barvy. Parametr  $b^*$  vyjadřuje polohu barvy na ose modrá – žlutá. Žlutá leží na kladné části osy a nabývá hodnot 0 až +50. Modrá se nachází na záporné části osy s hodnotami 0 až -50. Ve středu kruhového diagramu se nachází odstíny šedé barvy. Analogicky je definován také model CIE  $L^* u^* v^*$  [17, 51]. Pro lepší popis barvy a barevných rozdílů slouží další veličiny. Je to měrná čistota chroma  $C^*$  (sytost), kdy v trojrozměrném prostoru se na svislé ose vyskytují různé stupně šedé a směrem do stran od této osy jsou barvy světlejší. Pro šedou barvu má hodnotu 0 a pro čisté spektrální barvy 100 %. Také se používá veličina měrný úhel barevného tónu  $h^\circ$  (barevný tón, odstín). Je určen úhlem, který svírá přímka vedená počátkem souřadnicového systému a vybraným bodem v barevném kruhu s osou souřadnic pro červenou barvu. Pro červenou má hodnotu 0, pro žlutou  $\pi/2$ , pro zelenou  $\pi$  a pro modrou  $1,5 \pi$  [52].



Obrázek 4: Trojrozměrná struktura systému  $L^* a^* b^*$  [51]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem studie, součástí které je tato diplomová práce, je sledování účinku vybraných látek v masných výrobcích. Ve výzkumu bylo cílem stanovit, zda existuje rozdíl v barvě modelových masných výrobků, které se liší obsahem fosforečnanů a látek rostlinného původu. Pozorovanými parametry byly  $L^*$  světlost,  $a^*$  vyjadřující odstíny červené a zelené a  $b^*$  reprezentující žlutou a modrou. Z těchto naměřených hodnot se vyhodnotily parametry  $E^*$  rozdíl barev,  $C^*$  měrná čistota a  $h^\circ$  měrný úhel. Experimentální část práce byla realizována v období od ledna 2014 do dubna 2015. Získané výsledky byly zhodnocené jako porovnání účinku vybraných fosforečnanů a mouk a bylo provedeno statistické vyhodnocení rozdílů mezi nimi.



## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Materiál a metody

Hlavní surovinou pro potřeby experimentu byla kuřecí prsní svalovina od výrobce Raciola Uherský Brod s.r.o. Maso bylo dodáváno ve formě zmrazených bloků o hmotnosti zhruba 5 kg. Po přejímce masa bylo třeba ho očistit, zbavit šlach a možných kostních úlomků a volného tuku. Dále se namlelo v univerzálním kuchyňském robotu SPAR SP s příslušenstvím – mlýnek na maso Spar (Spar Food Machinery Mfg. CO. Ltd, Taiwan). Poté bylo vloženo do sáčků zhruba po 1 kg, evakuováno pomocí vakuové baličky Henkelman Mini Jumbo (Henkelman, Holandsko) a hluboce zmrazeno. Dále se používala dusitanová solící směs od firmy Solné mlýny a.s. Olomouc a fosforečnany od firmy Fosfa a.s. Břeclav. Důležitou součástí surovinové skladby také tvořily látky rostlinné povahy, konkrétně mouky amarantová, rýžová a kukuřičná. Další surovinou byla chlazená voda o teplotě 1–2 °C a šupinkový led z výrobce ledové drtě NTF SLF 190 W, (Nuove Technologie Del Freddo, Itálie).

Příprava vzorků měla následující postup. Večer před výrobním dnem bylo potřeba přendat zmrazené mleté maso z mrazáku do lednice, aby došlo k jeho povolení a rozmrznutí. V den experimentu se nejdříve nachystaly používané suroviny. Kuřecí svalovina se rozkrájela pomocí nože na přibližně stejně velké kusy. Poté se podle vypočtené surovinové skladby navážila na vahách KERN 2000–2N (Kern & Sohn GmbH, Německo) s přesností na jedno desetinné místo. Také se navážila potřebná množství přídatných látek, popř. mouky na analytických vahách GR–200–EC (A&D Instruments LTD., Velká Británie) s přesností na dvě desetinná místa. Stejně tak se provedlo navážení šupinkového ledu. Byla snaha dodržet postup s použitím 1/3 ledu a 2/3 vody. Všechny suroviny byly váženy těsně před samotným zpracováním, aby nedošlo ke kontaminaci, zvlhnutí, nebo vysušení. Poté byly navážené suroviny dávkovány do kutrovacího zařízení Vorwerk Thermomix TM 31 (Vorwerk, Německo). Dávkování probíhalo v pořadí maso, dusitanová solící směs, fosforečnan/mouka. Voda s ledem se přidávala během mělnění postupně. Kutrování probíhalo do doby, než byla dosažena teplota max. 12 °C. Teplota byla sledována pomocí vpichového teploměru COMET CO121 (Comet System, s.r.o., Česká republika). Připravené dílo se naplnilo do plastového kelímku tak, aby obsahovalo co nejméně vzduchových bublin, čehož se dosáhlo průběžným sklepáváním a konečným evakuováním

kelímku. Poté se kelímky uzavřely plastovým uzávěrem a postoupily k tepelnému opracování. Tepelný zákrok byl proveden v konvektomatu Rational SCC WE 61 (Rational, Německo), kdy byl dosažen tepelný efekt 70 °C v jádře výrobku po dobu 10 minut. Teplota byla sledována pomocí sondy, která byla umístěna ve středu kontrolního výrobku. Po vyjmutí z konvektomatu bylo potřeba vzorky zchladit. Byly uloženy na 30 minut do ledové lázně. Takto ochlazené výrobky se přesunuly do lednice, kde byly skladovány při teplotě 6–7 °C po dobu jednoho týdne.

## 5.2 Přídavné látky a látky rostlinného původu

Při výrobě modelového masného výrobku, který v surovinové skladbě obsahoval fosforečnany, byly použity DSP ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) a MSP ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ). Byly přidávány v rozmezí koncentrací od 0 do 0,45 hmot. % a to po kroku 0,05 hmot. %. Přídavek látek rostlinného původu se pohyboval od 0 do 2,00 hmot. % po kroku 0,25 hmot. %. Tím byla získána řada deseti výrobků s fosforečnanem a devíti s rostlinnou látkou.

## 5.3 Měření barvy

Pro měření barvy byly vzorky vytáhnutы z lednice a vybaleny z plastových obalů. Vznikly tak stejně velké válce. Ty byly na strunovém kráječi rozkrájeny tak, aby se vytvořilo 5 až 6 stejných dílů. Koncové části se k měření nevyužívaly. Takto připravené vzorky se přenesly a zabalily do alobalu, aby se zabránilo oxidaci a řádně se popsaly, aby nedošlo k záměně. Měření barvy probíhalo v LCFT na přístroji Spektrofotometr Ultra Scan Pro (ChromSpec, Kanada). Využíván byl počítačový program Easy Match QC. Postup měření byl následující. Nejdříve bylo potřeba přístroj standardizovat. Nasadilo se okénko a proběhla konfigurace. Poté se nainstalovala světelná past a byl změřen bílý standard proti pasti. Tím byla dokončena standardizace. Měřené vzorky se potom jednotlivě umisťovaly na pomocný stůl a byly zakryty neprůhlednou, černou krytkou. Měření každého dílku se provedlo 1x z každé strany. Naměřené hodnoty byly poté z programu Easy Match QC převedeny do MS Excel a uloženy k následnému porovnání.

Vyhodnocení barvy proběhlo podle normy ČSN 01 1718 o měření barvy. Pro každou koncentraci každého měření byly vypočteny parametry  $E^*$ ,  $C^*$  a  $h^\circ$ .  $E^*$  je rozdíl barvy a je definováno rovnicí 1. Měrná čistota značená  $C^*$  je definována rovnicí 2.  $h^\circ$  je měrný úhel a definuje ho rovnice 3.

$$E^* = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$h = \arctg(b^*/a^*) \quad (3)$$

kde:  $E^*$  je rozdíl barev

$C^*$  je měrná čistota

$h^\circ$  je měrný úhel

$L^*$  je světlost

$a^*$  je podíl červeného spektra

$b^*$  je podíl žlutého spektra

#### 5.4 Statistické vyhodnocení výsledků

Vyhodnocení výsledků, výpočet průměru a směrodatné odchylky bylo provedeno v programu Microsoft Excel. Pro vyloučení odlehlých hodnot ze souboru byl použit Grubbsův test. Tento test se používá pro vylučování extrémních hodnot na základě vypočteného testovacího kritéria u souborů dat, které mají Gaussovo normální rozdělení sledovaní náhodné veličiny. Hodnoty byly seřazeny vzestupně podle variační řady a byl vypočten průměr a směrodatná odchylka. Dalším krokem bylo vypočtení testovacího kritéria pro první (popř. poslední n-tou) hodnotu řady pomocí rovnic 4 a 5.

$$T_1 = \frac{\chi - \chi_1}{s} \quad (4)$$

$$T_n = \frac{\chi_n - \chi}{s} \quad (5)$$

kde:  $T$  je testovací kritérium (1 – nejmenší hodnota; n – největší hodnota)

$\chi$  je naměřená hodnota (1 – nejmenší hodnota; n – největší hodnota)

Poté vypočtené testovací kritérium bylo porovnáno s tabulkovou kritickou hodnotou pro příslušné n výběrového souboru a na zvolené hladině významnosti  $\alpha$  pro Grubbsův test.

Pokud  $T_1(n,\alpha) > T_{\text{krit.}}$  první (poslední) hodnotu řady vyloučíme ze souboru a musíme vypočítat nový průměr a směrodatnou odchylku bez této extrémní hodnoty.

Pokud  $T_1(n,\alpha) \leq T_{\text{krit.}}$  první (poslední) hodnota variační řady patří do souboru a vyloučit nelze (není extrémní hodnotou) [52].

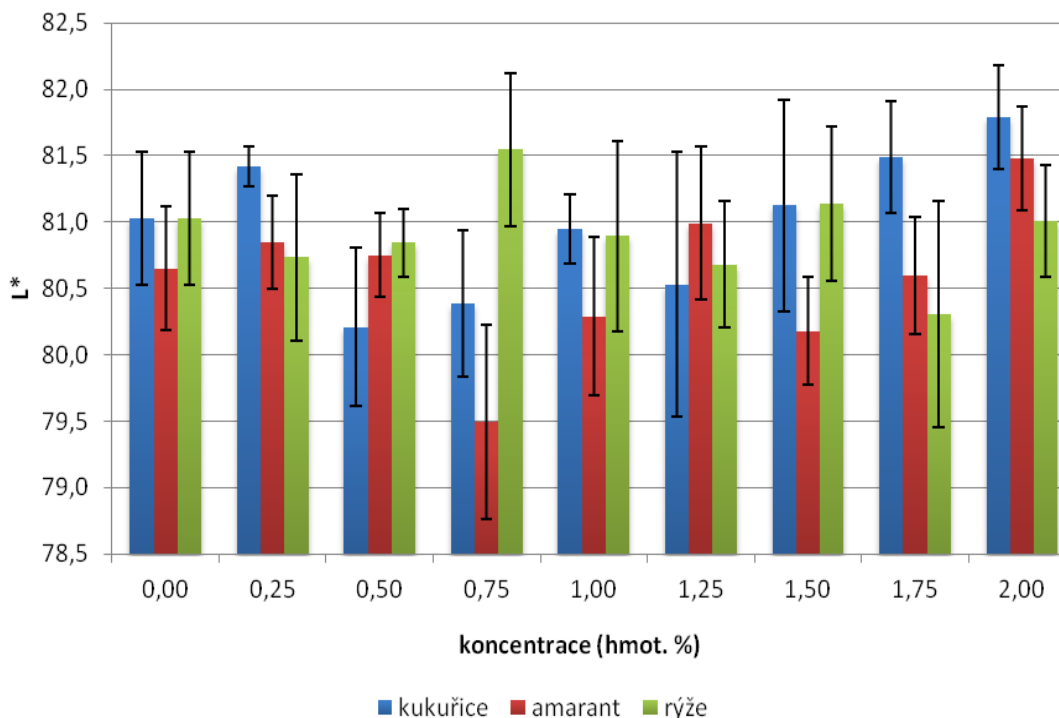
## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Jako první jsou uvedeny výsledky měření výrobků vyrobených s látkami rostlinného původu. Poté jsou uvedeny výsledky měření výrobků s fosforečnany. Látky rostlinného původu byly přidávány v rozmezí koncentrací od 0 do 2,00 hmot. % po kroku 0,25 hmot. %. Jednalo se o mouky kukuřičnou, amarantovou a rýžovou. Přídavek fosforečnanů se pohyboval od 0 do 0,45 hmot. % po kroku 0,05 hmot. %. Byly použity fosforečnany hydrogenufosforečnan sodný (DSP) a dihydrogenfosforečnan sodný (MSP).

### 6.1 Vliv přídavku látek rostlinného původu

#### 6.1.1 Světlost L\*

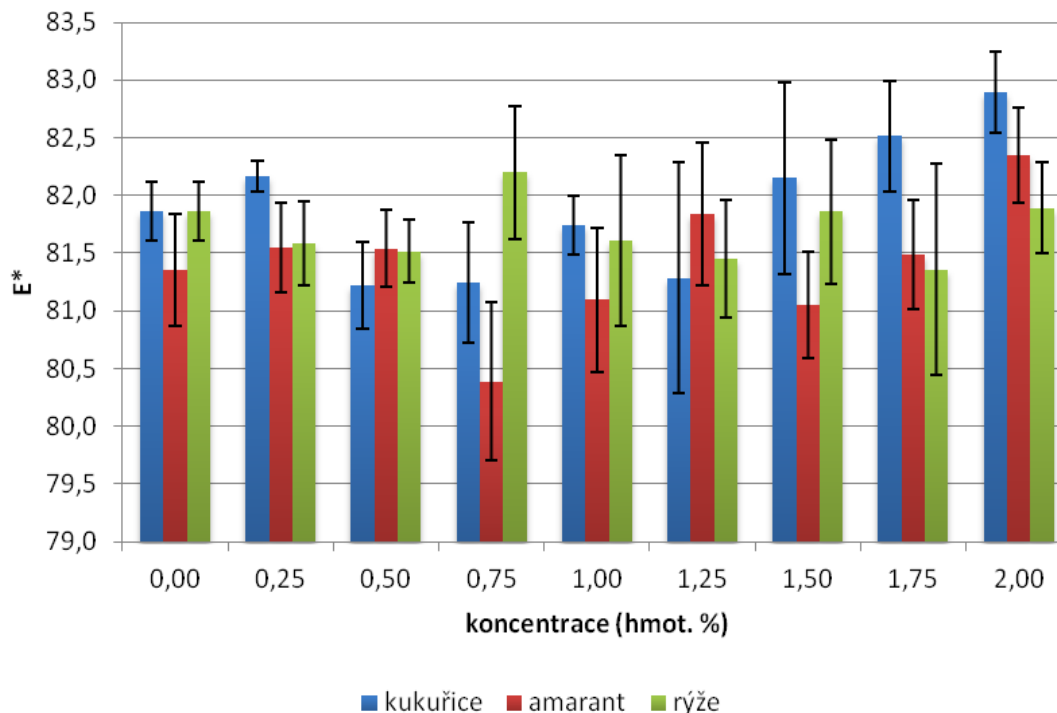
Průměrné hodnoty parametru L\* světlost jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 2, 6, 10). Z grafu 1 jde vysledovat, že světlost nejvíce zvyšuje přídavek amarantové mouky v 2% koncentraci. Naopak přídavek amarantové mouky v koncentraci 0,75 % světlost oproti kontrolnímu vzorku snižuje. Statisticky významný rozdíl je mezi kukuřičnou a amarantovou moukou v koncentracích 0,25 a 1,75 % a mezi amarantovou a rýžovou moukou při koncentraci 0,75 %. V ostatních případech není rozdíl statisticky významný.



Graf 1: Vliv přídavku látky rostlinného původu na L\*

### 6.1.2 Rozdíl barev E\*

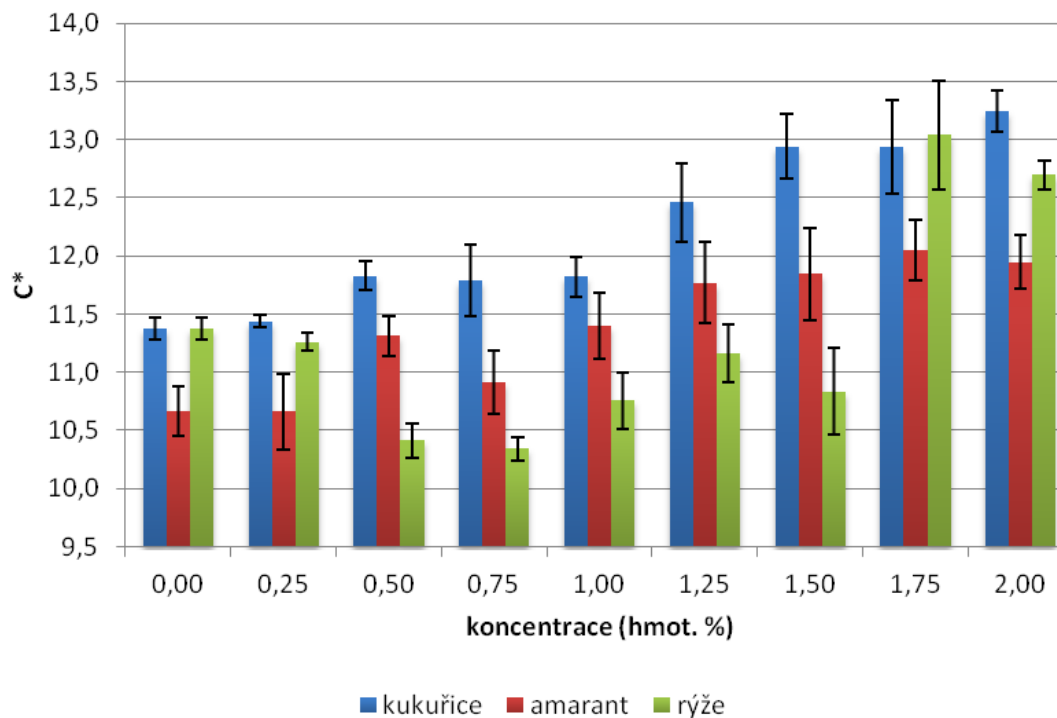
Průměrné hodnoty parametru E\* jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 3, 7, 11). Závislost rozdílu barev na koncentraci látek rostlinného původu znázorňuje graf 2. Největší vliv na rozdíl barev, má přídavek 2 % kukuřičné mouky. Nejnižší potom přídavek 0,75% amarantové mouky. Statisticky významný rozdíl byl vyhodnocen u koncentrace 0,25 % mezi kukuřičnou moukou a amarantovou i rýžovou moukou. Dále pak při koncentraci 0,75 % mezi kukuřičnou moukou a amarantovou i rýžovou moukou. Dále pak při koncentraci 0,75 % mezi amarantovou a rýžovou moukou a při 1,75 % mezi kukuřičnou a amarantovou moukou.



Graf 2: Vliv přídavku látky rostlinného původu na E\*

### 6.1.3 Měrná čistota C\*

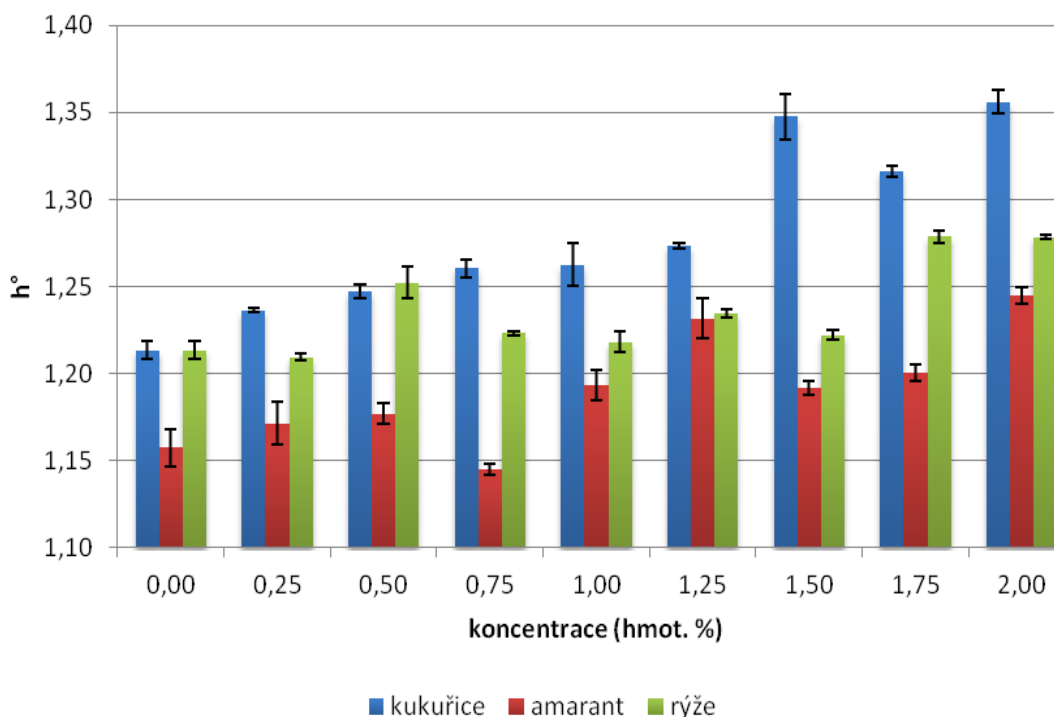
Průměrné hodnoty parametru C\* jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 4, 8, 12). Z grafu 3 je patrné, že se měrná čistota přidavkem látek rostlinného původu s rostoucí koncentrací zvyšuje. Maxima dosahuje u amarantové a rýžové mouky v koncentraci 1,75 % a u kukuřičné mouky v koncentraci 2,00 %. Statisticky významný rozdíl se nachází mezi všemi moukami v koncentracích 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,50 % a 2,00 %. V koncentraci 1,00 % se významně liší kukuřičná a rýžová mouka, v koncentraci 1,75 % se významně liší amarantová od kukuřičné a rýžové.



Graf 3: Vliv přidavku látky rostlinného původu na C\*

#### 6.1.4 Měrný úhel $h^\circ$

Průměrné hodnoty parametru  $h^\circ$  jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 5, 9, 13). Z grafu 4 vyplývá, že s rostoucí koncentrací se měrný úhel u všech látek zvyšuje. Nejvyšších hodnot se dosahuje přidavkem kukuřičné mouky v koncentracích 1,50 % a 2,00 %. Měrný úhel naopak snižuje přidavek 0,75 % amarantové mouky. Statisticky významný rozdíl mezi všemi třemi moukami je při všech koncentracích s výjimkou koncentrace 1,25 %, kde můžeme říci, že měrný úhel po přidavku amarantové a rýžové mouky se výrazně neliší.



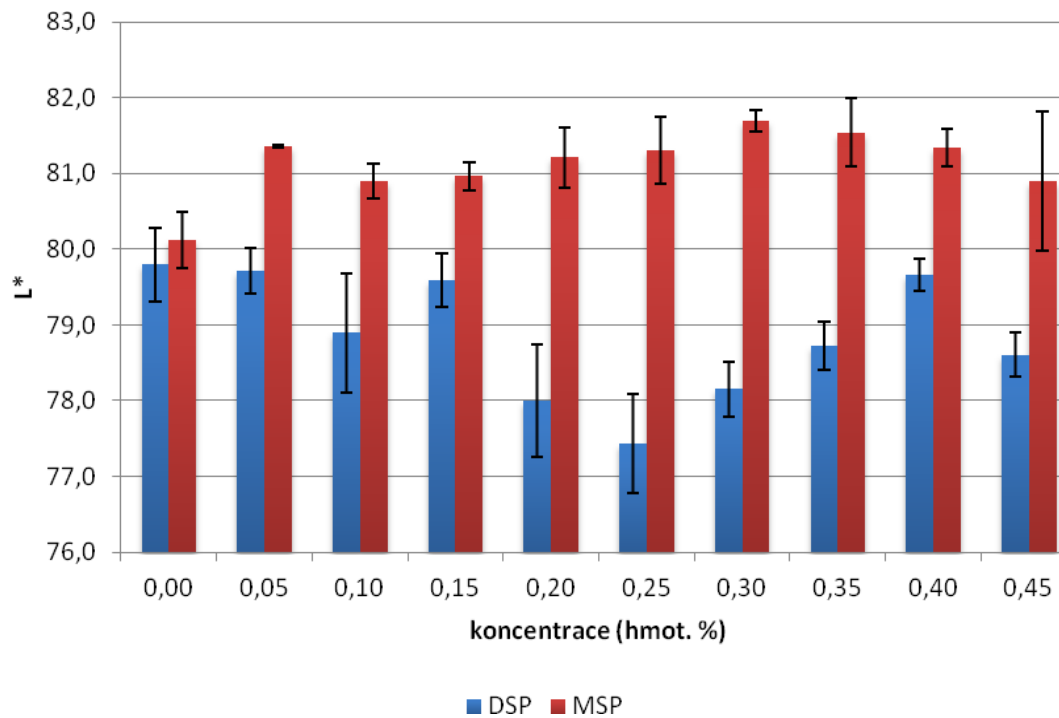
Graf 4: Vliv přidavku látky rostlinného původu na  $h^\circ$



## 6.2 Vliv přídavku fosforečnanů

### 6.2.1 Světlost L\*

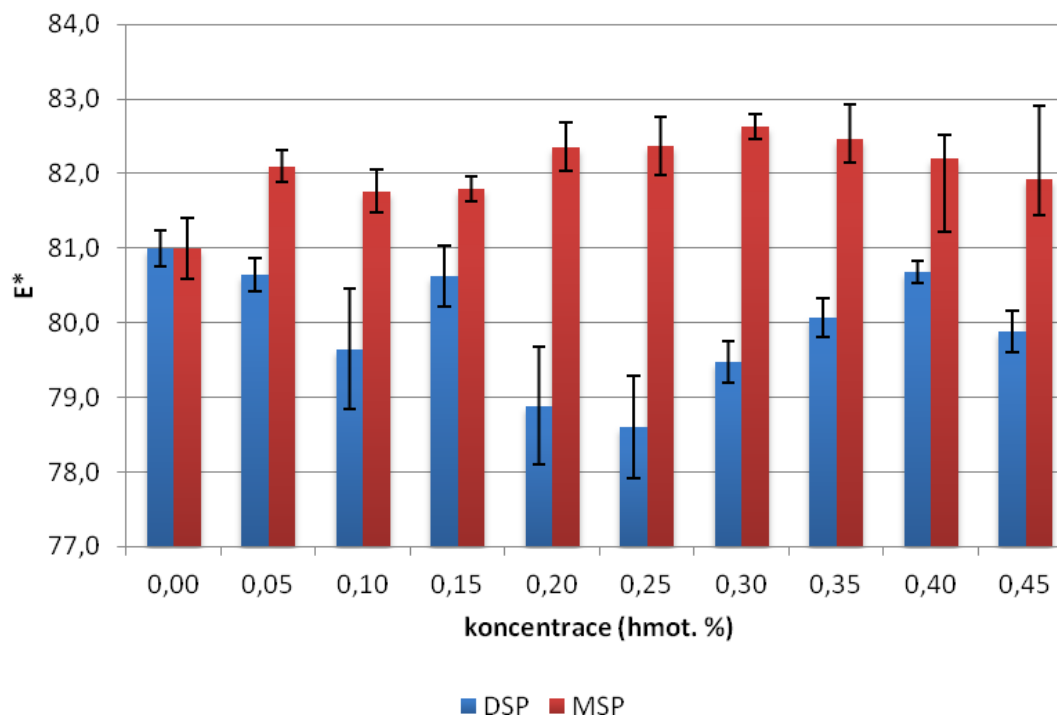
Průměrné hodnoty parametru L\* jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 14, 18). V následujícím grafu je znázorněna závislost světlosti na koncentraci fosforečnanů DSP a MSP. Mezi všemi koncentracemi je statisticky významný rozdíl. Fosforečnan MSP světlost zvyšuje více než DSP. Nejvyšších hodnot dosahuje MSP při koncentraci 0,30 % a poté klesá, zatímco DSP při koncentraci 0,25 % světlost nejvíce snižuje.



Graf 5: Vliv přídavku fosforečnanů na L\*

### 6.2.2 Rozdíl barev E\*

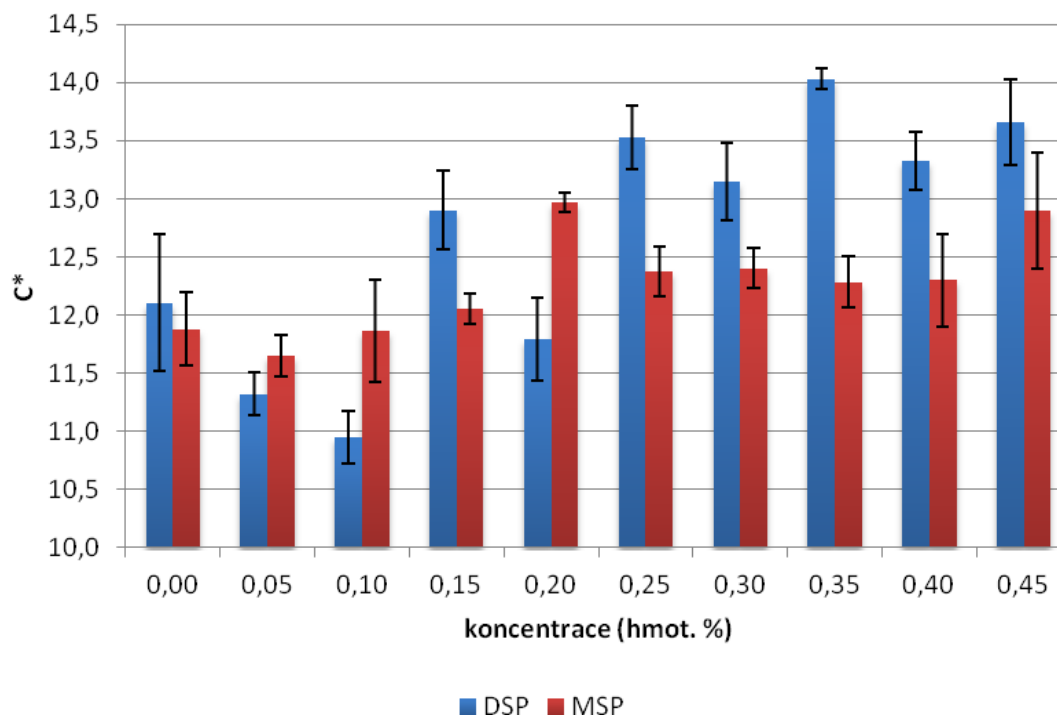
Průměrné hodnoty parametru E\* jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 15, 19). Z grafu 6 je zřejmé, že fosforečnan MSP dosahuje vyššího rozdílu barev než DSP. Také můžeme říci, že oproti kontrole rozdíl barev zvyšuje, zatímco DSP v porovnání s kontrolním vzorkem rozdíl barev snižuje. Ve všech koncentracích je mezi fosforečnany statisticky významný rozdíl.



Graf 6: Vliv přidavku fosforečnanů na E\*

### 6.2.3 Měrná čistota C\*

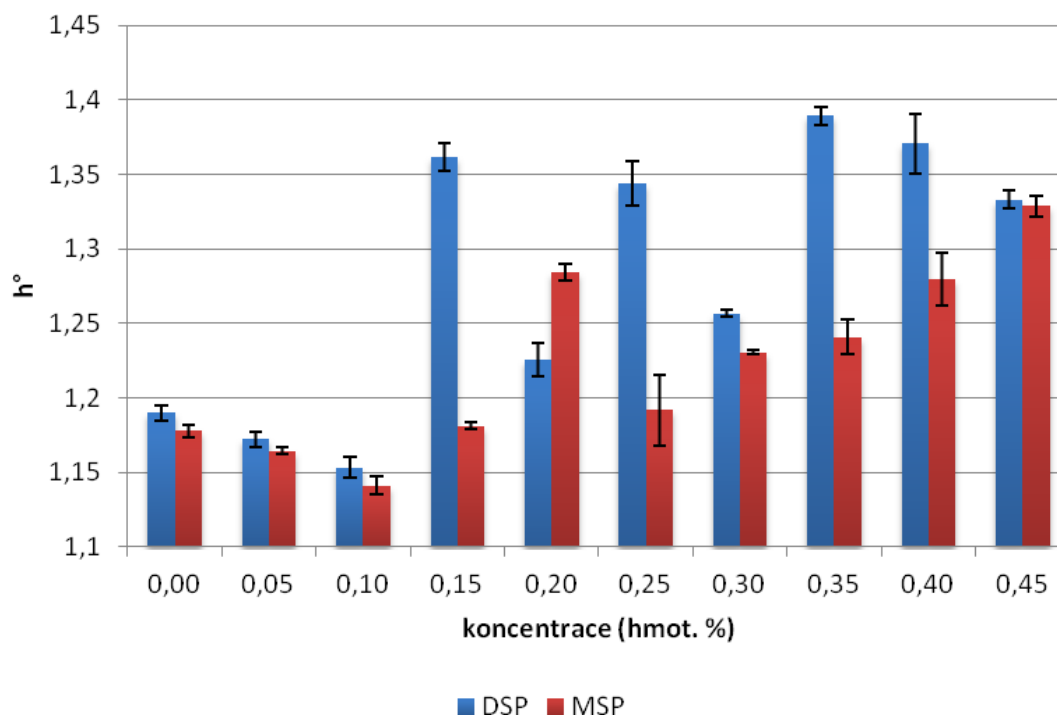
Průměrné hodnoty parametru C\* jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 16, 20). Závislost v grafu 7 ukazuje, že nejvyšší měrná čistota je dosažena v koncentraci 0,35 % působením DSP, naopak nejmenší je v koncentraci 0,10 % díky působení DSP. Statisticky významný rozdíl v působení fosforečnanů je u všech koncentrací s výjimkou 0,05 a 0,45 %. Fosforečnan DSP má větší měrnou čistotu v porovnání s MSP.



Graf 7: Vliv přidavku fosforečnanů na C\*

#### 6.2.4 Měrný úhel $h^\circ$

Průměrné hodnoty parametru  $h^\circ$  jsou uvedeny v příloze PI (tabulka 17, 21). Z údajů grafu 8 vyplývá, že největší rozdíl mezi působením fosforečnanů je při koncentracích 0,15; 0,25 a 0,35 %. Naopak koncentrace 0,05; 0,10 a 0,45 % mají na měrný úhel prakticky stejný vliv. Můžeme vyvodit, že DSP zvyšuje měrný úhel více než MSP.

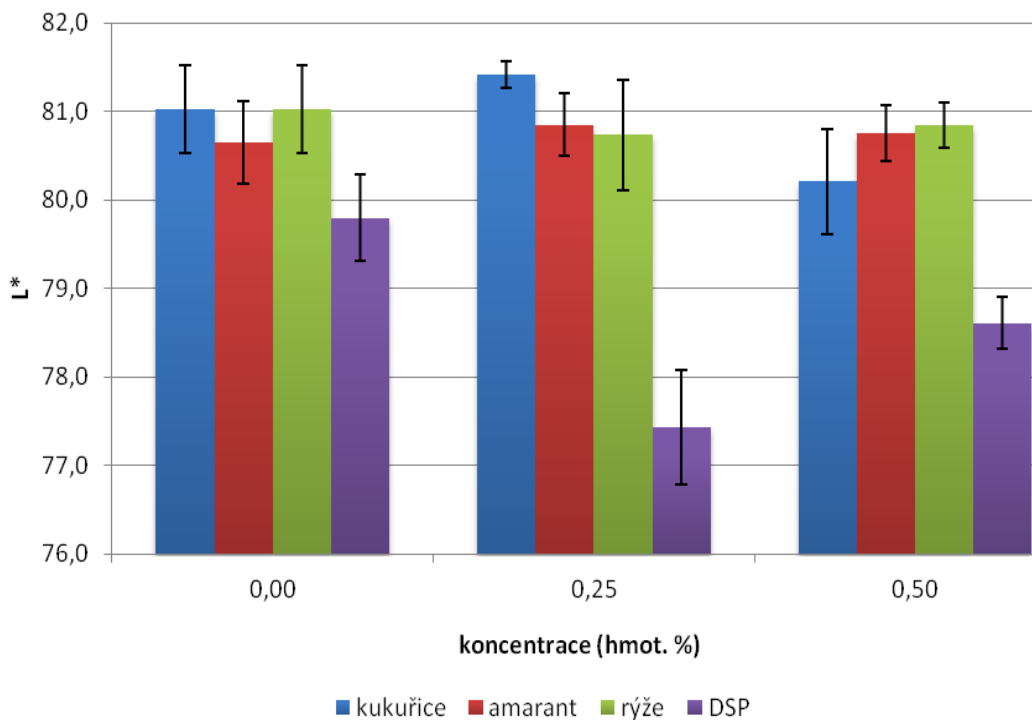


Graf 8: Vliv přidavku fosforečnanů na  $h^\circ$

### 6.3 Srovnání vlivu DSP a látek rostlinného původu

#### 6.3.1 Světlost L\*

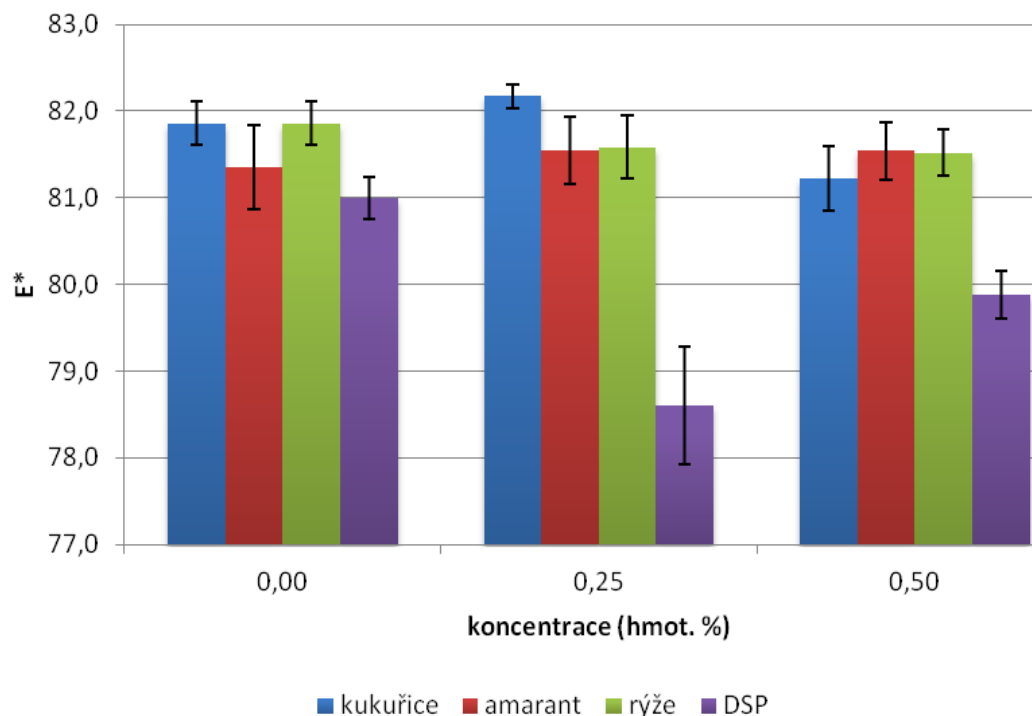
Z grafu 9 lze vyčíst, že v obou porovnávaných koncentracích 0,25 a 0,50 % více na vlastnost L\* působí látky rostlinného původu v porovnání s fosforečnanem. Zatímco látky rostlinného původu dosahují hodnot L\* 80–81, DSP pouze 77,5–78,5. Rozdíl mezi nimi je statisticky významný.



Graf 9: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na L\*

### 6.3.2 Rozdíl barev E\*

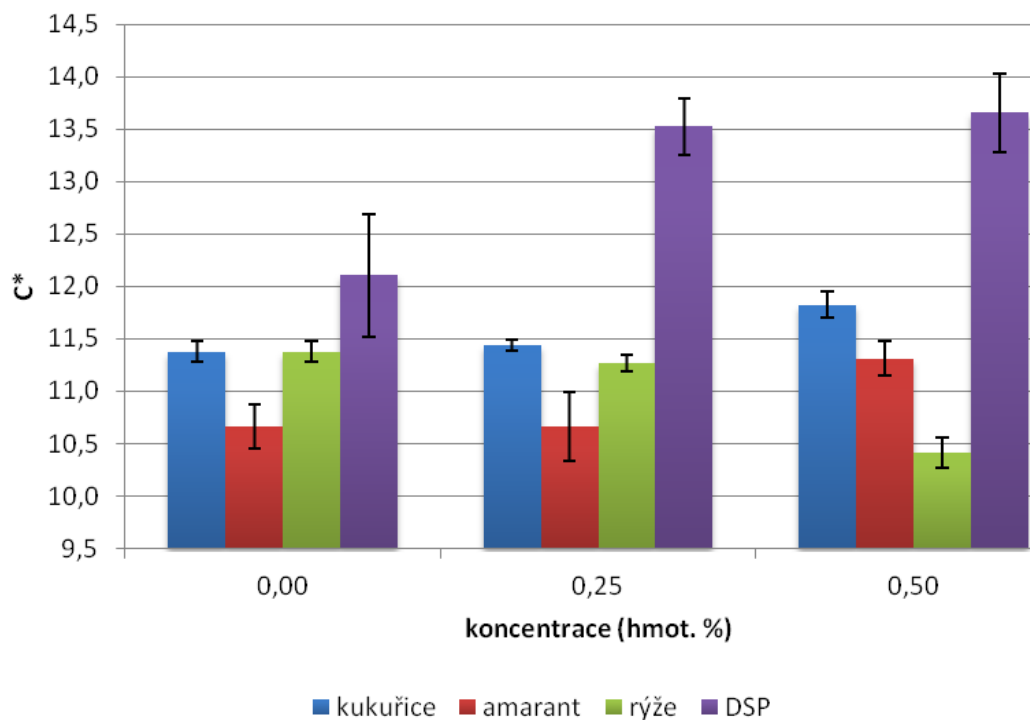
Graf 10 ukazuje vliv na rozdíl barev. Tato vlastnost je v obou koncentracích více ovlivněna látkami rostlinného původu. Rozdíl je statisticky významný. U masných výrobků s obsahem látek rostlinného původu dosahuje rozdíl barev E\* hodnot přes 81 u obou porovnávaných koncentrací. Kdežto u výrobků s přidavkem fosforečnanu DSP při koncentraci 0,25 % dosahuje hodnot 78–79 a při koncentraci 0,50 % do 80.



Graf 10: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na E\*

### 6.3.3 Měrná čistota C\*

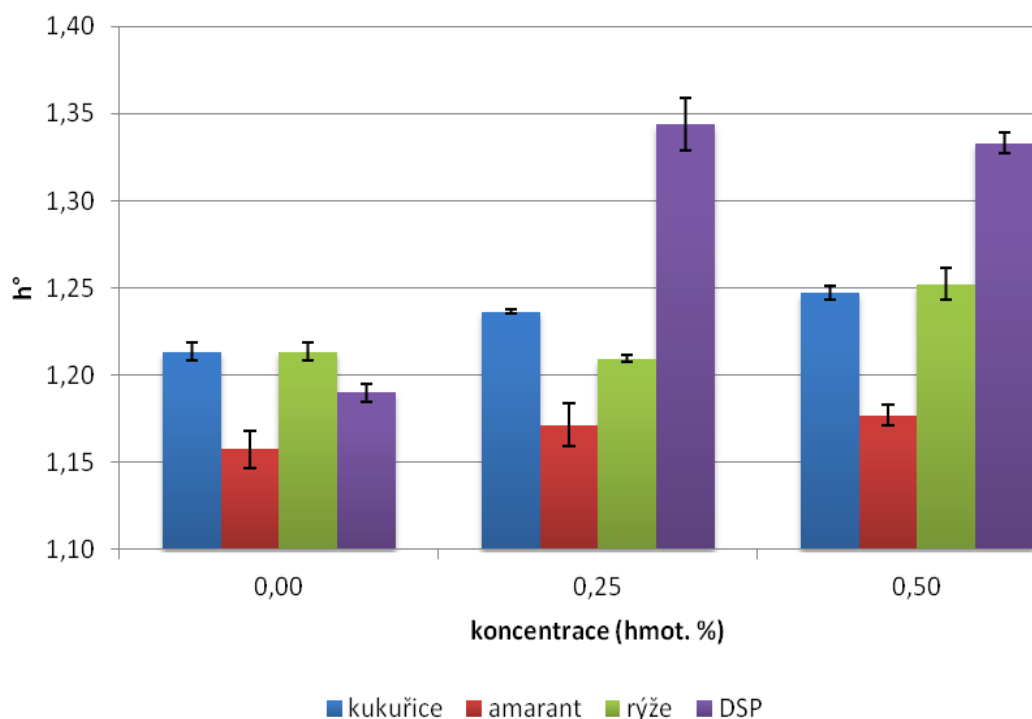
Z grafu 11 vyplývá vliv na měrnou čistotu. U obou porovnávaných koncentrací můžeme zhodnotit, že fosforečnan DSP měrnou čistotu statisticky významně zvyšuje více, než látky rostlinného původu. DSP dosahuje hodnot kolem 13,5, zatímco látky rostlinného původu kolem 10,5 až 11,5.



Graf 11: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na C\*

### 6.3.4 Měrný úhel $h^\circ$

Z údajů grafu 12 je patrné, že měrný úhel je vlastnost, která je více ovlivněna fosforečnanem DSP. DSP dosahuje hodnot kolem 1,35 v porovnání s látkami rostlinného původu, které dosahují hodnot kolem 1,25. Rozdíl mezi nimi je statisticky významný.



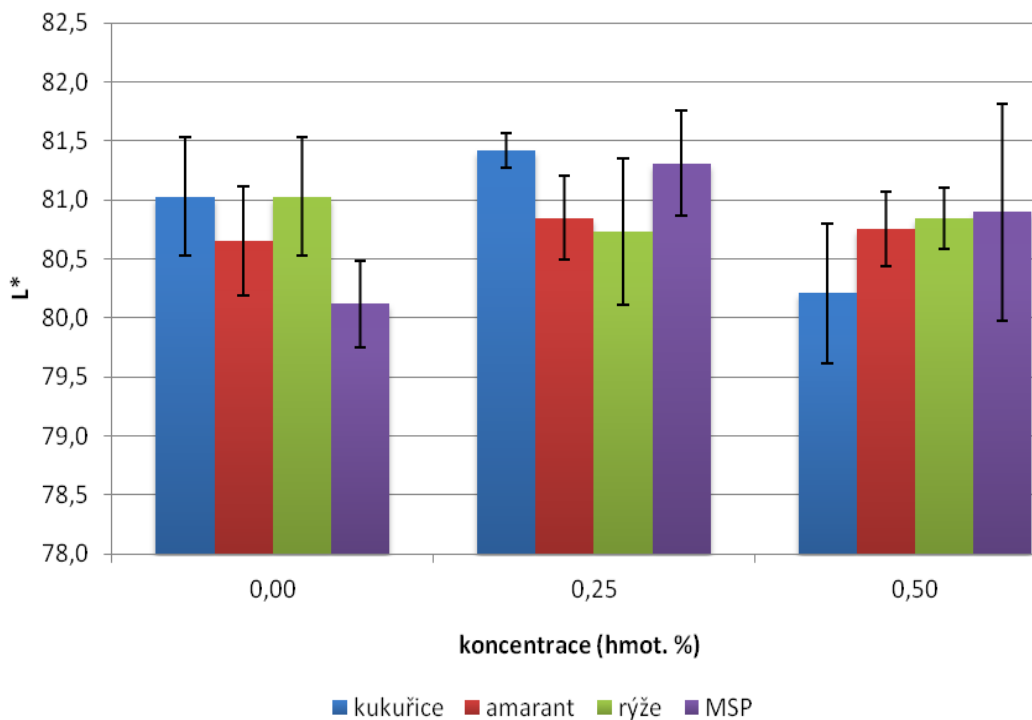
Graf 12: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na  $h^\circ$



## 6.4 Srovnání vlivu MSP a látek rostlinného původu

### 6.4.1 Světlost L\*

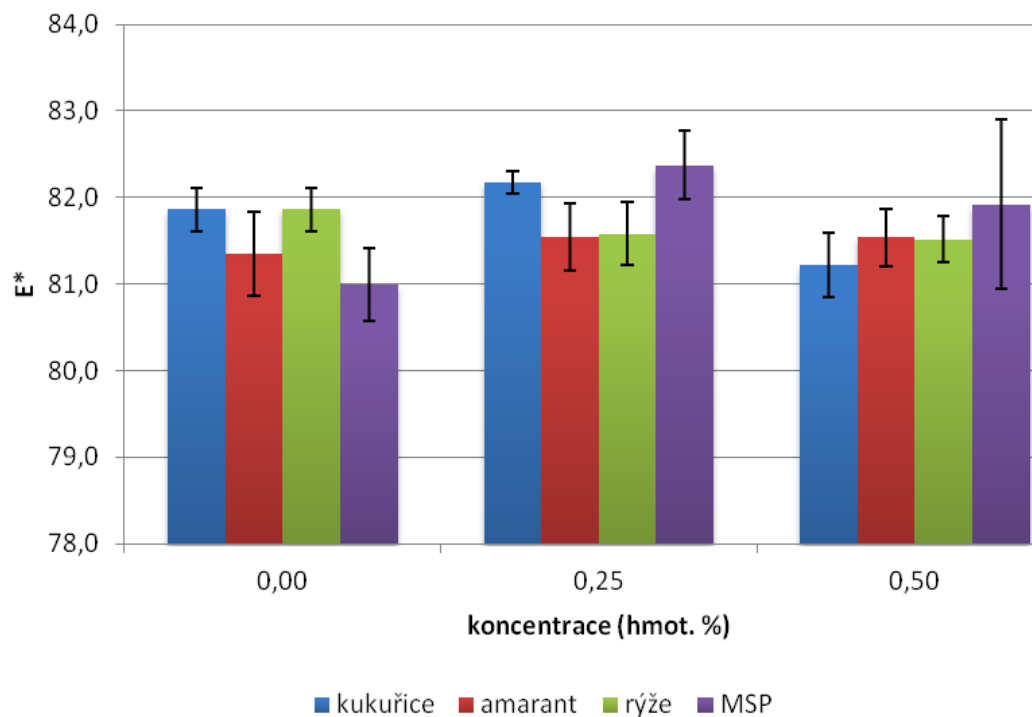
V grafu 13 je znázorněna závislost parametru L\* na koncentraci vybraných látek. Lze si všimnout, že mezi působením fosforečnanu MSP a látkami rostlinného původu není při koncentraci 0,25 a 0,50 % statisticky významný rozdíl. Můžeme tedy říct, že tyto látky působí na světlost masných výrobků stejně.



Graf 13: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na L\*

#### 6.4.2 Rozdíl barev E\*

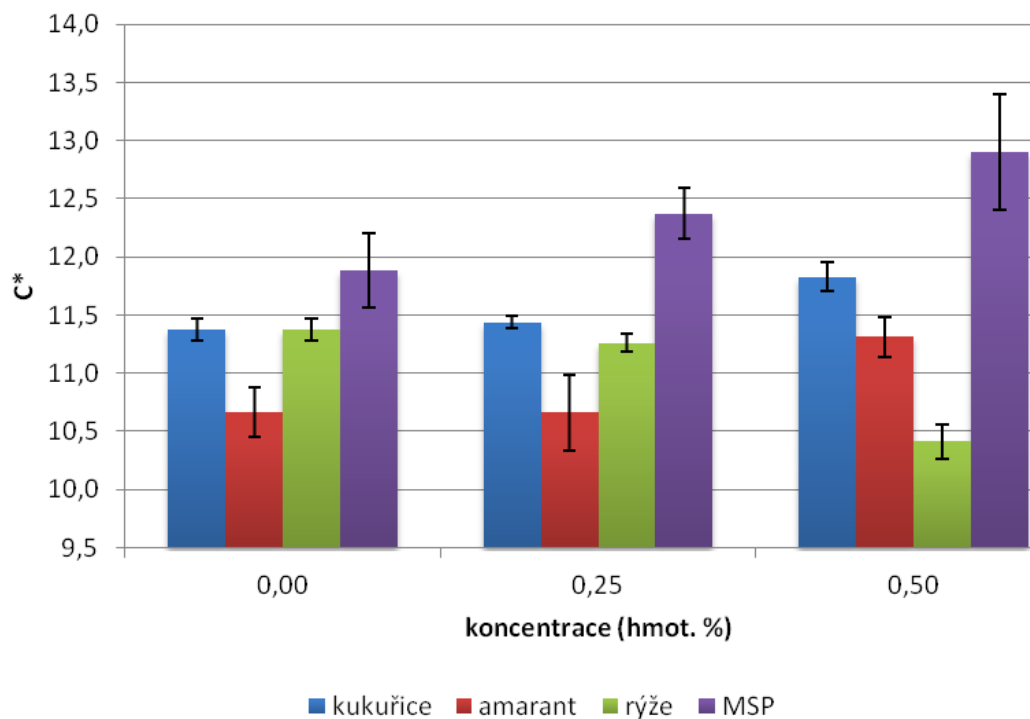
V grafu 14 je vidět podobný trend jako u parametru L\*. Rozdíl barev vzniklý působením fosforečnanu MSP a látek rostlinného původu je velmi podobný. Rozdíly mezi látkami nejsou statisticky významné.



Graf 14: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na E\*

### 6.4.3 Měrná čistota C\*

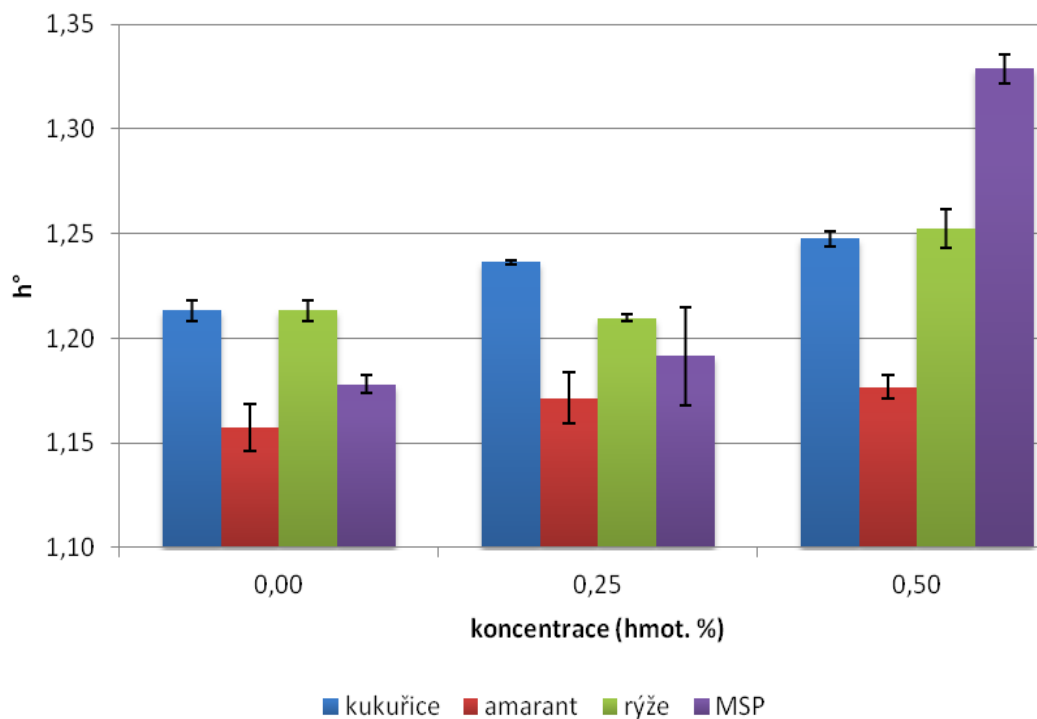
Z grafu 15 lze vyčíst, že fosforečnan MSP působí na měrnou čistotu více, než látky rostlinného původu. V obou koncentracích je rozdíl v jejich působení statisticky významný. U výrobků s fosforečnanem byly naměřeny hodnoty v průměru 12 až 12,5 při 0,25% koncentraci a 12,5 až 13 u koncentrace 0,50 %. Účinky fosforečnanu se blíží při koncentraci 0,50 % kukuřičná mouka s hodnotou 11,8.



Graf 15: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na C\*

#### 6.4.4 Měrný úhel $h^\circ$

V grafu 16 je znázorněna závislost parametru  $h^\circ$  měrného úhlu na koncentraci vybraných látek rostlinného původu a fosforečnanu MSP. Při koncentraci 0,25 % nejvíce měrný úhel zvyšuje mouka kukuřičná. Rozdíl mezi moukou amarantovou a rýžovou a fosforečnanem MSP není statisticky významný. Při koncentraci 0,50 % nejvíce měrný úhel zvyšuje MSP. Rozdíl mezi fosforečnanem a látkami rostlinného původu je statisticky významný.



Graf 16: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na  $h^\circ$

## 6.5 Diskuse

Tato práce byla velmi specificky orientovaná, tudíž se nepodařilo dohledat k porovnání získaných výsledků literaturu, která by přesně odpovídala tomuto experimentu. Proto jsou výsledky diskutovány s pracemi, které se sice nezabývají nahrazováním fosforečnanů v surovinové skladbě masných výrobků stejnými látkami, ale zabývají se jinými látkami rostlinného původu nebo fosforečnany samotnými.

Výsledky měření parametru  $L^*$  světlost ukazují, že hodnoty mají velmi proměnlivý charakter. Hodnoty naměřené u výrobků s přídavkem kukuřičné mouky nejdříve oproti kontrolnímu vzorku s nulovou koncentrací klesají z 81,03 na 80,21 při koncentraci 0,50 %. Poté u výrobků světlost narůstá až do maximální hodnoty 81,79 při 2% koncentraci. Výrobky s amarantovou moukou jsou nejtmaší při koncentraci 0,75 %, kdy naměřené hodnoty klesají oproti kontrolnímu vzorku na 79,5. Poté světlost vykazuje vzrůstající charakter až do nejvyšší hodnoty 81,5. Přídavek rýžové mouky k masnému výrobku vyvolá nárůst světlosti, který dosahuje maxima při koncentraci 0,75 % na hodnotě 81,55. Poté je charakter hodnot velmi proměnlivý, a jelikož mezi výsledky nejsou statisticky významné rozdíly, můžeme říci, že se světlost s narůstající koncentrací rýžové mouky významně nemění a pohybuje se v rozmezí 80,31–81,14.

Další sledovanou technologicky významnou vlastností byl rozdíl barev  $E^*$ . Výrobky s přídavkem kukuřičné mouky dosahují nejvyšších hodnot rozdílu barev při koncentraci 2 %. Naopak nejmenší rozdíl barev v porovnání s kontrolním vzorkem lze pozorovat u koncentrací 0,50; 0,75 a 1,25 % kdy se hodnoty pohybují v rozmezí 81,22–81,28. Přídavek amarantové mouky snižuje rozdíl barev oproti kontrolnímu vzorku při koncentraci 0,75 % a to na hodnotu 80,39. Největší rozdíl barev potom vzniká přídavkem 2 % mouky k masnému výrobku, kdy byla naměřena hodnota 82,35. Vzorky s obsahem rýžové mouky dosahují maximální hodnoty 82,20 při koncentraci 0,75 %. Poté jsou naměřené hodnoty vyrovnané a pohybují se ve velmi malém rozmezí 81,36 až 81,89.

Co se týče parametru  $C^*$  měrná čistota masného výrobku, můžeme konstatovat, že měrná čistota se přídavkem látek rostlinného původu zvyšuje. V řadě vzorků s přídavkem kukuřičné mouky vykazují hodnoty vzestupný charakter. Dvouprocentní přídavek má měrnou čistotu 13,24. Hodnoty vzorků obsahující amarantovou mouku stoupají k hodnotě 12,05 při koncentraci 1,75 %. Při koncentraci 2 % sice dojde k poklesu na 11,95, ale tento

pokles není statisticky významný. Stejný průběh má i přídavek mouky rýžové, která maximálních hodnot 13,04 dosahuje při koncentraci 1,75 % a při koncentraci 2 % klesá na 12,70, ale tento rozdíl také není statisticky významný.

Z hlediska parametru  $h^\circ$  vykazovaly vzorky trend, že s rostoucí koncentrací se měrný úhel zvyšuje. Nejvyšší naměřené hodnoty u vzorků s obsahem kukuřičné mouky se vyskytovaly u koncentrace 1,5 a 2 %. U vzorků s přídavkem mouky amarantové byl zaznamenán i pokles měrného úhlu a to u koncentrace 0,75 %, kdy hodnoty v průměru dosáhly 1,14. Poté měly výsledky charakter mírně stoupající až do maxima 1,24 při koncentraci 2 %. U vzorků s přídavkem rýžové mouky nejdříve měrný úhel zvolna narůstal do koncentrace 0,50 %, poté do koncentrace 1 % klesal, ale pak se začal zvyšovat až na nejvyšší hodnoty 1,28 naměřené u koncentrací 1,75 a 2 %.

Při měření parametru  $L^*$  u masných výrobků s přídavkem fosforečnanů bylo zjištěno, že přídavkem MSP (dihydrogenfosforečnan sodný) je dosaženo větší světlosti výrobku, než s DPS (hydrogenfosforečnan sodný). Největší rozdíl v jejich působení se objevil při koncentraci 0,25 %, kdy DSP dosahuje hodnot 77,43 nižších oproti kontrolnímu vzorku a vzorky obsahující MSP vyšších, a to 81,31. Fosforečnan MSP způsobí nárůst světlosti už při koncentraci 0,05 % a poté si drží vyrovnaný trend s hodnotami pohybujícími se mezi 81 až 82. U vzorků s DSP světlost do koncentrace 0,25 % klesá, poté přichází mírný nárůst do koncentrace 0,40 % na hodnotu 79,66, ale při koncentraci 0,45 % se světlost opět snižuje na 78,61.

Vlastnost masného výrobku  $E^*$  má vlivem přídavku fosforečnanů prakticky stejný průběh jako  $L^*$ . Proto je možné konstatovat, že rozdíl barev zvyšuje přídavek fosforečnanu MSP a naopak v porovnání s kontrolním vzorkem rozdíl barev snižuje přídavek fosforečnanu DSP.

Vzrůstající koncentrace fosforečnanu DSP měla jednoznačný vliv na  $C^*$ . Nejdříve dochází při koncentracích 0,05 a 0,10 % k poklesu oproti standardu na hodnotu 10,91. Poté je charakter vzrůstající a nejvyšší měrná čistota 14,03 byla dosaženo při použití koncentrace 0,35 %. Přídavek fosforečnanu MSP výrazný vliv na  $C^*$  neměl. Lze konstatovat, že došlo k postupnému mírnému nárůstu, kdy kontrolní vzorek měl naměřeno 11,88 a vzorek s přídavkem 0,45 % měl 12,90. U masných výrobků s přídavkem od 0,05 do 0,40 % MSP byly naměřeny hodnoty v rozmezí 11,65–12,40.

Měrný úhel  $h^\circ$  byl jednoznačně snižován přidavkem koncentrace 0,05 a 0,10 % MSP i DSP. Stejně tak můžeme říci, že koncentrace MSP i DSP 0,30 a 0,45 %  $h^\circ$  stejně zvyšují. Naopak největší rozdíl v působení těchto dvou látek byl dosažen u výrobků s obsahem 0,15 %, 1,36 s DSP ku 1,18 s MSP. Podobně se výrobek choval i u koncentrací 0,25; 0,35 a 0,40 %.

V porovnání mouky kukuřičné, amarantové a rýžové s fosforečnanem DSP, má výrobek obsahující fosforečnan v koncentracích 0,25 a 0,50 % významně nižší světlost  $L^*$ . Látky rostlinného původu dosahují hodnot 80–81, DSP pouze 77,5–78,5. Lze konstatovat, že mouky by mohly ve vybraných koncentracích fosforečnan nahradit, při dosažení lepších parametrů  $L^*$ . Stejný vliv je vidět i na  $E^*$ . Srovnáme-li vliv mouky a DSP na  $C^*$ , lze pozorovat statisticky významný rozdíl, který ukazuje, že DSP  $C^*$  zvyšuje více než mouky v obou srovnávaných koncentracích. Stejný vliv má DSP i na  $h^\circ$ . Z hlediska hodnocení  $C^*$  a  $h^\circ$  nemohou mouky kukuřičná, amarantová a rýžová nahradit DSP.

Poslední sledovanou závislostí bylo srovnání působení mouky kukuřičné, amarantové a rýžové s fosforečnanem MSP. Rozdíl mezi těmito látky při měření  $L^*$  a  $E^*$  není statisticky významný a proto je možné konstatovat, že mouky a MSP působí stejně. Co se týče  $C^*$ , tak v obou srovnávaných koncentracích 0,25 a 0,50 %  $C^*$  zvyšuje významně více přídavek MSP. Jeho působení by se mohla blížit mouka kukuřičná. Z hlediska  $h^\circ$ , při koncentraci 0,25 % může být MSP nahrazen kukuřičnou moukou, která má významně vyšší měrný úhel. Koncentrace 0,50 % již ukazuje vyšší vliv fosforečnanu v porovnání s moukami.

Jedním z možných vysvětlení, proč látky rostlinného původu zvyšují světlostí více než fosforečnanu, se zabývala studie Homco-Ryan et al. [54]. Do masného výrobku přidávali modifikovaný kukuřičný lepek, což je vedlejší produkt při mletí kukuřice s vysokým obsahem proteinů. Vzorky byly světlejší než kontrolní vzorek. Rozdíly byly způsobeny velikostí částic, kdy malé částice redukují žlutost, kterou u kukuřice způsobují xantofyly. Čím menší částice, tím menší reflektance (odrazivost světla) a tím světlejší barva. Gómez et al. [55] zkoumali hovězí karbanátky, s přidavkem látky rostlinného původu extraktem z hroznových semen přidávaným v množství 250 mg/kg. Parametr  $L^*$  byl u vzorku s extraktem GSE vyšší. Podle této studie na měrnou čistotu  $C^*$  přídavek extraktu nemá žádný významný vliv a hodnoty nevykazují žádný trend. Ostoja et al. [56] potvrzuje zvýšení světlosti po přidavku 2–3 % amarantu do masové konzervy. Zvýšení světlosti je

vysvětleno tím, že semena amarantu mají vysokou hustotu a navazují velké množství vody, což vede k jakoby naředění svalové tkáně a jasnější barvě. Pokles  $a^*$  podílu červené barvy a pokles  $b^*$  podílu žluté barvy závisel na množství přidaného amarantu. Zhou et al. [29] zkoumal vliv přídavku amarantové mouky do vepřových párků. Přidáno bylo 0,1 %, 0,2 % a 0,3 % pigmentů. Parametr  $L^*$  klesal u vzorků s 0,1 % amarantu a narůstal přidavkem koncentrace 0,2 % a 0,3 %. Parametr  $a^*$  narůstal přidavkem 0,1 % a 0,2 % pigmentů. Vzorky, které obsahovaly amarant, měly srovnatelné nebo vyšší hodnoty parametru  $a^*$  oproti vzorkům s dusitanem. Parametr  $b^*$  se snižoval s přidavkem 0,1 % a 0,2 % amarantu. Z výzkumu lze konstatovat, že vzorky s obsahem amarantu vykazovaly tmavší barvu, intenzivnější červenou a světlejší žlutou barvu v porovnání se vzorky s obsahem dusitanu sodného. Ve studii Hae et al. [25] byl sledován vliv přídavku 1, 3 a 5 % rýžové mouky na fyzikálně chemické vlastnosti karbanátků z hovězího masa. Z výsledků vyplynulo, že rozdíly mezi vzorky jsou pod hladinou významnosti. Proto bylo vyhodnoceno, že přídavek rýžové mouky významně neovlivňuje barevné parametry hovězího masa. Ve studii Gae et al. [26] byl sledován vliv přídavku rýžové mouky na barvu vepřových karbanátků. Obecně lze říci, že 3% přídavek mouky znamenal mírné změny v parametrech  $L^*$  a  $b^*$ , ale neměl žádný vliv na parametr  $a^*$ . Rohlík et al. [57] se zabývali přidavkem extraktu z rozmarýnu, což je přírodní antioxidant, do paprikového salámu z hovězího masa, který je přirozeně červený.  $a^*$  je vyšší s přidavkem extraktu, protože antioxidant zabraňuje oxidačním reakcím. Jinak nevýznamné změny.

Nowak et al. [58] se zaměřil na výzkum barvy klobásy boloňského typu. Cílem bylo nahrazení citrátu za fosforečnan. S fosforečnanem výrobky dosahovaly nižšího  $L^*$ , tzn. byly tmavší než kontrola a měly výrazněji červenou barvu. Ergezer et al. [59] bramborová kaše 10 a 20 % a strouhanka 10 % do nízkotučných masových koulí z hovězího masa. Přídavek kaše i strouhanky zvýšil  $L^*$ .  $a^*$  je nižší a  $b^*$  není ovlivněno. Samuel a Trabelsi [60] zkoumali vliv marinování v marinádě s obsahem polyfosforečnanu sodného na drůbeží prsí svalovinu. Fosforečnan snižuje pH a nižší pH znamená bledší, světlejší maso. Po marinování došlo k snížení  $L^*$ ,  $a^*$ . Kim et al. [61] sledovali efekt přídavku laktátu a polyfosforečnanu sodného (0,3 %) k hovězímu masu skladovanému v modifikované atmosféře.  $L^*$  se přidavkem těchto látek snížilo a vzniklo povrchové tmavnutí masa způsobené reakcemi laktátu s laktátdehydrogenázou. Hurtado et al. [62] využili prasečí plazmu jako náhradu za polyfosforečnany ve vepřových párcích. V párcích s obsahem



pouze plazmy a kontrolních byla barva červenější a světlejší a méně žlutá, než uvádějí jiné literární zdroje. Rozdíl mezi plazmou a kontrolou je v  $L^*$  a  $a^*$ . Je to způsobeno reziduálním hemoglobinem v plazmě, který reagoval s dusitanem. Párky s plazmou jsou sice světlejší, ale plazmou se dají částečně nahradit umělá barviva při dosažené požadované červené barvy typické pro párky, za předpokladu že v plazmě je obsažen reziduální hemoglobin.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla věnována výzkumu působení fosforečnanů a látek rostlinného původu na barvu masných výrobků. Používanými fosforečnany byly hydrogenfosforečnan sodný (DSP) a dihydrogenfosforečnan sodný (MSP). Do modelových masných výrobků byly přidávány v koncentracích od 0 do 0,45 hmot. % po kroku 0,05 hmot. %. Ze skupiny látek rostlinného původu byly vybrány mouky kukuřičná, amarantová a rýžová. Ty se přidávaly v rozpětí koncentrací od 0 do 2,00 hmot. % s krokem 0,25 hmot. %.

Bylo zjištěno, že přidavkem látky rostlinného původu dochází ke zvýšení světlosti masného výrobku. Největší vliv má mouka kukuřičná. Stejný závěr můžeme vyvodit i o parametru rozdíl barev. Měrná čistota a měrný úhel přidavkem látky rostlinného původu narůstali a nejvyšší hodnoty dosahovali s přidavkem kukuřičné mouky. Působením fosforečnanu MSP se světlost výrobku zvyšovala a s přidavkem DSP mírně snižovala, což znamená, že výrobek byl tmavší. No rozdíl barev má větší vliv také MSP. Co se týče měrné čistoty a měrného úhlu, můžeme konstatovat, že vyšších hodnot naopak dosahuje fosforečnan DSP. Přídavek látky rostlinného původu zvyšuje světlost výrobku, což se potvrdilo i v našem výzkumu. Také jsme dokázali, že v porovnání s fosforečnany nemá statisticky významný vliv na parametr měrnou čistotu při vybraných koncentracích 0,25 a 0,50 %. Také můžeme konstatovat, že při zvolených koncentracích by mohly mouky kukuřičná, amarantová a rýžová nahradit fosforečnany MSP a DSP z hlediska jejich vlivu na světlost výrobku a rozdíl barev. Naopak u barevných vlastností měrná čistota a měrný úhel mouky dosahují výrazně nižších hodnot než fosforečnany. Při rozhodování, zdali je možné fosforečnany v surovinové skladbě masného výrobku nahradit za látky rostlinného původu, by bylo potřeba zvážit, jakých barevných vlastností by mělo být přesně dosaženo. Zajímavým rozšířením tohoto výzkumu by do budoucna mohlo být sledování barevných parametrů v závislosti na době skladování.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Česká republika. Předpis č. 264/2003 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 326/2001 Sb., kterou se provádí §18 písm. a), d), g), h), i) a j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. In: Sbíрка zákonů. 2003.
- [2] INGR, I. *Produkce a zpracování masa*. 2. vydání. Brno: Mendlova Univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-510-2.
- [3] STEINHAUSER, L. a kol. *Hygiena a technologie masa*. Brno: LAST, 1995, 643 s. ISBN 80-900-2604-4.
- [4] DEVINE, C. DIKEMAN, M. *Encyclopedia of Meat Science*. Three volume set, Academic Press, 2004, 1500 s. ISBN 0080924441. [online]. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?id=srgvtq14f1AC&pg=PT554&dq=Meat+Science:+An+Introductory+Text+Warriss,+P.+D.&hl=cs&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=srgvtq14f1AC&pg=PT554&dq=Meat+Science:+An+Introductory+Text+Warriss,+P.+D.&hl=cs&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false)
- [5] HEINZ, G. HAUTZINGER, P. *Meat processing technology for small- to medium-scale producers*. Bangkok: FAO, 2007. ISBN 978-974-7946-99-4. [online]. [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/010/ai407e/ai407e03.htm>
- [6] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [7] Chemistry in the meat industry. [online]. [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/animal/5A.pdf>
- [8] Něco málo o mase. *Potravinářské dneška*. 05/2009. [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://www.eufic.org/article/cs/artid/Neco-malo-mase/>
- [9] ARANA, I. *Physical properties of foods: novel measurement techniques and applications*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012. 406 s. ISBN 1439835365.
- [10] ČSN ISO 11036, *Senzorická analýza - Metodologie - Profil textury*. 1997.

- [11] PÉREZ–ALVAREZ, J. A. FERNANDÉZ–LÓPEZ, J. ROSMINI, M. R. Chemical and physical aspects of color in frozen muscle-based foods. *Handbook of Frozen Foods*, 2004.
- [12] TAUB, I. SINGH, A. *Food storage stability*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1998, 539 s. ISBN 084932646x.
- [13] ČSN ISO 011718, *Měření barev*. 1992.
- [14] Potravinová aditiva. *Potraviny dneška*. 12/2009. [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://www.eufic.org/article/cs/food-safety-quality/food-additives/artid/Potravinova-aditiva/>
- [15] Přídavné látky (aditiva). Státní potravinářská a zemědělská inspekce [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1005724&docType=ART>
- [16] BRANEN, L. et al. *Food additives*. 2. vyd. New York: Marcel Dekker, 2002, 988 s. ISBN 0203904001.
- [17] FEINER, G. *Meat products handbook: practical science and technology*. 1. vydání. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006. 672 s. ISBN 0849380103.
- [18] LONG, N. et al. Use of phosphates in meat products. *African Journal of Biotechnology*, 2011, roč. 10, č. 86, s. 19874–19882.
- [19] LAMPILA, L. E. Applications and functions of food-grade phosphates. *Annals of the New York academy of sciences*, 2013, s. 37–44, ISSN 0077-8923.
- [20] HVÍZDALOVÁ, I. *Masné výrobky*. [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: [http://www.agronavigator.cz/UserFiles/File/Agronavigator/masn\\_vrobky.pdf](http://www.agronavigator.cz/UserFiles/File/Agronavigator/masn_vrobky.pdf)
- [21] NOLLET, L. M. L. TOLDRA, F. *Sensory Analysis Of Foods of Animal Origin*. CRC Press, 2010. 457 s. ISBN 1439847967.
- [22] CUPISTI, A. et al. Novel Differential Measurement of Natural and Added Phosphorus in Cooked Ham With or Without Preservatives. *Journal of Renal Nutrition*, roč. 22, č. 6, 2012, s. 533–540.
- [23] BUREŠOVÁ, I. LORENCOVÁ, E. *Výroba potravin rostlinného původu. Zpracování obilovin*, 1. vyd. ZLÍN: UTB, 2013, 302 s. ISBN 978-80-7454-278-7.

- [24] KUČEROVÁ, J. PELIKÁN, M. HŘIVNA, L. *Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů*. 1. vyd. Brno: Vydavatelství MZLU, 2007, 127 s. ISBN 978-80-7375-088-6.
- [25] HAE, CH. Y, et al. Physicochemical and organoleptic characteristics of seasoned beef patties with added glutinous rice flour. *Meat Science*, 2012, č. 92, s. 464–468.
- [26] GAO, X. ZHANG, W. ZHOU, G. Effects of glutinous rice flour on the physiochemical and sensory qualities of ground pork patties. *Food Science and Technology*, 2014, č. 58, s. 135–141.
- [27] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2007, 55 s. ISBN 978-80-7271-184-0. [online]. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: [http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kopov\\_Cerelie%20web.pdf](http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kopov_Cerelie%20web.pdf)
- [28] BAVEC, F. BAVEC, M. *Organic Production and Use of Alternative Crops*. CRC Press, 2006, 241 s. ISBN 9781420017427.
- [29] ZHOU, C. et al. Effect of Amaranthus Pigments on Quality Characteristics of Pork Sausages. *Asian – Australian Journal of Animal Science*. 2012, roč. 25, č. 10, s. 1493–1498.
- [30] BREWER, S. Irradiation effects on meat color – a review. *Meat Science*. 2004, č. 68, s. 1–17.
- [31] STRATA, I. MALOTA, L. *Chemické vyšetření masa (klasické laboratorní metody)*. ISBN 80-86659-09-7.
- [32] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-86659-03-8.
- [33] HUI, Y. *Handbook of meat and meat processing*. 2. vyd. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012, 982 s. ISBN 9781439836835.
- [34] BOLES, J. A. PEGG, R. *Meat Color*. [online]. [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.cfs.purdue.edu/FN/fn453/meat%20color.pdf>
- [35] MANCINI, R. A. HUNT, M. C. Current research in meat color. *Meat Science*, 2005, č. 71, s. 100–121.

- [36] PIPEK, P. *Základy technologie masa*, Vyškov, 1998. ISBN 80-7231-010-0.
- [37] POLIDORI, P. et al. Physical and chemical characteristics of donkey meat from Martina Franca Breed, *Meat Science*. 2009, roč. 82, s. 469–471.
- [38] BARBUT, S. *Poultry products processing: an industry guide*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002, 548 s. ISBN 978-1-4200-3174-4.
- [39] PAKULA, CH. STAMMINGER, R. Measuring changes in internal meat colour, colour lightness and colour opacity as predictors of cooking time. *Meat Science*. 2012, č. 90, s. 721–727.
- [40] MCCLURE, B. N. et al. The Effect of lactate on nitrosylmyoglobin formation from nitrite and metmyoglobin in a cured meat system. *Food Chemistry*. 2011, č. 129, s. 1072–1079.
- [41] Slovník potravin – Iridescence. [online]. [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92179.aspx>
- [42] HONIKEL, K. O. References method for assessment of Physical Characteristic of meat. *Meat science*. 1998, roč. 49, č. 4, s. 447–457.
- [43] ESMER, O. K. et al. The effect of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat. *Meat Science*. 2011, č. 88, s. 221–226.
- [44] HIRAOKA, Y. et al. Preventive method of color deterioration of yellowtail dark muscle during frozen storage and post thawing. *Fisheries Science*. 2004, č. 70, s. 1130–1136.
- [45] DAI, Y. et al. Changes in oxidation, color and texture deteriorations during refrigerated storage of ohmically and water bath-cooked pork meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2014, č. 26, s. 341–346.
- [46] HUGHES, J. M. et al. Improving beef meat colour scores at carcass grading. *Animal Production Science*. 2014, č. 54, s. 422–429.
- [47] KARAMUCKI, T. et al. The influence of myoglobin on the colour of minced pork loin. *Meat Science*. 2013, č. 94, s. 234–238.

- [48] KING, N. J. WHYTE, R. Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. *Journal of Food Science*. 2006, roč. 71, č. 4, s. 31–40.
- [49] TAPP, W. N. YANCEY, J. W. S APPLE, J. K. How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*. 2011, č. 89, s. 1–5.
- [50] CRUZ, R. M. KHMELINSKII, I. VIEIRA, M. M. C. *Methods in food analysis*. CRC Press, 2014, 240 s. ISBN 978-1-4822-3196-0.
- [51] CIE komise. [online]. [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: [http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008\\_2009/pospisilova\\_rousarova/cie.html](http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/pospisilova_rousarova/cie.html)
- [52] ZMEŠKAL, O. ČEPPAN, M. DZIK, P. Barevné prostory a správa barev. 2002, č. 10, s.1–14. [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/>
- [53] FAKULTA VETERINÁRNÍ HYGIENY A EKOLOGIE. *Statistika a výpočetní technika: Vylučování extrémních hodnot souboru* [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn2/extremy.htm>
- [54] HOMCO-RYAN, C. L. et al. Effect of modified corn gluten meal on quality characteristics of a model emulsified meat products. *Meat Science*. 2004, č. 67, s. 335–341.
- [55] GÓMEZ, I. et al. Low-fat beef patties with augmented omega-3 fatty acid and CLA levels and influence of grape seed extract. *Journal of Food Science*. 2014, roč. 79, č. 11, s. 2368–2376.
- [56] OSTOJA, H. et al. Effect of addition of grit made of crude and expanded amaranth seeds on the quality of canned meat. *Nahrung/Food*. 2002, roč. 46, č. 4, s. 270–275.
- [57] ROHLÍK, B-A. PIPEK, P. PÁNEK, J. The effect of natural antioxidants on the colour and lipid stability of paprika salami. *Czech J. Food Science*. 2013, č. 31, s. 307–312.
- [58] NOWAK, B. et al. Energy content, sensory properties and microbiological shelf life of german bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer. *Journal of Food Science*. 2007, roč. 72, č. 9, s. 629–638.

- [59] ERGEZER, H. AKCAN, T. SERDAOGLU, M. The effect of potato puree and bread crumbs on some quality characteristics of low fat meatballs. *Korean Journal of Food Science An.* 2014, roč. 34, č. 5, s. 561–569.
- [60] SAMUEL, D. TRABELSI, S. Influence of color on dielectric properties of marinated poultry breast meat. *Poultry Science.* 2012, č. 91, s. 2011–2016.
- [61] KIM, H. Y. et al. Effect of lactate/phosphate injection enhancement on oxidation stability and protein degradation in early postmortem beef cuts packaged in high oxygen modified atmosphere. *Meat Science.* 2010, č. 86, s. 852–858.
- [62] HURTADO, S. et al. Porcine plasma as polyphosphate and caseinate replacer in frankfurters. *Meat Science.* 2012, č. 90, s. 624–628.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ATP	adenosintrifosfát
NAD <sup>+</sup>	nikotinamidadenindinukleotid (oxidovaná forma)
PUFA	polyunfatted acid
WB	Warner-Bratzler
EU	Evropská unie
STPP	trisosforečnan sodný
TSPP	difosforečnan sodný
SHMP	hexametafosforečnan sodný
NaCl	chlorid sodný
NOMb	nitrosomyoglobin
MetMb	metmyoglobin
MbO <sub>2</sub>	oxomyoglobin
Mb	myoglobin
NADH	nikotinamidadenindinukleotid (redukovaná forma)
PSE	vada jakosti masa – bledé, měkké, vodnaté (z anglického pale, soft, exudative)
DFD	vada jakosti masa – tmavé, tvrdé, suché (z anglického dark, firm, dry)
MAP	balení v modifikované atmosféře (z anglického modify atmosphere packing)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Schematické znázornění myoglobinu a hemu [33] .....	26
Obrázek 2: Různé stavy myoglobinu a barvy drůbežího masa (upraveno dle [38]) .....	31
Obrázek 3: Vliv konečného pH na barvu hovězího masa [34] .....	33
Obrázek 4: Trojrozměrná struktura systému L* a* b* [51] .....	38

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Složení svaloviny čerstvého a opracovaného masa (upraveno dle [5]) .....	13
Tabulka 2: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty L* .....	78
Tabulka 3: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty E* .....	78
Tabulka 4: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty C* .....	78
Tabulka 5: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty h ° .....	79
Tabulka 6: Přídavek amarantové mouky – průměrné hodnoty L* .....	79
Tabulka 7: Přídavek amarantové mouky – průměrné hodnoty E* .....	79
Tabulka 8: Přídavek amarantové mouky – průměrné hodnoty C* .....	80
Tabulka 9: Přídavek amarantové mouky – průměrné hodnoty h ° .....	80
Tabulka 10: Přídavek rýžové mouky – průměrné hodnoty L* .....	80
Tabulka 11: Přídavek rýžové mouky – průměrné hodnoty E* .....	81
Tabulka 12: Přídavek rýžové mouky – průměrné hodnoty C* .....	81
Tabulka 13: Přídavek rýžové mouky – průměrné hodnoty h ° .....	81
Tabulka 14: Přídavek DSP – průměrné hodnoty L* .....	82
Tabulka 15: Přídavek DSP – průměrné hodnoty E* .....	82
Tabulka 16: Přídavek DSP – průměrné hodnoty C* .....	82
Tabulka 17: Přídavek DSP – průměrné hodnoty h ° .....	83
Tabulka 18: Přídavek MSP – průměrné hodnoty L* .....	83
Tabulka 19: Přídavek MSP – průměrné hodnoty E* .....	83
Tabulka 20: Přídavek MSP – průměrné hodnoty C* .....	84
Tabulka 21: Přídavek MSP – průměrné hodnoty h ° .....	84

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Vliv přídavku látky rostlinného původu na $L^*$ .....	45
Graf 2: Vliv přídavku látky rostlinného původu na $E^*$ .....	46
Graf 3: Vliv přídavku látky rostlinného původu na $C^*$ .....	47
Graf 4: Vliv přídavku látky rostlinného původu na $h^\circ$ .....	48
Graf 5: Vliv přídavku fosforečnanů na $L^*$ .....	49
Graf 6: Vliv přídavku fosforečnanů na $E^*$ .....	50
Graf 7: Vliv přídavku fosforečnanů na $C^*$ .....	51
Graf 8: Vliv přídavku fosforečnanů na $h^\circ$ .....	52
Graf 9: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na $L^*$ .....	53
Graf 10: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na $E^*$ .....	54
Graf 11: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na $C^*$ .....	55
Graf 12: Rozdíl vlivu DSP a látek rostlinného původu na $h^\circ$ .....	56
Graf 13: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na $L^*$ .....	57
Graf 14: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na $E^*$ .....	58
Graf 15: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na $C^*$ .....	59
Graf 16: Rozdíl vlivu MSP a látek rostlinného původu na $h^\circ$ .....	60

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: souhrn naměřených hodnot .....	78
--	----

**PŘÍLOHA PI: SOUHRN NAMĚŘENÝCH HODNOT**

Tabulka 2: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty L\*

Koncentrace KM [hmot. %]	Průměrné L* [1]	SMODCH [1]
0	81,03	0,50
0,25	81,42	0,15
0,50	80,21	0,60
0,75	80,39	0,55
1,00	80,95	0,26
1,25	80,53	1,00
1,50	81,12	0,80
1,75	81,49	0,42
2,00	81,79	0,40

Tabulka 3: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty E\*

Koncentrace KM [hmot. %]	Průměrné E* [1]	SMODCH [1]
0	81,86	0,26
0,25	82,17	0,13
0,50	81,22	0,38
0,75	81,24	0,52
1,00	81,74	0,25
1,25	81,28	1,00
1,50	82,15	0,83
1,75	82,51	0,48
2,00	82,90	0,35

Tabulka 4: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty C\*

Koncentrace KM [hmot. %]	Průměrné C* [1]	SMODCH [1]
0	11,38	0,10
0,25	11,44	0,05
0,50	11,83	0,12
0,75	11,79	0,30
1,00	11,82	0,17
1,25	12,46	0,34
1,50	12,94	0,80
1,75	12,94	0,42
2,00	13,24	0,18

Tabulka 5: Přídavek kukuřičné mouky – průměrné hodnoty h °

Koncentrace KM [hmot. %]	Průměrné h [°]	SMODCH [1]
0	1,21	0,01
0,25	1,24	0,00
0,50	1,25	0,00
0,75	1,26	0,01
1,00	1,26	0,01
1,25	1,27	0,00
1,50	1,35	0,01
1,75	1,32	0,00
2,00	1,36	0,01

Tabulka 6: Přídavek amarantové mouky – průměrné hodnoty L\*

Koncentrace AM [hmot. %]	Průměrné L* [1]	SMODCH [1]
0	80,65	0,46
0,25	80,85	0,35
0,50	80,75	0,31
0,75	79,49	0,73
1,00	80,29	0,60
1,25	80,99	0,57
1,50	80,18	0,41
1,75	80,60	0,44
2,00	81,48	0,39

Tabulka 7: Přídavek amarantové mouky – průměrné hodnoty E\*

Koncentrace AM [hmot. %]	Průměrné E* [1]	SMODCH [1]
0	81,35	0,49
0,25	81,55	0,39
0,50	81,54	0,33
0,75	80,39	0,68
1,00	81,10	0,63
1,25	81,84	0,62
1,50	81,05	0,46
1,75	81,49	0,47
2,00	82,35	0,42

Tabulka 8: Příklad amarantové mouky – průměrné hodnoty C\*

Koncentrace AM [hmot. %]	Průměrné C* [1]	SMODCH [1]
0	10,66	0,21
0,25	10,66	0,33
0,50	11,31	0,17
0,75	10,92	0,27
1,00	11,40	0,29
1,25	11,77	0,35
1,50	11,84	0,40
1,75	12,05	0,26
2,00	11,95	0,23

Tabulka 9: Příklad amarantové mouky – průměrné hodnoty h °

Koncentrace AM [hmot. %]	Průměrné h [°]	SMODCH [1]
0	1,16	0,01
0,25	1,17	0,01
0,50	1,18	0,01
0,75	1,14	0,00
1,00	1,19	0,01
1,25	1,23	0,01
1,50	1,19	0,00
1,75	1,20	0,01
2,00	1,24	0,01

Tabulka 10: Příklad rýžové mouky – průměrné hodnoty L\*

Koncentrace RM [hmot. %]	Průměrné L* [1]	SMODCH [1]
0	81,03	0,50
0,25	80,73	0,62
0,50	80,84	0,26
0,75	81,55	0,58
1,00	80,90	0,72
1,25	80,86	0,48
1,50	81,14	0,58
1,75	80,31	0,85
2,00	81,00	0,42



Tabulka 11: Přídavek rýžové mouky – průměrné hodnoty E\*

Koncentrace RM [hmot. %]	Průměrné E* [1]	SMODCH [1]
0	81,86	0,26
0,25	81,58	0,36
0,50	81,52	0,27
0,75	82,20	0,58
1,00	81,61	0,74
1,25	81,45	0,51
1,50	81,86	0,63
1,75	81,36	0,91
2,00	81,89	0,39

Tabulka 12: Přídavek rýžové mouky – průměrné hodnoty C\*

Koncentrace RM [hmot. %]	Průměrné C* [1]	SMODCH [1]
0	11,38	0,10
0,25	11,26	0,08
0,50	10,41	0,15
0,75	10,34	0,10
1,00	10,76	0,24
1,25	11,16	0,25
1,50	10,84	0,38
1,75	13,04	0,47
2,00	12,70	0,13

Tabulka 13: Přídavek rýžové mouky – průměrné hodnoty h °

Koncentrace RM [hmot. %]	Průměrné h [°]	SMODCH [1]
0	1,21	0,01
0,25	1,21	0,00
0,50	1,25	0,01
0,75	1,22	0,00
1,00	1,22	0,01
1,25	1,23	0,00
1,50	1,22	0,00
1,75	1,28	0,00
2,00	1,28	0,00

Tabulka 14: Přídavek DSP – průměrné hodnoty L\*

Koncentrace DSP [hmot. %]	Průměrné L* [1]	SMODCH [1]
0	79,80	0,49
0,05	79,71	0,31
0,10	78,90	0,78
0,15	79,59	0,36
0,20	78,00	0,75
0,25	77,43	0,65
0,30	78,16	0,36
0,35	78,72	0,32
0,40	79,66	0,21
0,45	78,61	0,21

Tabulka 15: Přídavek DSP – průměrné hodnoty E\*

Koncentrace DSP [hmot. %]	Průměrné E* [1]	SMODCH [1]
0	81,00	0,24
0,05	80,64	0,23
0,10	79,65	0,80
0,15	80,63	0,41
0,20	78,89	0,79
0,25	78,60	0,69
0,30	79,47	0,28
0,35	80,06	0,26
0,40	80,68	0,14
0,45	79,88	0,28

Tabulka 16: Přídavek DSP – průměrné hodnoty C\*

Koncentrace DSP [hmot. %]	Průměrné C* [1]	SMODCH [1]
0	12,11	0,58
0,05	11,32	0,19
0,10	10,94	0,23
0,15	12,90	0,34
0,20	11,79	0,35
0,25	13,52	0,27
0,30	13,15	0,33
0,35	14,03	0,09
0,40	13,33	0,25
0,45	13,66	0,37

Tabulka 17: Přídavek DSP – průměrné hodnoty h °

Koncentrace DSP [hmot. %]	Průměrné h [°]	SMODCH [1]
0	1,18	0,05
0,05	1,17	0,01
0,10	1,15	0,01
0,15	1,36	0,01
0,20	1,23	0,01
0,25	1,34	0,01
0,30	1,26	0,00
0,35	1,39	0,01
0,40	1,37	0,02
0,45	1,33	0,01

Tabulka 18: Přídavek MSP – průměrné hodnoty L\*

Koncentrace MSP [hmot. %]	Průměrné L* [1]	SMODCH [1]
0	80,12	0,37
0,05	81,36	0,02
0,10	80,90	0,23
0,15	80,96	0,19
0,20	81,21	0,40
0,25	81,31	0,44
0,30	81,69	0,15
0,35	81,54	0,45
0,40	81,34	0,25
0,45	80,90	0,92

Tabulka 19: Přídavek MSP – průměrné hodnoty E\*

Koncentrace MSP [hmot. %]	Průměrné E* [1]	SMODCH [1]
0	80,99	0,41
0,05	82,10	0,22
0,10	81,77	0,29
0,15	81,80	0,17
0,20	82,36	0,33
0,25	82,37	0,40
0,30	82,64	0,17
0,35	82,46	0,47
0,40	82,20	0,33
0,45	81,92	0,98

Tabulka 20: Příklad MSP – průměrné hodnoty C\*

Koncentrace MSP [hmot. %]	Průměrné C* [1]	SMODCH [1]
0	11,88	0,32
0,05	11,65	0,18
0,10	11,87	0,44
0,15	12,05	0,13
0,20	12,97	0,08
0,25	12,37	0,22
0,30	12,40	0,17
0,35	12,29	0,22
0,40	12,30	0,40
0,45	12,90	0,50

Tabulka 21: Příklad MSP – průměrné hodnoty h °

Koncentrace MSP [hmot. %]	Průměrné h [°]	SMODCH [1]
0	1,18	0,00
0,05	1,16	0,00
0,10	1,14	0,01
0,15	1,18	0,00
0,20	1,28	0,01
0,25	1,19	0,02
0,30	1,23	0,00
0,35	1,24	0,01
0,40	1,28	0,02
0,45	1,33	0,01