

Aplikace a vliv binárních směsí fosforečnanů při výrobě masných výrobků

Bc. Simona Kadlecová

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. Simona Kadlecová**
Osobní číslo: **T13432**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Aplikace a vliv binárních směsí fosforečnanů při výrobě masných výrobků**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Technologické vlastnosti masných výrobků.
2. Použití fosforečnanů při výrobě masných výrobků.
3. Vliv fosforečnanů na fyzikálně chemické vlastnosti masných výrobků.

II. Praktická část

1. Aplikace binárních směsí fosforečnanů do masných výrobků.
2. Měření technologických vlastností výrobků.
3. Diskuze a srovnání získaných hodnot.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] STEINHAUSER, L. Hygiena a technologie masa. 1. vyd., Brno: Last, 1995. ISBN 80-900-2604-4.
- [2] LONG, N.H.B.S., GÁL, R., BUŇKA, F. Use of phosphates in meat products. African Journal of Biotechnology. 2011, roč. 10, č. 86, 19874-19882 s.
- [3] PETRACCI, M., BIANCHI, M., MUDALAL, S., CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. Trends in Food Science and Technology. 2013, roč. 33, 27-39 s.
- [4] CICHY, B., FOLEK, S., KRZTON, H. Food multiphosphates Preparation and properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009, roč. 57, 944-950 s.
- [5] DOLORES, M. R. DE ÁVILA, CAMBERO, M. I., ORDONEZ, A. J., LORENZO de la HOZ, HERRERO, A.M. Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). Meat Science. 2014, roč. 98, 310-315 s.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Robert Gál, Ph.D.

Ústav technologie potravin

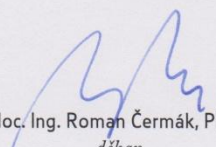
Datum zadání diplomové práce:

2. února 2015

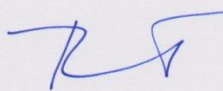
Termín odevzdání diplomové práce:

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: Kadlecová Simona

Obor: Technologie potravin

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 9. 4. 2015

Kadlecová S.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá aplikací binárních směsí difosforečnanu sodného a hydrogenufosforečnanu sodného do drůbežích jemně mletých masných výrobků. Pro tento experiment byly zvoleny binární směsi v celkové koncentraci P_2O_5 0,05 %, 0,25 % a 0,45 % (w/w). Byly zjišťovány technologické vlastnosti masných výrobků při přidavku procentuálních poměrů fosforečnanů 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 a 100:0. Diplomová práce sleduje vliv binárních směsí na texturní parametry (tvrdost, tuhost, kohezivnost a gumovitost), pH, vaznost vody a ztráty vařením. Z výsledků lze konstatovat, že binární směsi použitých fosforečnanů ovlivňují sledované vlastnosti finálních výrobků.

Klíčová slova: masný výrobek, drůbeží maso, fosforečnany, vaznost vody, ztráty vařením, texturní vlastnosti

ABSTRACT

This Master's thesis deals with the application of binary mixtures of sodium diphosphate and disodium phosphate to poultry finely minced meat products. For this experiment, there were chosen binary mixtures in a total concentration 0,05 %, 0,25 % and 0,45 % (w/w) of P_2O_5 . There were found out the technological properties of meat products in addition of phosphates in percentages ratios 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 and 100:0. There was monitored the effect of binary mixtures on textural parameters (hardness, toughness, cohesiveness and gumminess), pH, water-holding capacity and cooking loss. The results show that the binary phosphates mixtures influence the pursued properties of the final products.

Keywords: meat product, poultry meat, phosphates, water-holding capacity, cooking loss, textural properties

Děkuji Ing. Robertovi Gálovi, Ph.D., za odborné vedení mé diplomové práce, za jeho cenné rady, ochotu, vstřícnost při konzultacích a vytvoření příjemného prostředí při experimentu v laboratoři. Mé poděkování patří také Ing. Márii Plškové a Ing. Michaele Brychtové za pomoc při experimentální části a věcné připomínky. Dále děkuji rodině a příteli za trpělivost a velkou oporu, kterou mi věnovali po celou dobu studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I. TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA MASA.....	13
1.1 DRŮBEŽÍ MASO	13
1.2 VLASTNOSTI MASA	14
1.2.1 Vaznost masa	14
1.2.1.1 Metody měření vaznosti.....	15
1.2.2 Ztráty vody během tepelného opracování.....	16
1.2.3 Textura masa.....	17
1.2.3.1 Metody měření textury.....	17
1.2.4 Barva masa.....	19
2 MASNÉ VÝROBKY.....	20
2.1 TECHNOLOGIE MĚLNĚNÝCH MASNÝCH VÝROBKŮ	20
2.2 ZMĚNY MASNÝCH VÝROBKŮ BĚHEM TEPELNÉHO OPRACOVÁNÍ.....	22
3 FOSFOREČNANY V MASNÝCH VÝROBCÍCH.....	23
3.1 POUŽITÍ FOSFOREČNANŮ	23
3.2 APLIKACE FOSFOREČNANŮ	24
3.2.1 Spolupůsobení vysokého tlaku a fosforečnanů.....	25
3.3 PODMÍNKY MÍCHÁNÍ FOSFOREČNANŮ	27
3.3.1 Klasifikace fosforečnanů	27
4 VLASTNOSTI FOSFOREČNANŮ	29
4.1 VLIV FOSFOREČNANŮ NA VAZNOST VODY	29
4.2 ANTIMIKROBIÁLNÍ VLASTNOSTI.....	30
4.3 HODNOTY PH.....	30
4.4 EMULGAČNÍ VLASTNOSTI FOSFOREČNANŮ.....	31
4.5 VLIV CHLORIDU SODNÉHO NA FUNKČNOST FOSFOREČNANŮ	32
5 ZDRAVOTNÍ ASPEKTY PŘI APLIKACI FOSFOREČNANŮ	33
II. PRAKTICKÁ ČÁST	35

6	CÍL PRÁCE.....	36
7	METODIKA PRÁCE	37
7.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY	37
7.2	MATERIÁL A METODY	37
7.2.1	Měření ztrát vařením.....	38
7.2.2	Měření vaznosti vody.....	39
7.2.3	Měření textury.....	40
7.2.4	Měření pH	40
7.3	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU.....	40
8	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
8.1	APLIKACE TSPP:DSP V KONCENTRACI 0,05 %	42
8.1.1	Vliv na ztráty vařením	42
8.1.2	Vliv na vaznost vody	42
8.1.3	Vliv na texturní parametry	43
8.1.3.1	Tvrdost	43
8.1.3.2	Tuhost	44
8.1.3.3	Kohezivnost	44
8.1.3.4	Gumovitost.....	45
8.1.4	Vliv na hodnoty pH.....	45
8.2	APLIKACE TSPP:DSP V KONCENTRACI 0,25 %	46
8.2.1	Vliv na ztráty vařením	46
8.2.2	Vliv na vaznost vody	46
8.2.3	Vliv na texturní parametry	47
8.2.3.1	Tvrdost	47
8.2.3.2	Tuhost	47
8.2.3.3	Kohezivnost	48
8.2.3.4	Gumovitost.....	49
8.2.4	Vliv na hodnoty pH.....	49
8.3	APLIKACE TSPP:DSP V KONCENTRACI 0,45 %	50
8.3.1	Vliv na ztráty vařením	50
8.3.2	Vliv na vaznost vody	50
8.3.3	Vliv na texturní parametry	51

8.3.3.1	Tvrдость.....	51
8.3.3.2	Tuhost	51
8.3.3.3	Kohezivnost	52
8.3.3.4	Gumovitost.....	53
8.3.4	Vliv na hodnoty pH.....	53
8.4	DISKUZE	54
ZÁVĚR		57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		63
SEZNAM OBRÁZKŮ		64
SEZNAM TABULEK.....		65
SEZNAM GRAFŮ		66
SEZNAM PŘÍLOH.....		67

ÚVOD

Masné výrobky představují čím dál větší část skladby jídelníčku běžného moderního člověka. Spotřebitelé mají rozsáhlé spektrum preferencí a lépe zvažují, co si koupí. Někteří dávají přednost kvalitě, chuti, zdravotní nezávadnosti nebo ceně. Na tuto poptávku reagují výrobci širokou řadou sortimentu masných výrobků, aby uspokojili spotřebitele. Masné výrobky lze při výrobě ovlivnit mnoha způsoby, například použitými surovinami, technologickými postupy anebo přídatnými látkami. V potravinářském průmyslu se používá mnoho přídatných látek různého původu, buď přírodního anebo uměle vyrobeného. Jejich použití a množství v potravinách je regulováno příslušným legislativním opatřením.

V této práci jsem se zaměřila na jednu skupinu přídatných látek – sodné fosforečnany. Fosforečnany se používají k úpravě a stabilizaci hodnot pH, snižují ztráty hmotnosti výrobků při tepelném opracování, zlepšují sensorické a texturní vlastnosti. Aplikace fosforečnanů do masných výrobků je proto zásadní pro vlastnosti konečného výrobku. Použití pouze samotných fosforečnanů však není optimální. Lepších technologických vlastností je dosahováno po přidavku fosforečnanů ve směsích. To bylo důvodem k vytvoření binárních směsí a sledování jejich vlivu na vybrané vlastnosti masných výrobků.

Ve své práci popisuji nejen vliv fosforečnanů na technologické vlastnosti výrobků, ale také jejich zdravotní aspekty při zvýšené konzumaci v masných výrobcích. Častá konzumace masných výrobků s vysokým obsahem fosforečnanů může potenciálně vést ke kumulaci fosforu v lidském organismu. Fosforečnany mohou vytvářet nerozpustné soli s vápníkem a jinými dvojmocnými kationty, což může mít za následek nedostatek důležitých minerálních látek v těle a zvýšené riziko onemocnění kostí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA MASA

Masem se rozumí všechny části těl živočichů v čerstvém nebo upraveném stavu, které jsou vhodné k lidské výživě. Někdy se tato definice omezuje jen na maso z těl teplokrevných zvířat [1]. Čerstvým masem se dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 definuje maso, včetně masa baleného vakuově nebo v ochranné atmosféře, k jehož uchování nebylo použito jiného ošetření než chlazení, zmrazení nebo rychlého zmrazení [2]. Čerstvé maso snadno podléhá zkáze kvůli různorodému složení živin, které je vhodné pro růst a šíření mikroorganismů. Je proto nezbytné aplikovat určité konzervační metody k udržení bezpečnosti a kvality masa. Metody konzervace masa jsou založeny na inhibici mikrobiálního kažení. Řada vzájemně na sobě souvisejících faktorů má vliv na udržení kvality masa. Jedná se o skladovací teplotu, přítomnost kyslíku, vlhkost, světlo, endogenní enzymy a zejména přítomnost mikroorganismů [3].

Hlavními složkami masa (libové svaloviny) jsou bílkoviny, lipidy, voda, minerální látky a extraktivní látky. Obsah sacharidů je velmi nízký a řadí se mezi tzv. bezdusíkaté extraktivní látky (obsahuje max. 1 % složení libové svaloviny) [1]. V mase se vyskytují i stopové prvky, jako například železo, selen, zinek a vitamin B₁₂. Hovězí libové maso poskytuje 37 % selenu, 26 % zinku, 20 % draslíku v denní dávce 100 g masa. Vnitřnosti masa, zejména játra jsou klíčovým zdrojem vitamínu A a kyseliny listové. Konzumací 100 g jater je denní doporučená dávka retinolu 338 %. Nutriční hodnota každého masa může být určena podle množství a kvality přítomných aminokyselin. Aminokyseliny jsou stavební kameny bílkovin [4].

1.1 Drůbeží maso

Drůbeží maso je stále více konzumováno, a to z důvodu zdravotního a nutričního (vysoký obsah bílkovin, nízký obsah tuku spolu s n-6 na n-3 polynenasycenými mastnými kyselinami, nízký obsah cholesterolu a přítomnost některých funkčních komponentů) [5]. Toto maso obsahuje esenciální aminokyseliny, vysoký obsah je zejména esenciálních nenasycených mastných kyselin [6]. Podíl tuku v mase kuřecích prs je pro srovnání s hovězím nebo vepřovým masem v poměru 1:4:6 a obsah bílkovin v poměru 1:0,9:0,7. Kuřecí maso obsahuje také velké množství vitaminů, na rozdíl od jiného druhu masa, zejména vitamin C, dále vitaminy skupiny B a z minerálních látek převažuje hořčík, železo a fosfor [7]. Obsah tuku v mase je variabilní v závislosti na druhu, původu a krmné dávce. Avšak může je pravděpodobně hlavním zdrojem tuku v drůbežím mase [4].

Drůbeží maso disponuje neutrální chutí, světlou barvou, konzistentní a dobrou texturou. Tyto vlastnosti umožňují výrobcům docílit rozmanitosti při výrobě masných výrobků. Kuřecí prsní řízky mají měkkou texturu, světlou barvu, nízký obsah tuku a vysoký obsah bílkovin. Tato surovina se využívá při výrobě prémiových masných výrobků. Kuřecí stehna a spodní část stehen mají horší texturu, tmavší barvu a vyšší obsah tuku, ale vzhledem k jejich nižší ekonomické hodnotě mají velké uplatnění při optimalizaci nákladů ve složení výrobku [5].

1.2 Vlastnosti masa

Funkčními vlastnostmi masa se z technologického hlediska rozumí textura a vaznost vody. V syrovém mase závisí tyto vlastnosti především na chemickém složení, které se liší v závislosti na anatomické stavbě, genotypu, složení krmiva a věku zvířete. To vše má vliv na kvalitu zpracovávaných masných výrobků [5]. Schopnost masa vázat vodu je nejvíce ovlivňována fosforečnany [8].

V posledních letech došlo k výrazné změně stravovacích návyků. Spotřebitelé preferují výrobky s nízkým obsahem tuku, soli a přídavných látek. Dávají přednost kvalitě, přírodnímu aroma a chuti. To vedlo k výrobním změnám, které mohou mít vliv na kvalitu masa a masných výrobků. Může docházet ke strukturálním změnám v tvrdosti, soudržnosti, pružnosti a přilnavosti [9].

1.2.1 Vaznost masa

Schopností masa vázat vodu se rozumí přirozeně obsaženou nebo přidanou během technologického zpracování, a tuto vodu udržet ve výrobku i po tepelném opracování [1]. Voda je součástí svalových struktur, která umožňuje nejen rozšíření a interakci substrátu a enzymů, ale také určuje plastičnost, pevnost a gelovatění nerozpustných bílkovin. Schopnost masa vázat vodu je důležitá nejen z ekonomických důvodů, vizuální a smyslové přijatelnosti, ale také protože formuje svalové struktury a následně dopadá na kvalitu masa [10].

Maso zvířat je po porážce kompaktní a šťavnaté. Adenosintrifosfát (ATP), který je přítomen v mase, udržuje bílkoviny v otevřeném uspořádání [11]. Průběh změn ATP souvisí s hlavními svalovými bílkovinami – aktinem a myosinem. Disociovaná forma aktinu a myosinu umožňuje velmi dobrou vaznost masa. Obsah ATP se uchovává ve svalové tkáni po určitou dobu po porážce a poté začne klesat. Prakticky původní koncentrace ATP nebo její mírný pokles trvá téměř dvě hodiny po porážce. V tomto období maso dosáhne nejlepší

vaznosti, které se označuje pojmem tzv. teplé maso. Pokles koncentrace ATP vede ke spojení filament aktinu a myosinu, a následně dochází ke zmenšení prostoru pro imobilizaci vody. Vznikne tzv. aktinomyosinový komplex, při kterém se zhoršuje vaznost, snižuje se hodnota pH, maso je tuhé a špatně váže vodu. Volný aktin a myosin jsou rozpustné v solných roztocích. Aktinomyosinový komplex je však za stejných podmínek nerozpustný. Po porážce je v mase přítomen hlavně volný aktin a myosin. Aby došlo ke vzniku nerozpustného komplexu, je zapotřebí dvojmocných kationtů (zejména Mg^{2+}), avšak tyto ionty jsou blokovány přítomnou kyselinou adenosintrifosforečnou. Po porážce se tato kyselina enzymově odbourává. Štěpení napomáhají vápenaté kationty a samotný myosin, který má podobné vlastnosti jako enzym adenosintrifosfatáza. Rozštěpením ATP dojde k uvolnění vazby na dvojmocném kationtu a díky tomu k navázání další bílkoviny [1].

Schopnost masa vázat vodu lze ovlivnit způsobem zacházením s masem, ale i různými přídatnými látkami. Dalšími faktory, které mohou ovlivnit vaznost masa jsou pH, obsah solí, zastoupení iontů, stupeň rozmělnění svalových vláken a průběh posmrtných změn v mase. Některé tyto faktory lze technologicky ovlivnit, a tedy dosáhnout požadované vaznosti v daném výrobku [8]. Příkladem může být stupeň rozmělnění masa, se kterým stoupá vaznost. Během mělnění masa dochází k uvolnění plazmatických bílkovin. Za optimálních podmínek dokáže rozemletá svalovina vázat na 100 g bílkovin 700 až 800 g vody. Další možností je přidavek solí, která také zvyšuje vaznost, v důsledku zvýšení rozpustnosti bílkovin v koncentraci od 2 % do 5 % [6].

Špatná vaznost vody má za následek vysoké odkapávání a ztráty proplachováním, které mohou představovat významné úbytky na hmotnosti jatečně upravených těl. Dále může mít vliv na výtěžnost a kvalitu zpracovávaného masa. Nedostatečná vaznost vody může negativně ovlivnit vzhled masa, a tedy i spotřebitele při koupi. Odloučení šťávy z řezu svalové tkáně je časově závislý fyzikální proces. Rychlost a množství odkapávající vody v čerstvém mase je závislá na vyvíjeném tlaku a na hmotnosti masa [10].

1.2.1.1 Metody měření vaznosti

Bylo vytvořeno a modifikováno mnoho metod pro měření vaznosti vody. Pro stanovení je potřeba síly k odstranění nevázané nebo vázané vody. Běžně může být síla aplikována lisováním nebo centrifugací [12]. Lisovací metoda dle Grau-Hamma se řadí mezi objektivní metody hodnocení vaznosti. Plocha vylišovaného masa a plocha uvolněné šťávy se měří planimetricky. Subjektivní hodnocení se posuzuje na čerstvém řezu. Pozoruje se, zda je

maso lesklé, suché nebo uvolňuje kapičky masné šťávy. Sušením se dá zjistit procentuální podíl volné vody z celkového obsahu vody v mase [6]. Odstředivá metoda se používá k měření schopnosti masa absorbovat přidanou vodu. Při této metodě se vzorek masa a solný roztok smísí ve zkumavce, a poté odstředivá síla způsobí odstranění volně vázané vody [12].

Při výše popsané metodě dle Zhang *et al.* [12] byl proveden experiment ke zjišťování vaznosti vody u hovězí svaloviny, kde bylo použito různých odstředivých sil, teploty (2, 10 a 20 °C), koncentrace soli (0, 0,3 a 0,6 mol/l) a různý čas (7,5, 15 a 22,5 min.). Bylo zjištěno, že aplikovaná odstředivá síla měla významný vliv na vaznost. Při vyšší odstředivé síle byla voda z hovězího masa vyloučena, zatímco při nižší síle voda zůstala zachována. Při stejné odstředivé síle a přídavku soli se vaznost vody zvýšila, ale při zvýšení teploty se vaznost snížila [12].

1.2.2 Ztráty vody během tepelného opracování

Během tepelného opracování může maso ztrácet velký podíl své hmotnosti ve formě masné šťávy. Tento proces je závislý na teplotě, času a použitém druhu masa. Ztráta vody určuje technologický výnos během vaření, což je jeden z rozhodujících faktorů v potravinářském průmyslu. Zvyšování tuhosti myofibrilárních struktur přichází s tepelným opracováním, kdy dochází k denaturaci bílkovin, a to je spojeno s vyšší ztrátou masné šťávy. Teplota závisí na zvyšování ztrát vařením, a je v rozmezí od 45 °C do 75 až 80 °C, někdy i vyšší jak 80 °C. Ztráta vody vařením masa v celku a rozmělněného masa je podobná ve všech teplotách 45 °C až 80 °C, s výjimkou teploty 65 °C, při které má maso vcelku větší ztrátu vařením než rozmělněné maso. Teplota 65 °C je velmi blízko teplotě, při které je zásadní změna vody v mase během tepelného opracování. V rozmezí teplot 40 °C – 60 °C dochází ke smrštění svalových buněk v případě, že je cytoskelet neporušený. Myosin denaturuje v tomto teplotním rozmezí, a smršťování myofibril je přičítáno právě této bílkovině. Aktin denaturuje při teplotě okolo 80 °C. Konečná fáze ztráty vody během tepelného opracování je kolem teplot 70 °C – 80 °C. Obecně platí, že ztráta vody během vaření závisí na zralosti masa. Se ztrátou vody souvisí i šťavnatost masa. Korelace mezi ztrátou vody a šťavnatostí je vyšší, avšak závisí na teplotě, při které je maso tepelně opracováno [10].

1.2.3 Textura masa

Textura je jeden z hlavních kvalitativních faktorů v potravinách. Souvisí s odezvou hmatových smyslů na fyzické podněty, která vyplynula z kontaktu mezi tělem a potravinou. I přesto je textura obtížně definovatelná, protože se skládá z několika různých pocitů. Texturní vlastnosti jsou spojeny i s reologickými parametry. Avšak reologické vlastnosti nepokrývají všechny faktory, které tvoří strukturu potraviny [13]. Textura masa se mění v průběhu postmortálních změn a je ovlivněna také intravitálními vlivy (např. věk a pohlaví zvířete) [6]. Texturní vlastnosti lze rozdělit na mechanické vlastnosti (tvrdost, soudržnost, viskozita, pružnost a lepivost), geometrické vlastnosti (velikost částic, tvar a orientace) a jiné vlastnosti (vlhkost a obsah tuku). Je důležité pochopit, že chemické složení svalu může pomoci vytvořit metodiku pro zvýšení chuťových vlastností jednotlivých svalů anebo svalových skupin [14].

1.2.3.1 Metody měření textury

Metody hodnocení textury masa lze rozdělit do sensorických metod, instrumentálních metod a nepřímých metod. Nejčastěji používané instrumentální metody jsou kompresní, penetrační, smykové a analýza texturního profilu. Nepřímé metody zahrnují stanovení obsahu kolagenu, aktivitu proteáz a histologickou analýzu [14].

Textura dále může být zjišťována subjektivním nebo objektivním měřením. Subjektivní měření zahrnuje sensorické hodnocení. Jeho nevýhodami jsou vysoké náklady a časová náročnost na organizaci hodnotitelů a přípravu surovin. Sensorické hodnocení textury bývá často doprovázeno instrumentálními metodami [15]. Měření se provádí pomocí různých penetrometrů (pevnost v tlaku nebo pevnost ve stříhu) [6].

Warner-Bratzler (WB) je jeden z nejčastějších smykových způsobů měření textury v mase. WB technika je instrumentální metoda, která přináší dobrou korelaci se smyslovým panelem hodnotitelů pro tuhost masa. WB zařízení definuje maximální zatížení a odolnost, která je vyjádřena jako energie potřebná ke zlomení vzorku. Vzorky se získávají kolmým řezem svalového vlákna. Maso je vařeno na 70 °C a poté chlazeno na 4 °C po dobu nejméně 10 hodin. WB smykové zařízení je tlačeno 50 – 100 mm/min mezi boční desky tak, aby poskytly minimální mezeru mezi čepelí a deskami. Měřenými parametry jsou maximální síla a celková energie [14]. Maximální smyková síla je zaznamenána jako nejvyšší vrchol křivky, což je definováno jako maximální odolnost vzorku při smyku [16].

Mezi další instrumentální metody měření textury lze zařadit měření texturometrem, který používá malý plochý válec ke stlačování vzorku potravin. Vzorek by měl být dvakrát opakovaně stlačen do 25 % své původní výšky. Stlačování napodobuje proces žvýkání. Výsledkem je závislost síly na čase, která se získá pomocí programu, jež bude zapsána do počítače. Analýza závislosti síly na čase vede k získání sedmi texturních parametrů, přičemž pět hodnot je naměřeno a zbylé dva parametry jsou vypočteny z naměřených hodnot. Mezi těchto sedm parametrů patří tvrdost, tuhost, kohezivnost, lepivost, pružnost, gumovitost a žvýkatelnost. Tvrdost je definována jako síla v Newtonech, která první významně přeruší křivku. Tvrdostí je vymezen peak během prvního kompresního cyklu. Kohezivnost (soudržnost) je definována jako poměr kladné plochy během druhého a prvního stlačení. Jednotka kohezivnosti je bezrozměrná. Lepivost je formulována jako záporná plocha pro první skus, což představuje práci potřebnou k vytažení stlačeného pístu ze vzorku. Pružnost je definována jako výška, za kterou se vzorek vrátí v čase, který uplyne mezi koncem prvního stlačení a začátkem druhého stlačení. Gumovitostí se rozumí výsledek součinu tvrdosti a soudržnosti. Žvýkatelnost je definována jako výsledek součinu gumovitosti a pružnosti nebo se rovná součinu tvrdosti, soudržnosti a pružnosti [17].

Měření textury se může provádět destruktivními nebo nedestruktivními metodami. Za destruktivní metodu lze považovat výše popsanou metodiku dle Bourne [17] za použití kompresního testu. Tento test se hodí pro pevné a polotuhé potraviny. Pro kompresi se nejčastěji používá sonda obvykle válcovitého tvaru, ale průměry mohou být různé dle potřeby testu a použité potraviny. Minimální počet vzorků pro každé měření je pět. Mezi nedestruktivní metody patří například blízká infračervená spektroskopie a měření ultrazvukem. Tyto metody se spíše využívají u vzorků ovoce a zeleniny [15].

Studii, kterou provedli Dolores *et al.* [9] se zabývala aplikací tahových zkoušek a texturní profilovou analýzou na vařené masné výrobky z různých dílů vepřového a drůbežního masa. Bylo zjištěno, že tahové zkoušky mohou poskytnout cenné informace o mechanickém chování masných výrobků z různých celků masa. Mez pevnosti a texturní profilové parametry mohou sloužit k získání charakteristických texturních struktur pro masný výrobek. Texturní profily se liší v závislosti na hodnotách meze pevnosti, pružnosti a lepivosti. Tyto texturní parametry mohou být použity k odhadu křehkosti nebo pravděpodobnosti vzniklých trhlin v masném výrobku [9].

1.2.4 Barva masa

Barva masa je úzce spojena s obsahem hemových barviv, kdy tmavší barva masa je dána jejich vyšším obsahem. Mezi velmi světlé maso lze zařadit drůbeží a maso ryb [1]. Barva masa závisí na optických vlastnostech povrchu masa. Zatímco barva masných výrobků je vytvořena zejména v důsledku přítomnosti nitrosomyoglobinu, který vzniká reakcí oxidu dusnatého (z dusitanu sodného nebo dusičnanu sodného) a myoglobinu [18]. V dnešním potravinářském průmyslu se při zpracování masa na masné výrobky aplikují dusitany ve formě dusitanových solí směsí (ve standardní směsi je nejvyšší obsah NaNO_2 max. 0,6 %, největší podíl tvoří NaCl 98 %, zbytek tvoří glukóza a škrobový sirup). Přídavek dusitanu do masných výrobků zajišťuje stabilní růžovo-červenou barvu. Pokud by v masném výrobku začaly probíhat mikrobiální změny, došlo by ke změně barvy. Tato změna by signalizovala spotřebiteli, že produkt není v pořádku a liší se od standardu [19].

Barva masa dále závisí na druhu masa a jeho struktuře. Během stárnutí dochází ke změně barvy masa. Svalová vlákna se smršťují a mají tendenci stávat se světlejšími. Světlo přicházející do styku s povrchem masa může být odraženo, absorbováno nebo rozptýleno. Barvu masa právě určují tyto tři vlastnosti. Avšak zásadní význam má světlo, které se odrazí zpět do oka a určuje přijatelnost pro spotřebitele. To znamená, že světlo odrážející se z masa zpět do oka je často srovnáváno s kvantitativním hodnocením, které je měřeno pomocí spektrofotometru nebo kolorimetru a rozlišuje atributy barev (zarudnutí a žloutnutí) a světlost. Atributy barev mají tendenci být pevně spojeny s pigmenty myoglobinu a společně se světlostí masa určují odražené světlo, které se zviditelní. Rozptyl světla je proces, ve kterém je světlo rozptýleno nebo vychýleno srážkami s částicemi média, které prochází. V mase může být médiem pojivová tkáň, struktura svalových vláken nebo jakákoliv tekutina uvnitř nebo v okolí těchto struktur. Rozsah rozptylu světla by mohl být ovlivněn strukturou masa, a tak by byl schopen přispět k světlosti vnímané z pohledu oka [10].

Barva může být zjišťována měřením podílu absorbovaného a odraženého světla na povrchu masa. Hodnotí se tmavost nebo světlost masa, která kromě přirozených barev masa také závisí na stavbě a struktuře bílkovin masa. Jas (světlost) barvy se měří fotometricky a vyjadřuje se v remisních procentech například na přístroji Spekol [6]. CIELab (The Commission Internationale de l'Eclairage – vyvinula kolorimetrickou soustavu $L^*a^*b^*$). Jedná se o spektrální stanovení barvy. Jako zdroj se používá denní světlo D_{65} nebo C. Tento systém přetváří reflektanci do kolorimetrické trichromatické soustavy tím, že spojí spektrum barev masa se spektrálním zářením použitého zdroje [20].

2 MASNÉ VÝROBKY

Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 se definuje masný výrobek jako zpracovaný výrobek získaný zpracováním masa nebo další zpracování takto zpracovaného výrobku, takže z řezné plochy je zřejmé, že produkt pozbyl znaků charakteristických pro čerstvé maso [2].

Vyhláška č. 326/2001 Sb. rozděluje masné výrobky následovně [21]:

- a) **Tepelně opracovaný masný výrobek** je takový, u kterého bylo ve všech částech dosaženo minimálně tepelného účinku 70 °C po dobu 10 minut v jádře.
- b) **Tepelně neopracovaný masný výrobek** je takový, který je určen k přímé spotřebě bez další úpravy, u něhož neproběhlo tepelné opracování surovin ani výrobku.
- c) **Trvanlivý tepelně opracovaný masný výrobek** je takový, u kterého bylo ve všech částech dosaženo minimálně tepelného účinku 70 °C po dobu 10 minut v jádře a navazujícím technologickým opracováním (zráním, uzením nebo sušením za definovaných podmínek) došlo k poklesu aktivity vody s hodnotou $a_w < 0,93$ s minimální dobou trvanlivosti 21 dní při teplotě 20 °C.
- d) **Fermentovaný trvanlivý masný výrobek** je takový, který je tepelně neopracovaný a určen k přímé spotřebě, u něhož došlo v průběhu fermentace, zrání, sušení, popřípadě uzení za definovaných podmínek ke snížení aktivity vody s hodnotou $a_w < 0,93$ s minimální dobou trvanlivosti 21 dní při teplotě 20 °C.

2.1 Technologie mēlněných masných výrobků

Mēlněné masné výrobky se získávají procesem mícháním složek, které zahrnuje rozmēlnění a promíchání masa s vodou, solí a přídatnými látkami za vzniku masného díla. Mohou být použity výkonné kutry, které dílo mēlní a současně míchají [1]. Kutr se skládá z otočné mísy, ve které je mēlníci zařízení. Dle požadovaného stupně rozmēlnění lze zvolit průměr otvorů v desce řezačky, popřípadě je možné si zvolit rychlost nožů a dobu mēlnění. Během řezání dochází k uvolňování tepla, a to může vést k zahřátí mēlněného díla. To vše může mít za následek částečnou denaturaci a sníženou vaznost díla. Důležité je použití ostrých nožů a přidavek šupinkového ledu vyrobeného z pitné vody, popřípadě může být mēlněno přímo zmrazené maso [8]. Nevýhodou vzniklého tření během technologického zpracování je snížení kvality produktu, neboť surovina je méně efektivně zpracována. Lze pozorovat rozmazávání tuku, kdy tukové částice již nejsou tak ostře definované. Další možností pou-

žití technologického zařízení jsou homogenizátory, které se využívají zejména pro výrobu jemně mělněných párků. Homogenizátory se řadí mezi moderní kontinuální zařízení. Jejich výhodou je jednotná charakteristika výrobků. Jedná se o plně automatizovaný provoz s nižšími náklady na energii. V neposlední řadě umožňuje menší přístup masového díla se vzduchem, a tedy menší pravděpodobnost oxidace výrobků. Homogenizátory pracují na principu rotor-stator. Kvalita výrobku je dána rychlostí otáčení rotoru a konstrukcí řezného nástroje [22].

Masné dílo se skládá ze spojky a vložky. Spojka je charakterizována jako jemně mělněné maso. Za vložku se považují kousky krájené nebo hrubě zrněné tukové tkáně anebo svaloviny různé velikosti. Součástí spojky může být i tzv. prát, jedná se o předem připravené nasolené maso jednoho druhu jatečných zvířat. Nejlepší na přípravu prátu je libové hovězí maso max. 4 hodiny po porážce, kdy je zachována nejvyšší vaznost masa. Na kvalitu finálního mělněného masného výrobku má vliv použité maso, spojka a způsob rozmělnění [1].

Na masné výrobky z mělněného masa lze pohlížet jako na disperzní soustavy. Spojka je disperze hrubých pevných částic (zrnka tukové tkáně), která je rozptýlena ve vysoce viskózním koloidním roztoku rozpustných svalových bílkovin (hlavně aktinu a myosinu). Tato soustava bude vznikat při kastrování masa, kdy se svalová tkáň a tuková tkáň rozmělní na jemné částice. Z rozmělněných svalových vláken se uvolní bílkoviny, které se za přítomnosti vody a soli rozpustí na viskózní roztok. V tomto viskózním roztoku budou rozptýleny částice rozmělněné tukové, svalové a vazivové tkáně. V masném díle je značný rozdíl v měrné hmotnosti mezi viskózním roztokem bílkovin a tukovými částmi. Z toho vyplývá, že ze spojky se budou nejrychleji oddělovat tukové části. Avšak vysoká viskozita svalových bílkovin brání jejich oddělování. Pokud je koncentrace svalových bílkovin v roztoku dostatečná, dojde při tepelném opracování k jejich koagulaci za vzniku pružného a pevného gelu, který v sobě pevně váže vodu, tukové části i ostatní rozptýlené částice [1].

Pro stabilitu masného díla je důležité zajistit dobrou viskozitu roztoku bílkovin. To se dá dosáhnout vhodným výběrem masa, jeho zpracováním před nástupem rigor mortis, přidávkem fosforečnanů nebo jiných bílkovinných přísad [1].

2.2 Změny masných výrobků během tepelného opracování

Tepelné opracování je jedna z důležitých technologických operací, kdy dochází ke změnám sensorických vlastností výrobků (změna struktury, barvy, chutě, vůně). Díky devitalizaci přítomných mikroorganismů a enzymů bude dosaženo trvanlivosti výrobků [1].

Při tepelném opracování dochází k fyzikálně-chemickým a biochemickým změnám, které jsou žádoucí či nežádoucí. Denaturace a následná koagulace bílkovin je nejdůležitější nevratný proces. Se zvyšující se denaturací bílkovin, klesá rozpustnost bílkovin. Změny rozpustnosti u globulinů nastávají při teplotách 20 °C až 40 °C, u albuminů jsou teploty vyšší 45 °C až 50 °C. Experimentálně bylo zjištěno, že při nízké teplotě do 40 °C a přidavku polyfosforečnanů nedochází k poklesu rozpustnosti bílkovin. U masa za stejně nízkých teplot, ale jen s přidavkem chloridu sodného dochází ke snížení rozpustnosti bílkovin. Při teplotách nad 70 °C dochází k měknutí a křehnutí masných výrobků. To je způsobeno odbouráním kolagenu [1]. V případě, že nejsou kolagenová vlákna stabilizována tepelně odolnými mezimolekulárními vazbami, dochází k rozpuštění a tvorbě želatiny [23]. Během tepelného opracování masa dochází, zejména ke ztrátě vitaminů skupiny B. Některé studie ukazují, že vitamin B₁₂ a thiamin patří mezi nejvíce postižené vitaminy ze skupiny B ve srovnání s riboflavinem a niacinem. Tyto ztráty mohou být způsobeny dvěma jevy [4]:

1. Vitaminy skupiny B jsou rozpustné ve vodě.
2. Vitaminy skupiny B jsou tepelně nestabilní, proto vyšší záhřev způsobí jejich vyšší ztrátu.

Denaturace bílkovin je doprovázena ztrátami vody. Voda v masných výrobcích hraje úlohu tzv. změkčovadla, s její ztrátou se zvyšuje tuhost a tvrdost finálních výrobků. Existuje několik principů, jak zabránit ztrátám vody, například přidavek chloridu sodného, zpracování vysokým tlakem při mírných teplotách a přidavek vybraných fosforečnanů, to vše může mít za následek větší množství zadržené vody při tepelném opracování, měkčí strukturu a šťavnatější finální výrobek [10].

Jak bylo popsáno výše, při denaturaci bílkovin mohou nastat strukturní změny masného výrobku. Může docházet k destrukci buněčných membrán, smrštění svalových vláken, agregace a tvorba gelu sarkoplazmatických bílkovin, smršťování a rozpuštění pojivové tkáně. Po záhřevu se vytvoří hustá síť myofibrilárních bílkovin, tzv. gel, který účinně zadržuje vodu kapilárními silami [23].

3 FOSFOREČNANY V MASNÝCH VÝROBCÍCH

Fosforečnany se v dnešní době řadí mezi nezbytné přídatné látky, které se používají pro technologické účely v potravinářském průmyslu. Fosforečnany se v masném průmyslu používají z mnoha důvodů. Upravují a stabilizují hodnoty pH, zvyšují vaznost vody, snižují ztráty hmotnosti výrobku při tepelném opracování, zlepšují texturní a sensorické vlastnosti (měkkost, šťavnatost, barvu a chuť). V konečných výrobcích stabilizují a zvyšují jejich strukturu, zpomalují oxidaci a prodlužují dobu trvanlivosti [11].

Obecně jsou fosforečnany v České republice děleny na E 450 – difosforečnany, E 451 – trifosforečnany, E 452 – polyfosforečnany. Mají schopnost vázat vápenaté ionty. Z tohoto důvodu je jejich přídavek do potravin omezován, protože mohou z organismu konzumenta vyvazovat vápník, který je důležitý zejména při vývoji kostí u dětí [8].

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 definuje použití fosforečnanů v nejvyšším přípustném množství 5 g/kg v konečném výrobku vyjádřeno jako P_2O_5 , a to buď jednotlivě anebo v kombinaci. Dále nepovoluje použití fosforečnanů v čerstvém mase, ale mohou být přidány do masných výrobků, polotovarů a mletého masa [2].

3.1 Použití fosforečnanů

Potravinářské fosforečnany se vyrábí reakcí kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4) s hydroxidem sodným nebo hydroxidem draselným, čímž se získá draselná nebo sodná sůl kyseliny fosforečné [24]. Tyto soli se skládají z kladně nabitých iontů kovů a negativně nabitých iontů fosfátu, které jsou odvozeny z příslušné kyseliny ztrátou H^+ . Například trifosforečnan sodný (STPP) rozpouští v roztoku ionty sodíku a záporně nabitý iont, který pochází z kyseliny fosforečné [25]. Existují dvě základní formy fosforečnanů – prstencové a řetězové (lineární) fosforečnany. V potravinářském průmyslu je povoleno použití pouze lineárních fosforečnanů. Prstencové fosforečnany se používají v jiném průmyslovém odvětví, a to při úpravě vod, čištění kovů a výrobě detergentů [11].

V potravinářském průmyslu se uplatňují zejména směsi fosforečnanů, které se získají smícháním fosforečnanů v různém poměru. Tyto směsi vykazují lepší funkční vlastnosti ve výrobku než použití jednotlivých fosforečnanů [25]. Například polyfosforečnany zpomalují oxidaci lipidů a snižují viskozitu mělněného masa. Zvýšenou rozpustností bílkovin sekundárně zesilují i emulgaci tuků v masném díle [1].

Fosforečnany vážou dvojmocné kationty, které jsou původem z bílkovin masa. Jedná se o kationty vápníku, hořčíku a železa. Bylo dokázáno, že zvýšená koncentrace hořčíku za použití difosforečnanů, zvyšuje extrakci myosinu [26]. Dále jsou fosforečnany schopné tvořit pevné komplexy za přítomnosti dvojmocných kationtů. V tomto případě nastane rozštěpení nerozpustného aktinomyosinového komplexu na rozpustné složky aktinu a myosinu. Čím pevnější komplexy budou fosforečnany tvořit s dvojmocnými kationty, tím se dosáhne větší vaznosti vody. Všeobecně lze usuzovat, že účinky fosforečnanů se zakládají na náhradě přirozeného tripolyfosfátu ATP, který se během zrání rozkládá na čistě anorganický polyfosfát [1].

Enzym fosfatáza má klíčovou roli v ovlivnění funkčnosti fosforečnanů v důsledku hydrolýzy polyfosforečnanů před tepelným opracováním. Obecně platí, že primární funkcí fosfatázy je hydrolyzovat fosfátové estery, které mohou být umístěny v tkáních masa. To vše je důležité z hlediska větší účinnosti tripolyfosforečnanu sodného při regulaci oxidace tuků, na rozdíl od hydrogenfosforečnanu sodného a monofosforečnanu sodného. Fosfatázy mohou být aplikovány kvůli snížení oxidace tuků [27].

3.2 Aplikace fosforečnanů

Existuje mnoho metod aplikace fosforečnanů do masných výrobků. Může být využito vstříkávání, nakládání, sprejování nebo namáčení. Když se maso nebo masný výrobek ponoří do roztoku fosforečnanů, molekuly fosforečnanu začnou difundovat do materiálu. Při tom se vytváří na povrchu bariérová vrstva bílkovin s vodou. Pro mechanismus difúze je potřeba znát koncentraci fosforečnanů a teplotu roztoku [28]. Další možností je vstříkovat injekčně solné roztoky, které obsahují chlorid sodný, fosforečnany a dusitanové solící směsi. Injekce roztoků probíhá pomocí dutých jehel, které pronikají do masa. Při tomto procesu se sledují změny hodnot pH výrobku. Při aplikaci sodných fosforečnanů se kromě zvýšení pH, také zvyšují iontové síly. Úroveň fosforečnanů v konečném výrobku za použití vstříkávání je zpravidla max. 0,5 % nebo nižší [29].

Ůnal *et al.* [28] provedli výzkum, kde bylo cílem zjistit vliv teploty a koncentrace (0 %, 2 %, 4 % a 6 %) na difúzní mechanismus fosforečnanů ve vzorcích hovězího masa ponořeného po dobu 30 min. Zvýšení teploty způsobilo nárůst fosforečnanů ve vzorcích masa a větší tvorbu bariérové bílkovinné vrstvy. Jak bylo teoreticky předpokládáno, tak bylo experimentálně potvrzeno, že při zvýšené koncentraci roztoku fosforečnanů došlo

také ke zvýšení koncentrace fosforečnanu ve vzorku. Při nízkých teplotách je rychlost tvorby bariérové vrstvy bílkovin na povrchu masa nižší [28].

Capita *et al.* [30] zkoumali vliv účinku fosforečnanu sodného (TSP) na odstranění kontaminace *Salmonellou* během zpracování čerstvého drůbežního masa. Jako vzorky byly použity kuřecí stehna. Kontrolní vzorek obsahoval pouze roztok pitné vody. Dále byly použity roztoky o koncentracích 8 % (pH 12,59), 10 % (pH 12,68) a 12 % (pH 12,75) TSP, do kterých byly kuřecí stehna ponořena po dobu 15 minut. Vzorky byly senzorycky hodnoceny v syrovém a uvařeném stavu. Po 7 dnech skladování při 2°C se neprokázala změna senzorycké kvality. Pouze u vzorků, které byly ponořeny do 12 % roztoku TSP byla zaznamenána podstatně nižší barva, chuť a celková přijatelnost. V konečném výsledku bylo prokázáno, že účinky TSP mají dobrý vliv na sanitaci jatečně upravených těl drůbeže [30].

V roce 1992 americké Ministerstvo zemědělství schválilo použití TSP jako pomocnou látku k eliminaci *Salmonelly* u jatečně opracovaných těl drůbeže. Fosforečnan sodný je aktivní na gramnegativní bakterie, koliformní bakterie, *Escherichia Coli* O157:H7, kampylobaktery a pseudomonády na kůži drůbeže. V rámci Evropské unie (EU) však hygienické předpisy na maso nepovolují použití jiných látek k dekontaminaci jatečně upravených těl, povoleno je pouze mytí pitnou vodou [30].

3.2.1 Spolupůsobení vysokého tlaku a fosforečnanů

Působení vysokého tlaku se řadí mezi novější technologie, které se používají v masném průmyslu. Zpracování vysokým tlakem vede k zlepšení mikrobiologické kvality potravin [31]. Reakce vegetativních patogenních mikroorganismů v mase a masných výrobcích je variabilní a závisí na provozních parametrech – tlak, teplota, doba zpracování a parametrech produktu – pH, aktivita vody, obsah soli a přítomnost jiných antimikrobiálních látek [18]. Vysoký tlak má vliv na bílkoviny v masných výrobcích. Mění se funkční vlastnosti vyvolávající denaturaci bílkovin, agregaci nebo gelovatění v důsledku rozrušení nekovalentních vazeb [32]. U masných produktů vysoký tlak zvyšuje vazbu mezi rozpuštěnými bílkoviny masa. Některé studie dokonce uvádí použití vysokého tlaku jako náhradu za tepelné opracování [31]. Aplikace vysokého tlaku do masa a masných výrobků má za následek změnu kvalitativních parametrů, jako jsou například barva, textura a vaznost vody. Vzniklé změny působením vysokého tlaku nemají žádný negativní vliv na nutriční hodnotu [18].

Podle Mor-Mur *et al.* [31] masné výrobky ošetřené vysokým tlakem (500 MPa) byly soudržnější a méně pevné než výrobky tepelně opracované. Barevně se výrobky od sebe nelišily. Při senzoričném hodnocení posuzovatelé nezjistili značné rozdíly, ale preferovali vzorky ošetřené vysokým tlakem, protože měly lepší vzhled, chuť a zejména texturu [31].

Villamonte *et al.* [32] ve své studii sledovali vliv vysokého tlaku v kombinaci s chloridem sodným a fosforečnaný. Tento experiment byl prováděn na rozmělněném vepřovém mase, které bylo vakuově zabaleno a zmrazeno. Před použitím bylo maso přes noc rozmrazeno na teplotu 4 °C. Na přípravu díla byl použit chlorid sodný (o koncentraci 1,5 % až 3 %) a binární směs fosforečnanů, která zahrnovala difosforečnan sodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a tripolyfosforečnan sodný ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) v poměru 1:1 o koncentraci 0,25 % až 0,5 %. Jako kontrolní vzorek byl použit vzorek bez přídavku chloridu sodného a fosforečnanu. Vzorky byly podrobeny účinku vysokého tlaku 350 MPa, po dobu 6 minut a teplotě 20 °C. Byla provedena analýza texturního profilu za použití dvoustupňového kompresního testu a byly získány texturní parametry vzorků – tvrdost, soudržnost, gumovitost a žvýkatelnost. Vysoký tlak obecně neměl vliv na soudržnost vařených masných výrobků. Tvrdost byla naopak zvýšena, a to téměř třikrát více u vzorků s chloridem sodným a fosforečnaný oproti kontrolnímu vzorku. Vzorky upravené vysokým tlakem vykazovaly při zvyšující se koncentraci soli nižší tvrdost masného výrobku. Podobný efekt byl sledován u interakce vysokého tlaku a fosforečnanů, kdy při koncentraci fosforečnanu 0,5 % se tvrdost snižovala. Vysoký tlak nemá významný vliv na vaznost vody ani na ztráty vařením. Byl pozorován synergický efekt mezi vysokým tlakem a solí, která zvýšila vaznost vody a snížila ztráty vařením. Vysoký tlak zvýšil ztráty vařením u vzorků pouze s přídavkem fosforečnanů. Tato studie naznačila, že použití vysokého tlaku by mohlo umožnit výrobu masných výrobků s menším obsahem chloridu sodného a bez fosforečnanu [32].

V nejnovější studii Yang *et al.* [33] již aplikovali vysoký tlak do masných výrobků se sníženým obsahem chloridu sodného, tuku a bez fosforečnanů. Sledovali vliv vysokého tlaku na texturní parametry masného díla po tepelném opracování. Jako vzorek bylo použito vepřové maso zbavené pojivových tkání, které bylo zmrazeno a před každým pokusem bylo ponecháno roztát po dobu 24 hodin na teplotu 4 °C. Vzorky byly podrobeny tlaku 200 MPa po dobu 2 minut při teplotě 10 °C. Pro kontrolní vzorky bylo použito tlaku 0,1 MPa (atmosférického tlaku). Vzorky byly tepelně opracovány při teplotě 80 °C po dobu 15 minut k dosažení vnitřní teploty v jádře 72 °C. Poté byly vzorky ochlazený a skladovány při 4 °C do doby jejich použití. Bylo zjištěno, že aplikací vysokého tlaku dojde ke

snížení smykové síly, zvýšení pH a barvy. Snížení smykové síly může být způsobeno rozložením myofibrilárních bílkovin při vysokém tlaku, což mělo za následek zvýšení denaturace bílkovin, tvorbu gelu a shlukování bílkovin. Snížení smykových sil mělo vliv na jemnější a hladší texturu masného výrobku. Ukázalo se, že tlak 200 MPa způsobil větší zadržování vody v masném výrobku. Tyto výsledky poukázaly na to, že aplikace vysokého tlaku do masných výrobků s nízkým obsahem chloridu sodného a tuku vede ke zlepšení texturních vlastností a vzhledu [33].

3.3 Podmínky míchání fosforečnanů

Jak už bylo napsáno výše v kapitole 3.1., fosforečnany se při výrobě nejčastěji používají ve směsích, protože samotné fosforečnany nevykazují tak dobré vlastnosti. Při zpracování masných výrobků se používá chlazená voda nebo lépe šupinkový led. Fosforečnany se proto musí rozpustit rychle a beze zbytku v chladném prostředí. Delší řetězce fosforečnanů se dokážou výrazně lépe rozpouštět ve studené vodě než krátké řetězce fosforečnanů. Směsi fosforečnanů se využívají například při výrobě jemně mělněných párků, obsahují převážně krátké řetězce fosforečnanů, protože tyto působí ihned na bílkoviny [25].

Obvykle se draselné formy vyznačují lepší rozpustností než sodné fosforečnany. A granulované formy fosforečnanů vykazují lepší rozpustnost ve studené vodě než práškové formy. Jednotlivé fosforečnany a jejich směsi vykazují značné rozdíly v hodnotách pH [25].

3.3.1 Klasifikace fosforečnanů

Fosforečnany jsou k dispozici v různých chemických formách – monofosforečnany, difosforečnany, tripolyfosforečnany a polyfosforečnany [5].

Anorganické fosforečnany jsou klasifikovány podle počtu atomů fosforu v molekule. Trihydrogenfosforečnany obsahují pouze jeden atom fosforu v molekule. Molekula difosforečnanu se skládá ze dvou atomů fosforu spojených atomem kyslíku. Anorganické fosforečnany tří nebo více atomů fosforu se označují jako polyfosforečnany. Sodné nebo draselné tripolyfosforečnany se skládají ze tří propojených atomů fosforu [26]. Fosforečnany s nízkým stupněm polymerace (mono- a difosforečnany) zvyšují schopnost zadržovat vodu v mase, ale jejich použití je omezeno v důsledku pomalé a nízké rozpustnosti například ve studené solance. Naproti tomu trifosforečnan se rychleji rozpouští, ale jeho účinek na schopnost zadržovat vodu je pomalý vzhledem k nutné konverzi (enzymová

a kyselá hydrolyza) na difosforečnan. Z tohoto důvodu je účinnější použití směsí polyfosforečnanů s různou délkou řetězce [34].

Vlastnosti fosforečnanů, které obsahují různé délky řetězců [24]:

1. Monofosforečnany – mají pouze jednu délku řetězce, hlavní charakteristikou je pufrovací schopnost
2. Difosforečnany – skládají se ze dvou řetězců, hlavní vlastností je disociace aktinu a myosinu a vytváření cheláty hořčíku
3. Tripolyfosforečnany – skládají se ze tří řetězců, převažující složka většiny fosfátových solí, vytváří cheláty vápníku a zlepšují schopnost zadržovat vodu
4. Hexametfosforečnany – skládají se ze šesti a více řetězců, zlepšují rozpustnost a vytváří cheláty vápníku

Jednotlivé fosforečnany vykazují různou rozpustnost a chelatační schopnosti. Například fosforečnan sodný (STP) je mnohem více rozpustný ve vodě než dihydrogendifosforečnan sodný (SAPP) [27]. Každý řetězec fosforečnanu má specifické funkční vlastnosti. Například absorpce vody závisí na různém druhu masa a použitém typu fosforečnanu. Množství absorpce vody u vybraných fosforečnanů klesá následovně: difosforečnany > tripolyfosforečnany > hexametfosforečnany > monofosforečnany [24].

Difosforečnan sodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) neboli TSPP je sodná sůl kyseliny fosforečné. Je přidávána do potravin, kde působí jako antioxidant, stabilizátor a pufrovací činidlo. Byla prokázána bezpečnost tohoto fosforečnanu, avšak vysoký příjem může narušit rovnováhu mezi vápníkem a fosforem v těle [35].

Trifosforečnan sodný (STPP) se získává v procesech, které spočívají v neutralizaci kyseliny fosforečné hydroxidem nebo uhličitanem. STPP se získává v krystalické formě, která je rozpustná ve vodě [36].

4 VLASTNOSTI FOSFOREČNANŮ

Fosforečnany jako polyelektrolyty jsou schopny měnit rozložení iontového náboje. To znamená, že přídavek fosforečnanů zvyšuje iontovou sílu masa. A proto při zvýšené iontové síle dochází k většímu stupni nabobtnání svalových vláken a aktivaci bílkovin. Fosforečnany sami o sobě stěžejně aktivují bílkoviny, mohou odstranit jen vazbu mezi aktinem a myosinem. Přídavek chloridu sodného spolu s fosforečnany současně do masného výrobku tedy vede k aktivaci nebo rozpuštění svalové bílkoviny. Rozpuštěná bílkovina může imobilizovat vysokou hladinu přidávané vody, tak i emulgovat velké množství tuku [11].

Fosforečnany snižují viskozitu masových směsí. To je důležité v masném průmyslu, kdy během krájení, míchání a dalších technologických operací roste teplota díla v důsledku tření [26].

Fosforečnany tzv. neutralizují zesíťování mezi aktinem a myosinem, které vzniká při rigoru mortis a podporuje disociaci aktinomyosinového komplexu na jednotlivých vlákních. Fosforečnany uvolňují elektrostatické síly uvnitř aktinomyosinového komplexu. Tato funkce je známá jako specifický účinek svalových bílkovin, neboť přispívá k rozpustnosti svalových bílkovin. Pouze fosforečnany jsou schopny oddělit aktin a myosin po rigoru mortis, a to je hlavní důvod celosvětového používání fosforečnanu [25].

1. Fosforečnan oddělí aktinomyosinový komplex odloučením vápenatých a hořečnatých kationtů. Při kontrakci svalu tvoří vápník mosty mezi aktinem a myosinem.
2. Fosforečnany také díky schopnosti zvyšovat pH masných výrobků, zvětší mezeru mezi konečným pH a izoelektrickým bodem.
3. Fosforečnany zvyšují elektrostatické odpudivé síly, které rozšiřují prostor mezi aktinem a myosinem, a tak je umožněno zachycení více vody v těchto mezerách [5].

Senzorické vlastnosti výrobků by měly být zohledněny při výběru vhodné směsi fosforečnanů. Chuť fosforečnanů je obvykle považována za nepříjemnou. Koncentrace 0,3 % až 0,5 % by mohla vést k výrobkům s nepříjemně hořkou chutí [11].

4.1 Vliv fosforečnanů na vaznost vody

Jak už bylo popsáno výše, jednou z vlastností fosforečnanů, která se využívá v masném průmyslu, je schopnost vázat vodu. Wang *et al.* [37] se ve své studii pokusil ověřit vliv fosforečnanů na vaznost vody ze vzorků vepřového masa. Vzorky byly připraveny z masa ve fázi prae-rigor, vyzrálého masa a zmrazeného masa. Maso v prae-rigor bylo použito 1

hodinu po porážce, zralé maso bylo zchlazeno do 24 hodin na 0 – 4 °C a zmrazené maso bylo skladováno při teplotě -18 °C. Jednotlivé druhy masa byly smíchány s 3 % NaCl, vodou a s různými koncentracemi fosforečnanů za vzniku masného díla. Vaznost vody byla stanovena vážením výrobku před a po tepelném opracování. Hmotnostní poměr před a po uvaření odpovídal úbytku hmotnosti v důsledku tepelného opracování. Na hotových výrobcích bylo potvrzeno, že maso ve fázi prae-rigor vykazovalo lepší výtěžnost. Při použití 0,4 % fosforečnanů byla výtěžnost 98,95 % ve srovnání s maximální výtěžností u zmrazeného masa, kde za použití 0,5 % fosforečnanů, byla výtěžnost 97,96 %. Navíc u vzorku masa ve fázi prae-rigor byla prokázána stabilní tvrdost a celkově lepší textura po tepelném opracování než u vzorků z vyzrálého a zmrazeného masa [37].

4.2 Antimikrobiální vlastnosti

Anorganické polyfosforečnany mají kromě funkčních vlastností v masných výrobcích (brzdí oxidační žluknutí, zvyšují výnosnost díky jejich schopnosti vázat vodu, emulgační vlastnosti) také antimikrobiální vlastnosti například na *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium botulinum*. U těchto bakterií projevují polyfosforečnany své inhibiční účinky na jejich růst v koncentraci, která se běžně používá v potravinářském průmyslu (0,2 – 0,8 %) [38].

Akhtar *et al.* [38] hodnotili účinky různých polyfosforečnanů (SPP, STPP, SAPP a TSPP) na růst, sporulaci a klíčení spor *Clostridium perfringens* v drůbežím mase. Velmi malý účinek u všech polyfosforečnanů byl pozorován při koncentraci 0,4 %. Zvýšení SPP na 0,6 % již značně brzdil vegetativní růst bakterií. Koncentrace polyfosforečnanů potřebná k inhibici růstu byla 0,8 % až 1 %. Avšak spóry *C. perfringens* dokázaly klíčit i v přítomnosti 1 % STPP. Jejich růst byl ale omezený a následně inhibován. Tato studie přinesla jiný pohled na využití polyfosforečnanů. Kromě jejich funkčních vlastností, mohou být vhodné i jako antimikrobiální činidla, zejména pro *C. perfringens* [38].

4.3 Hodnoty pH

Jednotlivé fosforečnany vykazují značné rozdíly v hodnotách pH. Téměř všechny fosforečnany, stejně jako jejich směsi, které se používají v masném průmyslu, jsou alkalické povahy [11]. Nejvíce používanými ve světě jsou alkalické tripolyfosforečnany. Představují více než 50 % použití fosforečnanů v masném průmyslu [5]. Přidáváním alkalických fosfo-

rečnanů do mírně kyselého masa vede k nárůstu hodnot pH v masném výrobku. Čím je větší vzdálenost hodnot pH od izoelektrického bodu, tím se u výrobků zlepšuje vaznost vody. To je dáno vyššími elektrostatickými odpudivými silami, které tvoří velké mezery mezi aktinem a myosinem [11].

Alkalické fosforečnany zvyšují hodnoty pH masa o 0,1 až 0,6 jednotek v závislosti na zvoleném fosforečnanu. Hexametafosforečnany jsou považovány za poměrně neutrální a často nemají velký vliv na zvyšování pH masa. Kyselina difosforečná naopak snižuje hodnoty pH masných výrobků [26].

Monofosforečnany se projevují dobrou pufrovací schopností, která pomáhá upravovat a stabilizovat hodnoty pH v konečném produktu. Ale sami o sobě mají malý vliv na svalové bílkoviny [25]. Proto se monofosforečnany samostatně v masných výrobcích nepoužívají. Pufrovací schopnost fosforečnanů pomáhá uchovávat maso a chránit barvu čerstvého masa po porážce změnou pH. Mezi funkční fosforečnany se řadí difosforečnany (zejména TSPP – difosforečnan sodný), protože působí ihned na aktinomyosinový komplex a dosahují vysokých hodnot pH. Použití TSPP vede k vyšší rozpustnosti bílkovin, který vyvolává dobrou vaznost vody v porovnání s použitím například polyfosforečnanů [11].

4.4 Emulgační vlastnosti fosforečnanů

Emulgační schopnost fosforečnanů v masných výrobcích závisí na typu emulgace. Jestliže je správná kombinace masových složek spojená řádnými technologickými postupy (např. krájení, rozmělnění, míchání), bude tak připravena stabilní emulze, která se udrží i během tepelného opracování. Pokud bude množství nebo kvalita masných surovin nebo použité metody nedostatečné, masové dílo bude nestabilní a po uvaření vznikne nekvalitní produkt. K dosažení stabilní emulze výrobku je potřeba maso jemně nasekat, aby byla snížena velikost tukových částic. Pokud jsou tukové částice příliš velké nebo naopak příliš malé a zabírají velkou plochu, vznikne nestabilní emulze, a tedy i nestabilní produkt [26].

Fosforečnany plní i funkci stabilizátorů emulze, kdy zvýšením účinnosti extrakce bílkovin a uvolněním aktinomyosinového komplexu dojde k efektivnímu zapouzdření kapiček tuku [24].

4.5 Vliv chloridu sodného na funkčnost fosforečnanů

Funkčnost fosforečnanů je značně ovlivněna přidavkem chloridu sodného do masného díla [26]. Chlorid sodný má vliv na iontovou sílu masa a je schopný extrahovat myosin z myofibrilárních struktur masa [11]. Účinky kombinací chloridu sodného a fosforečnanů jsou považovány za synergické, což znamená, že účinky kombinací obou složek jsou větší než přidání obou složek jednotlivě. Ale i přesto mají fosforečnany větší vliv na pH a rozpustnost bílkovin než chlorid sodný. Vliv fosforečnanů na svalové bílkoviny by mohl být menší při vyšších koncentracích NaCl ($> 0,6$ mol/l) [26]. Současné přidání chloridu sodného a fosforečnanu do masného díla poskytne změnu fyzikálně-chemických vlastností myofibrilárních bílkovin. Bylo prokázáno, že vysoký tlak působí na myofibrilární bílkoviny podobným způsobem jako soli, takže může dojít ke snížení chloridu sodného a fosforečnanů [39].

Chlorid sodný v kombinaci s fosforečnanem může zlepšit funkci bílkovin. Pokud je účinkem fosforečnanu oddělen aktin a myosin z komplexu, zvyšuje chlorid sodný iontovou sílu a zlepšuje se rozpustnost svalových bílkovin. Rozpuštěné bílkoviny mají vyšší schopnost imobilizovat větší množství přidané vody. Z tohoto důvodu mohou být fosforečnany použity při vzniku masných výrobků s nízkým obsahem soli [5]. Zavedením 0,35 – 0,5 % polyfosforečnanů může přispět ke snížení soli ve výrobcích z 2,5 % na 1,5 %. Zvýšený obsah sodných fosforečnanů doprovází i zvýšené množství sodíku. Snížení sodíku ve výrobcích může být dosaženo nahrazením fosforečnanu sodného za fosforečnan draselný [36].

Fernández-Martín *et al.* [39] studovali přítomnost NaCl (1,5 %) a tripolyfosforečnanu (0,3 %) ve vzorku vepřového masa za použití vysokého tlaku (400 MPa). Nejdříve došlo k rozmělnění masa, které samo o sobě vedlo k jeho lepším vlastnostem, a tímto bylo dosaženo vyšší rozpustnosti soli. Během tepelného opracování 70 °C po dobu 30 min. došlo prakticky ke kompletní denaturaci bílkovin. Tepelná nestabilita celého systému byla vyvolána přítomností NaCl a tripolyfosforečnanu za vzniku pevného a pružného gelu. Pomocí elektroforézy bylo zjištěno, že rozpustné i nerozpustné soli zůstali v nativním stavu i po tepelném opracování. Tripolyfosforečnan částečně působil proti tlakovým účinkům v kombinaci teploty a tlaku [39].

5 ZDRAVOTNÍ ASPEKTY PŘI APLIKACI FOSFOREČNANŮ

V dnešní době se zpracovávané potraviny opírají o mnoho funkčních vlastností fosforečnanů, které se do nich přidávají pro dosažení konkrétních požadovaných vlastností. Lze proto předpokládat zvyšování fosforu v lidském těle [40]. Fosfor je esenciální živina, která vzniká v lidském těle v procesu glykolýzy, glukoneogeneze a kosterní mineralizace. I když více jak 80 % celkového fosforu je uloženo v kostech a zubech, intracelulární fosfor existuje ve formě organických sloučenin, jako je adenosintrifosfát a volné anionty jako H_2PO_4 . Extracelulární fosfor se vyskytuje hlavně v anorganické podobě [41].

Fosforečnany jsou zodpovědné za energetickou rovnováhu a tkáňový metabolismus. Fosfor musí být dodáván do organismu v dostatečném množství, například prostřednictvím potravin. Fosforečnany jsou součástí mnoha přírodních materiálů a zpracovávaných potravin. Fosforečnany mohou hrát také důležitou roli v potravinách se sníženým obsahem soli [36].

Výzkumy potvrdily nutriční obavy z nadměrného příjmu fosforu v potravinách. Velkým aspektem je fakt, že fosforečnany mohou vytvářet nerozpustné soli s vápníkem, železem a dalšími kovovými ionty. To může vést ke snížení absorpce těchto minerálních látek uvnitř zažívacího traktu, a také ke zvýšení rizika onemocnění kostí. Kromě tohoto, vysoký příjem fosforu může zvyšovat potenciální riziko chronického onemocnění ledvin [5]. Ledviny se uplatňují v udržování homeostáze fosforu v lidském těle. Chronické onemocnění ledvin je mezinárodní zdravotní problém, který postihuje až 11 % dospělé populace. Má za následek nedostatečné vylučování fosforu z těla. Odhaduje se, že 50 % denního příjmu fosforu je z potravinářských přídatných látek [42].

Příjem fosforu nad rámec výživových potřeb zdravých dospělých osob může vést k narušení hormonální regulace fosforu, vápníku a vitamínu D. To přispívá k nižší tvorbě kostní hmoty, a tím k většímu riziku zlomenin. Zvyšování extracelulárního fosforu v důsledku nadměrného příjmu je považováno za hlavní podnět narušující rovnováhu fosforu u zdravých jedinců. Fosfor obsažený v potravinách je konzumován nad limitem denní doporučené dávky, zatímco denní příjem vápníku často nedosahuje doporučené množství [40]. Doporučená denní dávka fosforu pro zdravé dospělé jedince je 1200 mg/den, pro děti do 10 let to je 800 mg/den a pro děti do 1 roku 300 až 500 mg/den. Tohoto množství je při běžné denní konzumaci docíleno [43].

Fyziologická reakce na nadměrný příjem fosforu je do značné míry ovlivněna příjmem vápníku. Doporučené poměry příjmů těchto minerálních látek je v poměru P:Ca od 1:1 až 1,5:1 mg. Na rozdíl od vápníku se fosfor rychle a účinně absorbuje v širokém rozmezí z příjmu denní stravy. Rychlost a účinnost vstřebávání fosforu z různých zdrojů potravin závisí na použitém typu fosforečnanu. Monofosforečnany a polyfosforečnany mají potenciálně nepříznivé účinky na kosti. Avšak polyfosforečnany vážou více vápníku ze střev než monofosforečnany. Problematika působení fosforečnanů z potravin nebo nealkoholických nápojů na poměr vápníku a fosforu v lidském těle není stále zcela objasněna, a je stále důvodem ke konání rozsáhlých studií [40].

Fosforečnany se při zpracování potravin používají ve dvou způsobech. Buď jako potravinářské přídavné látky anebo pomocné látky. Potravinářské přídavné látky mají technologickou funkci v konečném výrobku a jejich použití musí být označeno na etiketě pro spotřebitele. Na rozdíl od schválených pomocných látek, které se používají pouze v průběhu zpracování a nejsou v konečném výrobku obsaženy. V tomto je zřetelný rozdíl, pomocná látka nemusí být označena na etiketě vůbec. I přesto je potřeba, aby výrobci správně označovali použité látky, které mohou potenciálně negativně ovlivnit zdraví spotřebitele při jejich zvýšené konzumaci [42]. Omezení fosforu ve stravě je hlavním aspektem péče o pacienty s onemocněním ledvin. Množství fosforečnanů v potravinách je nutné kontrolovat [44]. Toto bylo motivem Benini *et al.* [44] ve své studii změřit obsah fosforu ve vybraných 60 vzorcích potravin (vařená šunka a kuřecí masné výrobky) a porovnat je s výrobky bez přidaných fosforečnanů. Bylo zjištěno, že potraviny, které obsahují přídavek fosforečnanů, měly obsah fosforu téměř o 70 % vyšší než potraviny, které přídavné látky neobsahovaly. Je potřeba tyto skutečnosti zdůraznit vnitrostátním a mezinárodním orgánům, aby věnovaly větší pozornost etiketám potravin, které by měly jasně obsahovat množství přírodních a přidaných fosforečnanů [44].

V reakci na nutriční obavy a potenciální negativní dopad fosforečnanů hledají v současné době výrobci různé složky jako náhradu za fosforečnany. Pro masný průmysl je velkou výzvou najít takové potenciální náhrady, které by měly ekvivalentní funkční vlastnosti jako fosforečnany [5].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv aplikace binárních směsí difosforečnanu sodného a hydrogenfosforečnanu sodného na vybrané technologické vlastnosti jemně mělných masných výrobků. Právě aplikace směsí fosforečnanů je nedílnou součástí potravinářského průmyslu.

V experimentální části byl sledován vliv binárních směsí fosforečnanů v celkové koncentraci P_2O_5 0,05 %, 0,25 % a 0,45 % (w/w) na vaznost vody, pH, ztráty vařením a texturní parametry – tuhost, tvrdost, kohezivnost a gumovitost. Experiment probíhal za laboratorních podmínek na Ústavu technologie potravin Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v období od listopadu 2013 do března 2015.

7 METODIKA PRÁCE

7.1 Použité přístroje a pomůcky

- Vorwerk Thermomix TM 31 (Vorwerk, Německo)
- Předvážky a analytické váhy
- Vpichový teploměr COMET CO121 (Comet Systém s.r.o., Česká republika)
- Konvektomat Rational SCC WE 61 (Rational, Německo)
- Texturometr TA.XT Plus s kruhovou sondou 100 mm Platen (Stable Micro Systems, Velká Británie) s vyhodnocovacím softwarem Exponent Lite
- Dutý nerezový válec o průměru 35 mm pro vykrojení vzorku na texturu
- pH metr výrobce Hanna Instruments (Edge), Woonsocket RI (Rumunsko)
- Centrifuga EBA 21 (Německo)
- Řezačka masa (Univerzální kuchyňský robot SPAR SP, Taiwan)

7.2 Materiál a metody

Hlavní surovinou experimentální části byla kuřecí prsní svalovina od firmy Raciola Uher-
ský Brod, s.r.o. Tato surovina byla před použitím očištěna od viditelného povrchového
tuku a homogenizována pomocí řezačky na maso. Poté bylo kuřecí maso vakuově zabale-
no, hluboce zamrazeno a skladováno při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ do konání analýz. Dále byla použita dusi-
tanová solící směs (Solné mlýny a.s., Olomouc), fosforečnany (Fosfa a.s., Břeclav) a šu-
pinkový led.

K přípravě experimentu byla vyhotovena surovinová skladba na základě teoretické-
ho výpočtu sušiny za použití 77 % vlhkosti finálního výrobku.

Výroba masného díla probíhala následovně. Před každým experimentem bylo maso
rozmrazeno 15 hodin v chladničce při teplotě $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Během přípravy bylo nutno dodržet
teplotu masa na nejvýše $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maso bylo nakrájeno na kousky přibližně o velikosti 2×2
cm v požadovaném množství dle surovinové skladby. Mělnění a míchání probíhalo v při-
stroji Vorwerk Thermomix TM 31. Do kutrovací nádoby se nejdříve vložilo samotné maso,
které se mělnilo přibližně 10 sekund. Poté byla postupně přidána dusitanová solící směs,
voda se šupinkovým ledem (o teplotě $1\text{ }^{\circ}\text{C}$) a binární směs hydrogenufosforečnanu sodného,
dále jen DSP a difosforečnanu sodného, dále jen TSPP. Během celého míchání díla bylo
nutno průběžně sledovat teplotu kalibrovaným vpichovým teploměrem. Masné dílo bylo

kutrováno do teploty max. 12 °C. Při překročení této teploty by mohlo dojít ke zkrácení řetězců bílkovin masného díla během následného tepelného opracování. Po důkladném rozmělnění a smíchání všech surovin při dodržování teploty, bylo masné dílo plněno do plastových nádob, které byly uzavřeny plastovým víkem (viz. Příloha IV, obr. 1). Při plnění díla do dózy se průběžně směs mechanicky sklepávala. Uzavření víka předcházelo použití vakua pro odstranění přítomného vzduchu, který by mohl vytvářet vzduchové kaverny, které by byly nepřijatelné u měření textury. Čtyři plastové nádoby byly tepelně opracovány v konvektomatu na teplotu 70 °C po dobu 10 minut působením v jádře výrobku (viz. Příloha IV, obr. 2). Teplota byla sledována pomocí vpichového teploměru, který byl umístěn do speciálně upraveného víka kontrolní plastové nádoby. Po tepelném opracování byly nádoby ihned chlazeny šupinkovým ledem po dobu 30 minut. Poté byly uloženy do lednice při teplotě maximálně 4 ± 2 °C a zde byly skladovány 7 dnů do doby měření texturních vlastností.

7.2.1 Měření ztrát vařením

Stanovení probíhalo podle metody dle Villamonte *et al.* [32]. Z díla, které nebylo tepelně opracováno, bylo naváženo pět vzorků o hmotnosti $10 \pm 0,1$ g na síťky o velikosti 10 x 10 cm s otvory ok 1 x 1 mm. Síťka byla umístěna do nádoby tak, aby se nedotýkala dna a stěn. Poté byla pomocí víka typu TWIST-OFF upevněna a celá nádoba byla uzavřena (viz. Příloha IV, obr. 3). Po navážení všech koncentrací na ztráty vařením (CL, z anglického *cooking loss*) byly nádoby se vzorky umístěny do konvektomatu k tepelnému opracování na teplotu 70 °C po dobu 10 minut v jádře výrobku. Během tepelného opracování docházelo k odloučení kapalného podílu ze vzorku, který byl shromažďován na dně skleněné nádoby. Po ochlazení byly vzorky jednotlivě zváženy. Ztráty vařením byly vypočteny dle uvedené rovnice 1 jako hmotnostní zlomek vyloučeného kapalného podílu po tepelném opracování. Docílí se toho vážením vzorku před tepelným opracováním a po odstranění volné vody ze vzorků [32].

$$CL = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \quad (1)$$

Kde CL ztráta kapalného podílu [w/w]

m_1 hmotnost vzorku před tepelným opracováním [g]

m_2 hmotnost vzorku po tepelném opracování [g]

7.2.2 Měření vaznosti vody

Stanovení vaznosti vody (WHC, z anglického *water-holding capacity*) ve vzorku se provádělo na tepelně opracovaném díle dle metody podle Villamonte *et al.* [32]. Z každé nádoby byl vyřezán obdélníkový vzorek o hmotnosti $5 \pm 0,5$ g. Tyto vzorky byly zabaleny do 2 vrstev filtračního papíru, který byl umístěn do 50 ml centrifugační zkumavky, která byla vystlána na dně vatou sloužící jako absorpční materiál. Zvážené vzorky ve zkumavce byly vloženy do centrifugačního zařízení. Centrifugace vzorků probíhala při 6 000 ot/min po dobu 17 minut. Poté byly ihned zváženy. Podle rovnice 2 byl vypočítán hmotnostní zlomek odloučeného podílu vody vlivem odstředivé síly.

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \quad (2)$$

Kde X hmotnostní podíl odloučeného kapalného podílu vody [w/w]

m_1 hmotnost vzorku před centrifugací [g]

m_2 hmotnost vzorku po centrifugaci [g]

Pro výpočet vaznosti vody je potřeba stanovit vlhkost vzorku. Tohoto parametru se docílí navážením $5 \pm 0,001$ g tepelně opracovaného rozmělněného vzorku do hliníkové misky s mořským pískem a skleněnou tyčinkou (viz. Příloha IV, obr. 4). Z každé koncentrace bylo odebráno 5 vzorků. Po navážení proběhlo vysušení vzorků při teplotě 105 °C do konstantního úbytku hmotnosti. Po vysušení se vzorky vložily do exsikátoru a nechaly se chladit po dobu 30 minut. Po vychlazení byly misky zváženy na analytických vahách. Hmotnost vzorků před sušením a po usušení sloužila k výpočtu vlhkosti dle rovnice 3. Z vlhkosti lze zjistit obsah sušiny, který se rovná rozdílu celku a vlhkosti vzorku, tj. $1 - \text{vlhkost}$.

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{n} * 100 \quad (3)$$

Kde Y vlhkost vzorku [%]

m_1 hmotnost vzorku v misce s mořským pískem a tyčinkou před sušením [g]

m_2 hmotnost vzorku v misce s mořským pískem a tyčinkou po sušení [g]

n hmotnost vzorku [g]

Výpočet WHC je znázorněn v rovnici 4.

$$\text{WHC} = \text{vlhkost} * \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \quad (4)$$

Kde WHC hmotnostní zlomek (w/w) vody, která byla odloučena

m_1 hmotnost vzorku před centrifugací [g]

m_2 hmotnost vzorku po centrifugaci [g]

Množství vody, které zůstalo ve vzorku se rovná rozdílu celku a vaznosti vody, tj. 1-WHC.

7.2.3 Měření textury

Pro měření texturních vlastností masného výrobku, dle metody podle Bourne [17], byly použity vzorky, které byly skladovány po dobu 7 dní při teplotě 4 ± 2 °C. Pomocí hliníkového dutého válce o průměru 35 mm byla vykrojena středová část vzorku. Tato část se na strunovém kráječi rozdělila na pět dílů, při čemž krajové dva díly byly odstraněny (viz. Příloha IV, obr. 5). K měření na texturometru TA.XT plus byly použity tři vnitřní výkroje. Vzorek byl stlačován kruhovou sondou o průměru 100 mm do 70 % výšky původního vzorku (viz. Příloha IV, obr. 6). Výsledky texturních vlastností vzorků byly následně vyhodnoceny pomocí programu Exponent Lite.

7.2.4 Měření pH

Měření pH bylo prováděno pomocí kalibrovaného vpichového pH metru od výrobce Hanna Instruments (Rumunsko). Každý vzorek byl 6 x změřen ve středové části masného výrobku (viz. Příloha IV, obr. 7).

7.3 Statistické vyhodnocení experimentu

Zpracování dat pomocí tabulek a grafů usnadňuje jejich vizuální analýzu. Pro zpracování získaných výsledků bylo zapotřebí použít statistické metody. Vyhodnocení se provádělo v programu Microsoft Excel. Pro zhodnocení výsledků byl využit aritmetický průměr, směrodatná odchylka a Grubbsův test odlehlých hodnot. Aritmetický průměr je definován jako součet všech naměřených hodnot, které jsou vyděleny jejich počtem. Označuje se pomocí symbolu \bar{x} . Výpočet má tedy podobu dle rovnice 5:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (5)$$

Kde znak \sum symbolizuje součet hodnot x_i pro všechny možné hodnoty indexu i [46].

Směrodatná odchylka základního souboru se vypočítá pomocí statistické funkce SMODCH v programu MS Excel dle rovnice 6.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (6)$$

Kde x_i hodnoty základního souboru
 \bar{x} aritmetický průměr
 n počet hodnot souboru

Grubssův test odlehlých hodnot byl proveden u všech měření a získaných hodnot. Nejprve byly hodnoty vzestupně seřazeny. Poté bylo vypočteno testovací kritérium pro první a poslední hodnotu z řady dat dle rovnice 7 a 8. Vypočtené testovací kritérium se porovnávalo s tabulkovou kritickou hodnotou pro příslušný počet hodnot n souboru a námi zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

$$T_1 = \frac{\bar{x} - x_1}{s} \quad (7)$$

$$T_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{s} \quad (8)$$

Kde T_1, T_2 testovací kritérium
 \bar{x} aritmetický průměr
 x_1 minimální hodnota ze vzestupné řady
 x_2 maximální hodnota ze vzestupné řady
 s směrodatná odchylka

Pokud $T_{1(n,\alpha)} > T_{\text{krit.}}$, poté je první nebo poslední hodnota vzestupné řady dat vyloučena ze souboru a je spočítán nový průměr a směrodatná odchylka bez vyloučených hodnot.

V opačném případě, kdy $T_{1(n,\alpha)} \leq T_{\text{krit.}}$, poté první nebo poslední hodnota vzestupné řady dat patří do souboru a vyloučit ji nelze, protože není extrémní hodnotou [47].

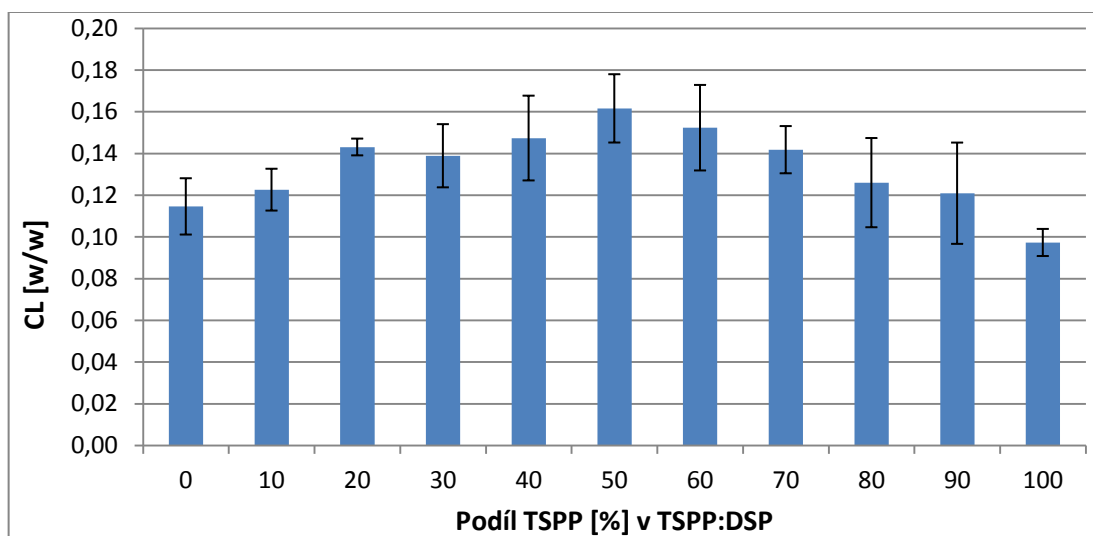
8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Binární směs, která se skládala z difosforečnanu sodného (TSPP) a hydrogenfosforečnanu sodného (DSP) byla smíchána v poměru 0:100 až 100:0 a v celkové koncentraci P_2O_5 0,05 %, 0,25 % a 0,45 % (w/w). Dále v textu budou výsledky v procentuálním vyjádření prezentovány bez znaku (w/w), ale bude se jednat o uvádění hmotnostního podílu. Byl sledován vliv binárních směsí na texturní parametry (tvrdost, tuhost, kohezivnost a gumovitost), pH, vaznost vody a ztráty vařením.

8.1 Aplikace TSPP:DSP v koncentraci 0,05 %

8.1.1 Vliv na ztráty vařením

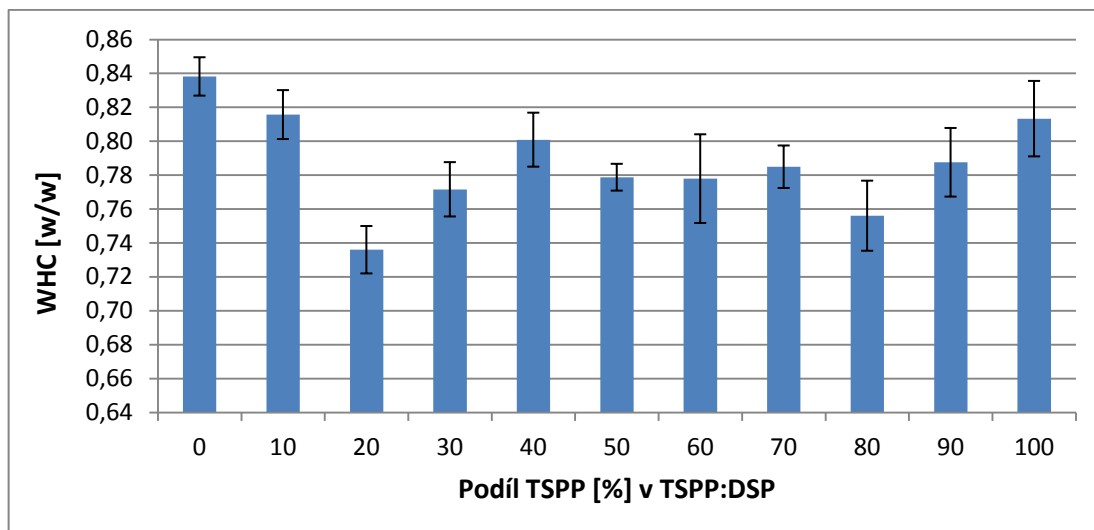
Průměrné hodnoty ztrát vařením jsou uvedeny v příloze 1 (Tabulka 1). V grafu 1 je znázorněna závislost ztrát vařením na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu 1 lze pozorovat mírné stoupání hodnot až do poměru 50:50, kdy poté hodnoty klesají. Nejnižší ztráty vařením lze pozorovat u přísadky samotného TSPP.



Graf 1: Závislost ztrát vařením na TSPP:DSP

8.1.2 Vliv na vaznost vody

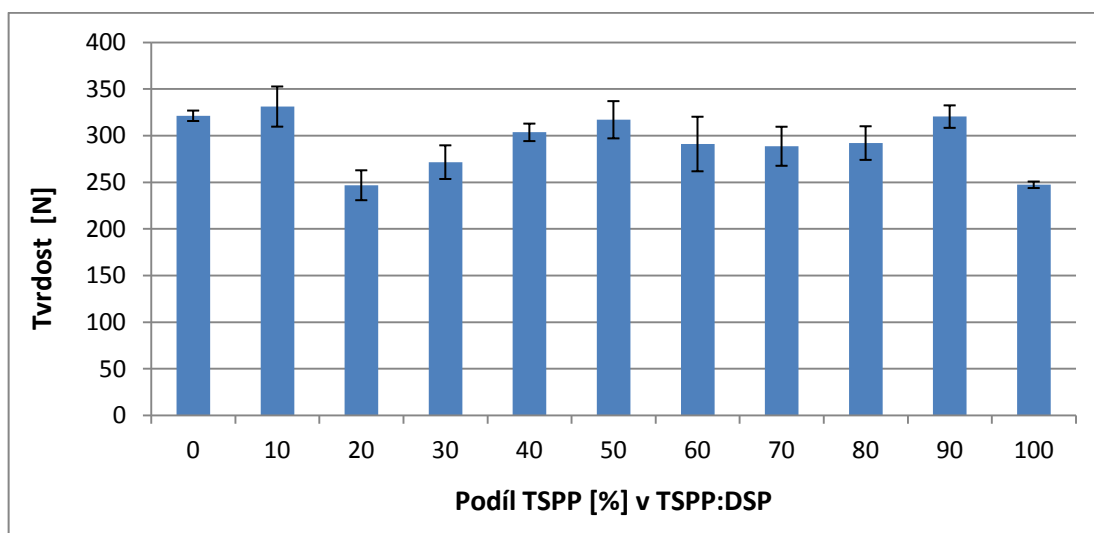
Průměrné hodnoty vaznosti vody jsou uvedeny v příloze 1 (Tabulka 1). V grafu 2 je znázorněna závislost vaznosti vody na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu 2 je patrné, že počáteční vaznost se snižuje až k poměru 20:80, kdy je dosaženo minimální hodnoty vaznosti vody. Poté hodnoty vaznosti vody mírně stoupají.

**Graf 2:** Závislost vaznosti vody na TSPP:DSP

8.1.3 Vliv na texturní parametry

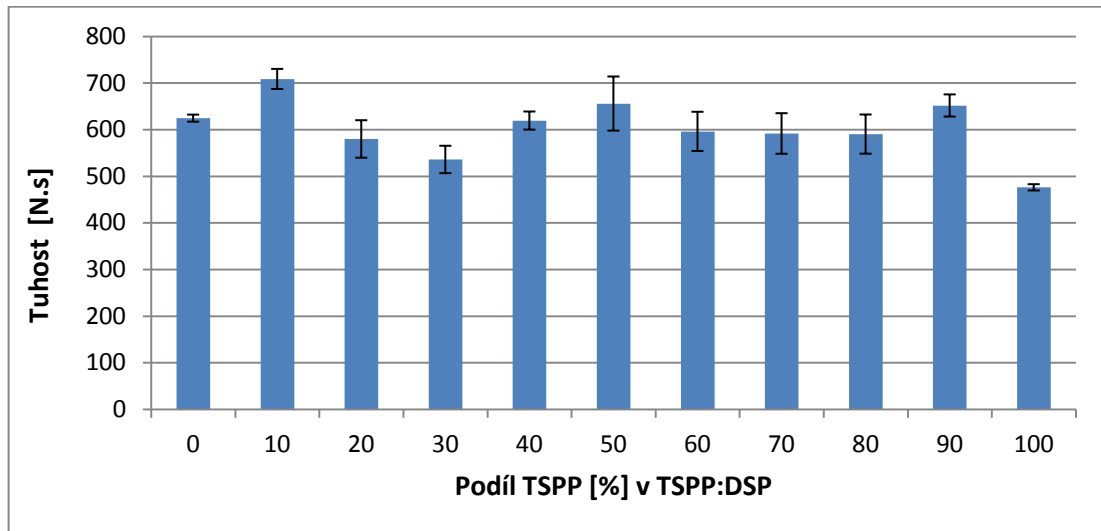
8.1.3.1 Tvrdost

Průměrné hodnoty tvrdosti vzorku jsou uvedeny v příloze 1 (Tabulka 2). V grafu 3 je znázorněna závislost tvrdosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu je zřejmé, že tvrdost vzorku se od počátku zvyšuje s přidavkem většího množství DSP. U poměru 20:80 dochází k poklesu tvrdosti vzorku, a poté opět k nárůstu až k poměru 50:50, kdy lze sledovat mírný pokles. Vzorek s nejnižší tvrdostí byl s přidavkem samotného TSPP.

**Graf 3:** Závislost tvrdosti vzorku na TSPP:DSP

8.1.3.2 Tuhost

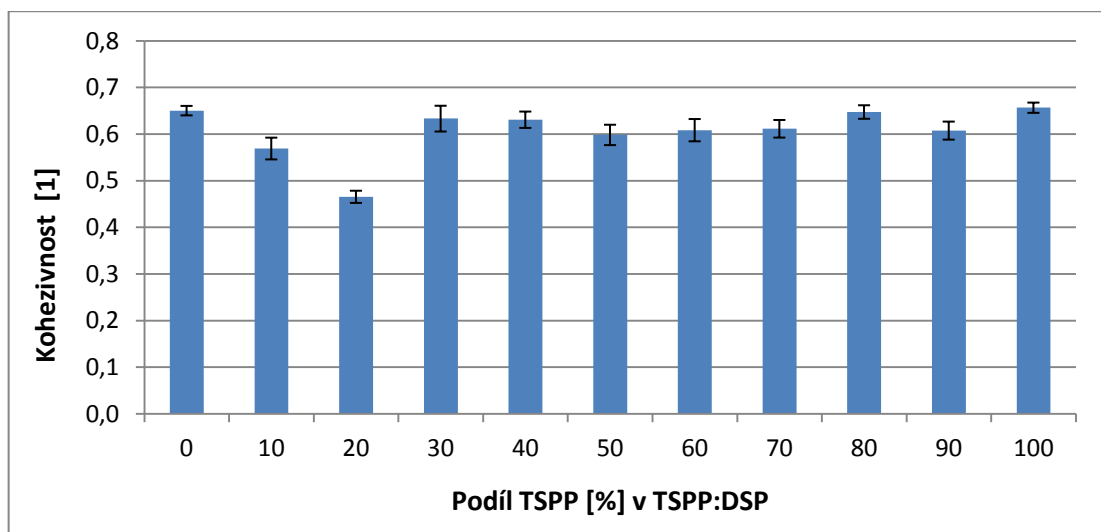
Průměrné hodnoty tuhosti vzorku jsou uvedeny v příloze 1 (Tabulka 3). V grafu 4 je znázorněna závislost tuhosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Minimální tuhost vzorku je dosažena po přidavku samotného TSPP.



Graf 4: Závislost tuhosti vzorku na TSPP:DSP

8.1.3.3 Kohezivnost

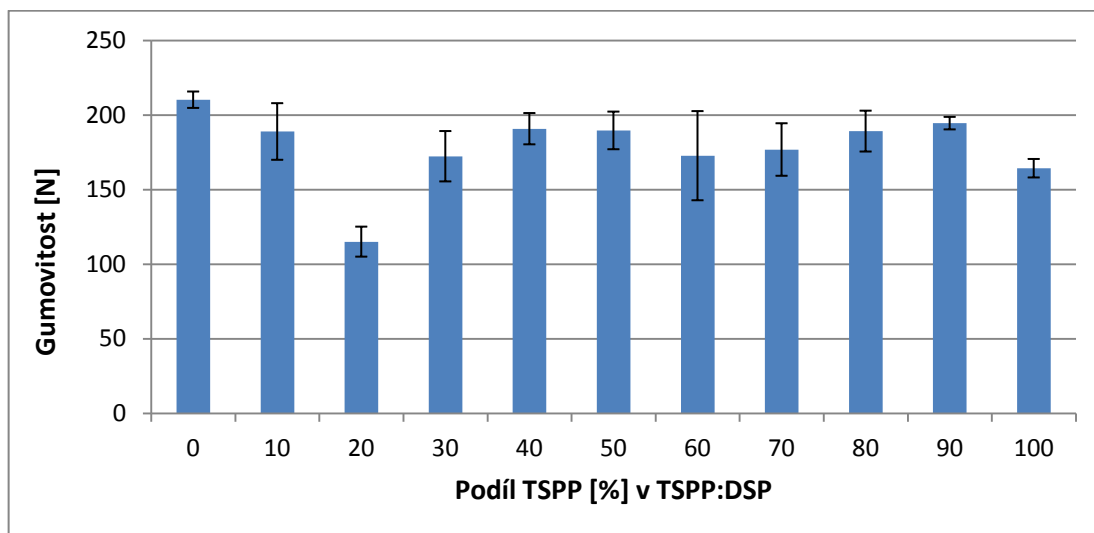
Průměrné hodnoty kohezivnosti jsou uvedeny v příloze 1 (Tabulka 4). V grafu 5 je znázorněna závislost kohezivnosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu 5 lze pozorovat snížení kohezivnosti u vzorku s přidavkem 20:80. Přídavek samotného TSPP i DSP ukazuje na přibližně stejnou kohezivnost vzorku.



Graf 5: Závislost kohezivnosti vzorku na TSPP:DSP

8.1.3.4 Gumovitost

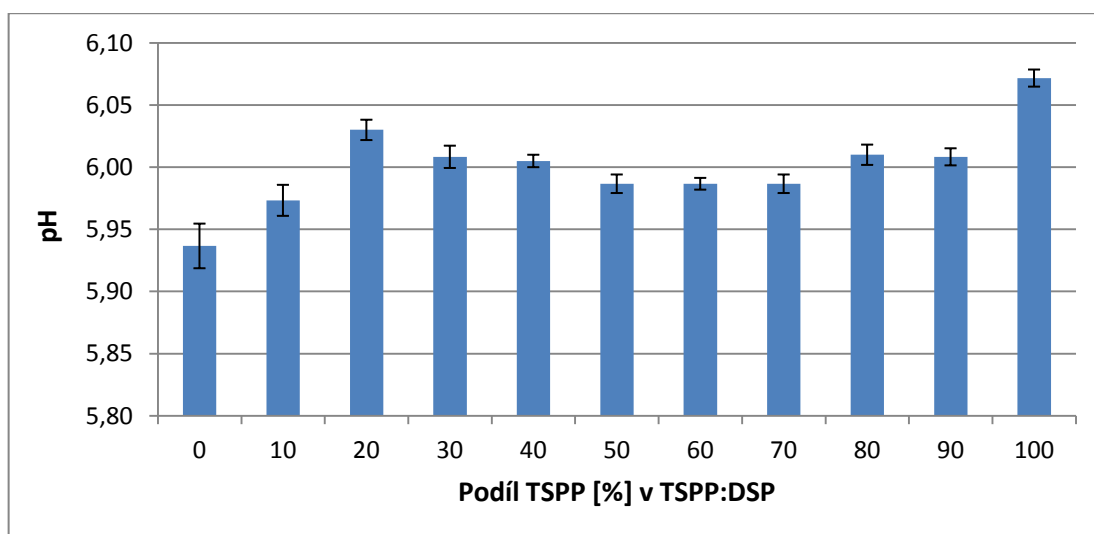
Průměrné hodnoty gumovitosti jsou uvedeny v příloze 1 (Tabulka 5). V grafu 6 je znázorněna závislost gumovitosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Minimální gumovitost vzorku byla po přidavku poměru 20:80.



Graf 6: Závislost gumovitosti vzorku na TSPP:DSP

8.1.4 Vliv na hodnoty pH

Průměrné hodnoty pH jsou uvedeny v příloze 1 (Tabulka 6). V grafu 7 je znázorněna závislost pH vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu 7 je zřejmé, že došlo po přidavku binárních směsí k mírnému nárůstu hodnot pH. Vzorek s nejvyšším pH byl po přidavku samotného TSPP.

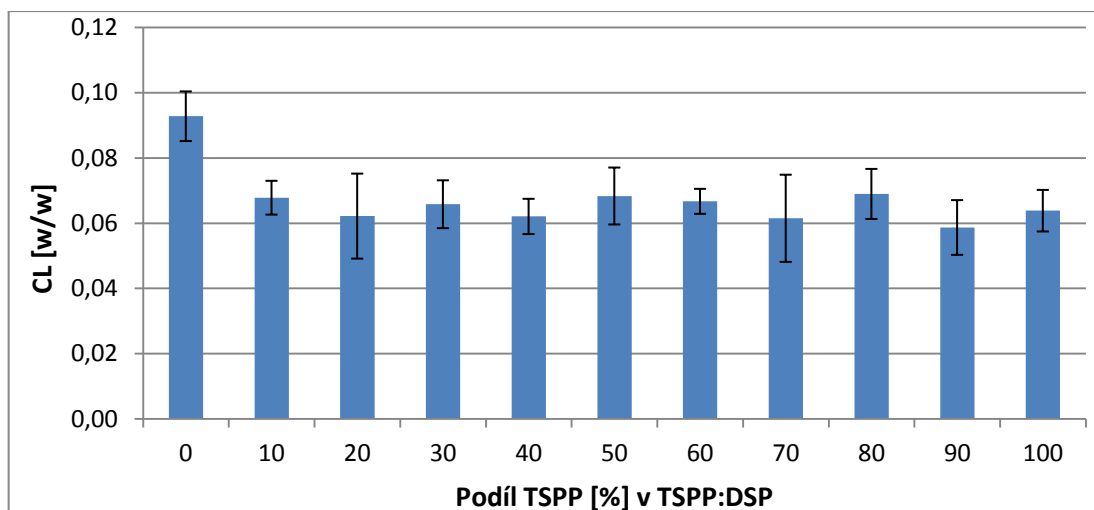


Graf 7: Závislost pH na TSPP:DSP

8.2 Aplikace TSPP:DSP v koncentraci 0,25 %

8.2.1 Vliv na ztráty vařením

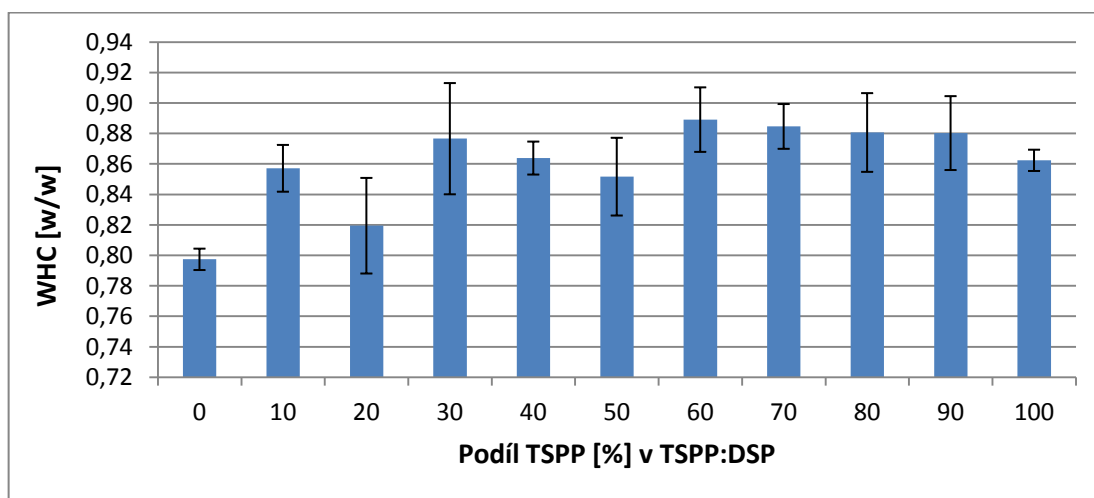
Průměrné hodnoty ztrát vařením jsou v příloze 2 (Tabulka 7). V grafu 8 je znázorněna závislost ztrát vařením na procentuálním poměru TSPP:DSP. Po prvním přidavku TSPP došlo k poklesu, potom byly hodnoty přibližně stejné.



Graf 8: Závislost ztrát vařením na TSPP:DSP

8.2.2 Vliv na vaznost vody

Průměrné hodnoty vaznosti vody jsou v příloze 2 (Tabulka 7). V grafu 9 je znázorněna závislost vaznosti vody na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu 9 vyplývá, že vaznost vody se od počátku zvyšuje, ale není tomu tak u přidavku 20:80, kdy hodnota naopak poklesla. Poté hodnoty opět proměnlivě stoupají.

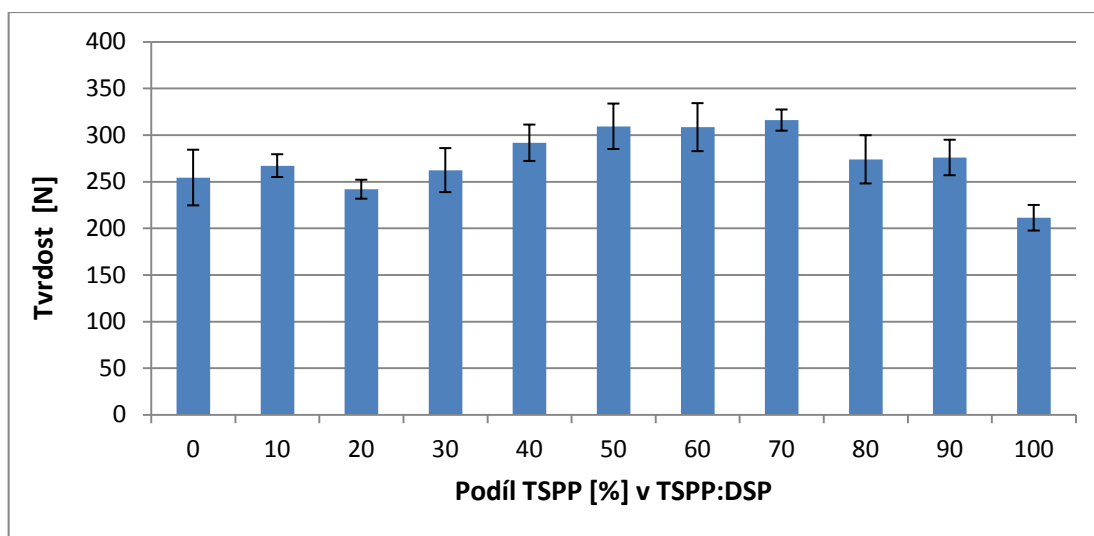


Graf 9: Závislost vaznosti vody na TSPP:DSP

8.2.3 Vliv na texturní parametry

8.2.3.1 Tvrdost

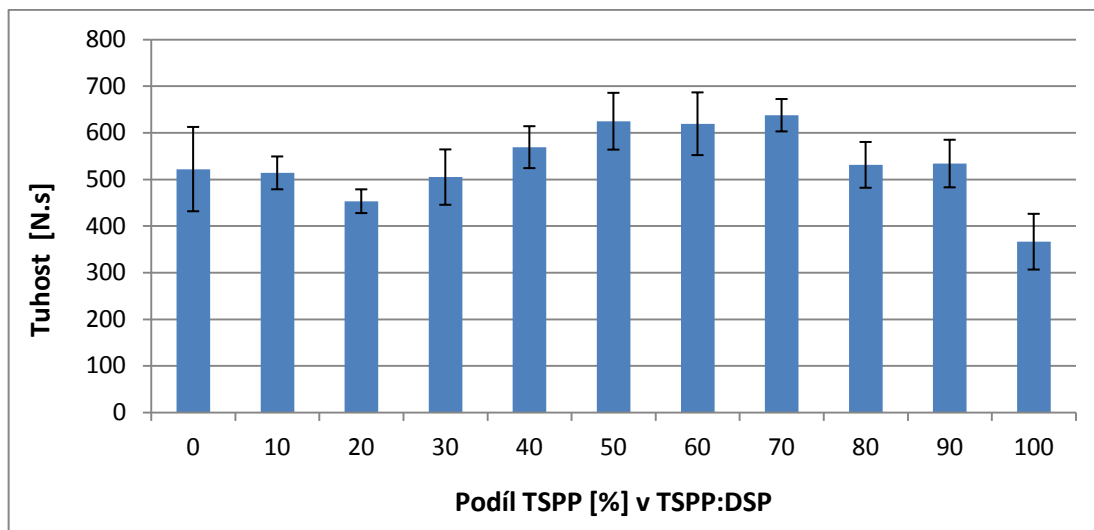
Průměrné hodnoty tvrdosti vzorku včetně směrodatných odchylek jsou v příloze 2 (Tabulka 8). V grafu 10 je znázorněna závislost tvrdosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Tvrdost vzorku mírně stoupala od přídavku 20:80 do poměru 70:30 a poté začala klesat. Minimální tvrdost vykazoval vzorek s přídavkem samotného TSPP.



Graf 10: Závislost tvrdosti vzorku na TSPP:DSP

8.2.3.2 Tuhost

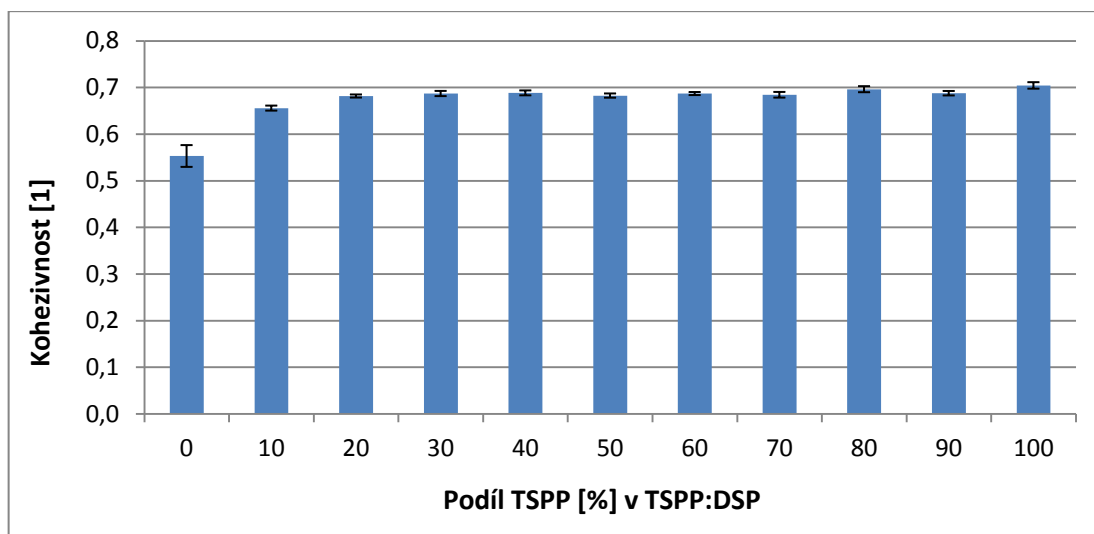
Průměrné hodnoty tuhosti včetně směrodatných odchylek jsou v příloze 2 (Tabulka 9). V grafu 11 je znázorněna závislost tuhosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu vyplývá, že od přídavku binárních směsí 20:80 dochází k nárůstu tuhosti vzorku až do poměru 70:30, kdy lze pozorovat mírný pokles. Minimálně tuhý vzorek byl po přídavku samotného TSPP.



Graf 11: Závislost tuhosti vzorku na TSPP:DSP

8.2.3.3 Kohezivnost

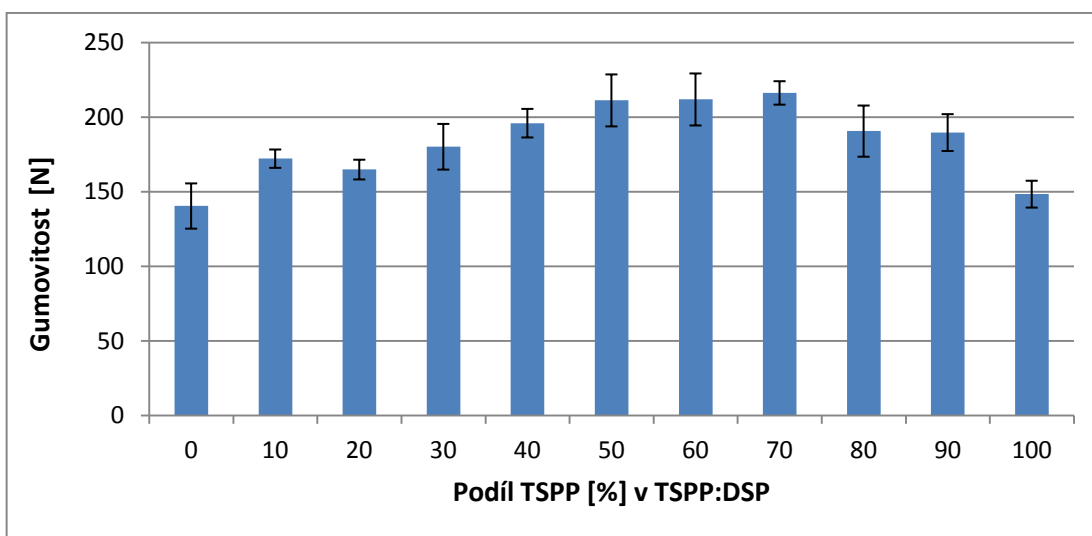
Průměrné hodnoty kohezivnosti vzorku včetně směrodatných odchylek jsou v příloze 2 (Tabulka 10). V grafu 12 je znázorněna závislost kohezivnosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Graf si udržuje přibližně stejný trend od přidavku poměru 10:90.



Graf 12: Závislost kohezivnosti vzorku na TSPP:DSP

8.2.3.4 Gumovitost

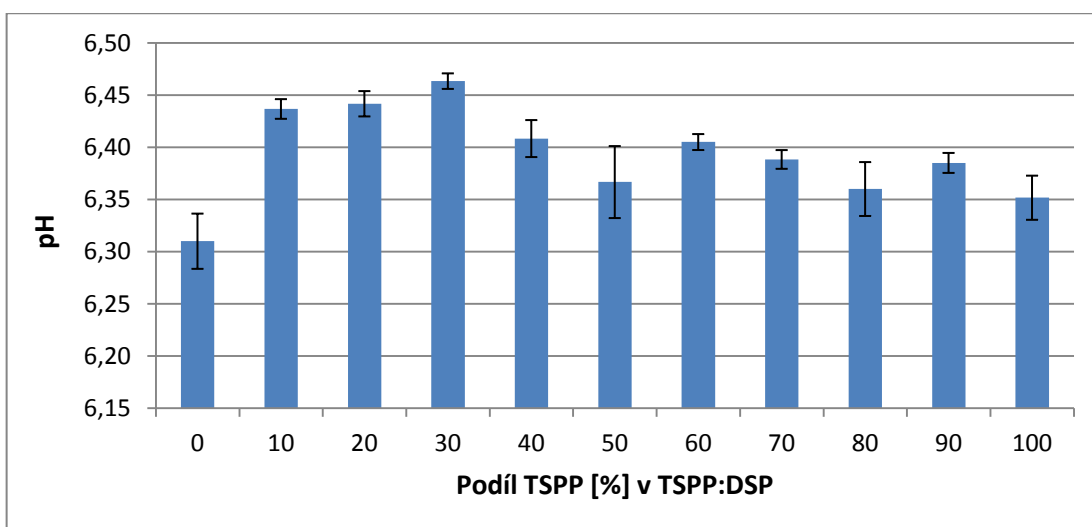
Průměrné hodnoty gumovitosti včetně směrodatných odchylek jsou v příloze 2 (Tabulka 11). V grafu 13 je znázorněna závislost gumovitosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z údajů grafu 13 vyplývá, že s přidavkem binárních směsí se gumovitost vzorků zvyšuje až k poměru 70:30, kdy dochází k mírnému poklesu.



Graf 13: Závislost gumovitosti vzorku na TSPP:DSP

8.2.4 Vliv na hodnoty pH

Průměrné hodnoty pH vzorku jsou v příloze 2 (Tabulka 12). V grafu 14 je znázorněna závislost pH vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu 14 lze pozorovat nárůst hodnot pH z 6,31 na 6,44. Nejnižší pH vykazoval vzorek s přidavkem samotného DSP.

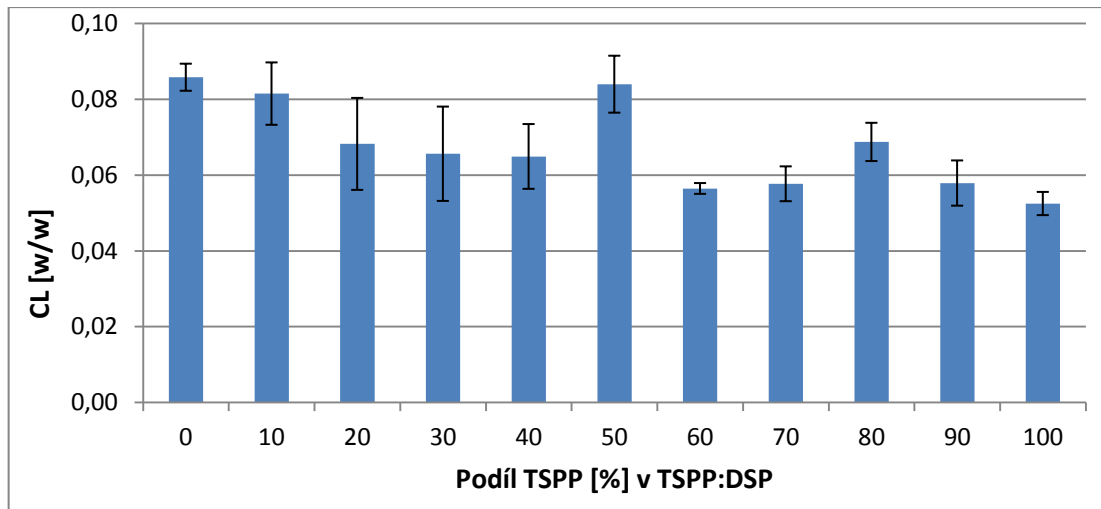


Graf 14: Závislost pH vzorku na TSPP:DSP

8.3 Aplikace TSPP:DSP v koncentraci 0,45 %

8.3.1 Vliv na ztráty vařením

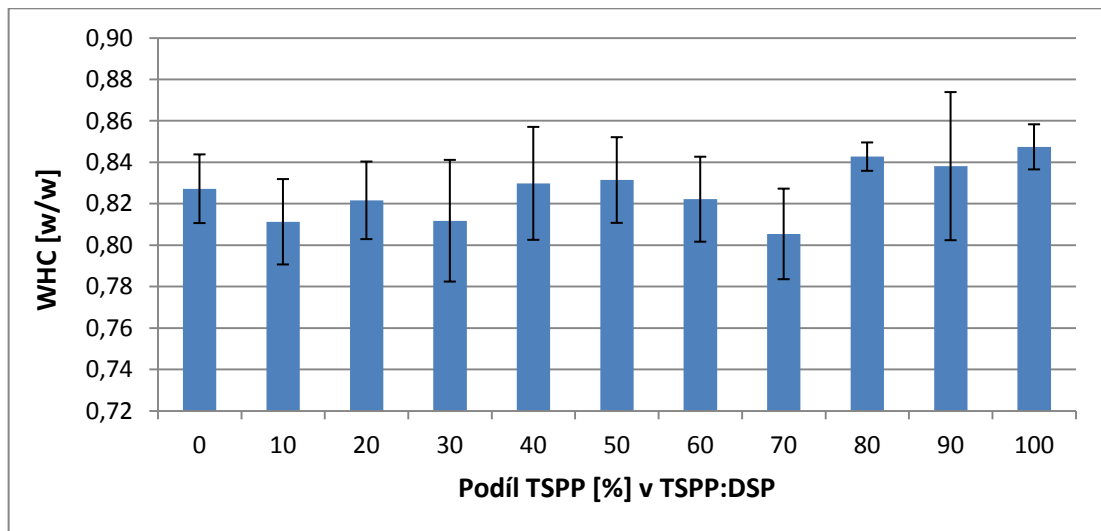
Průměrné hodnoty ztrát vařením jsou uvedeny v příloze 3 (Tabulka 13). V grafu 15 je znázorněna závislost ztrát vařením na procentuálním poměru TSPP:DSP. Graf 15 ukazuje od počátku pokles hodnot ztrát vařením, avšak poměr 50:50 vykazuje vyšší ztráty vařením.



Graf 15: Závislost ztrát vařením na TSPP:DSP

8.3.2 Vliv na vaznost vody

Průměrné hodnoty vaznosti vody jsou uvedeny v příloze 3 (Tabulka 13). V grafu 16 je znázorněna závislost vaznosti vody vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Nejnižší vaznost vody vykazoval vzorek s přidavkem poměru 70:30.

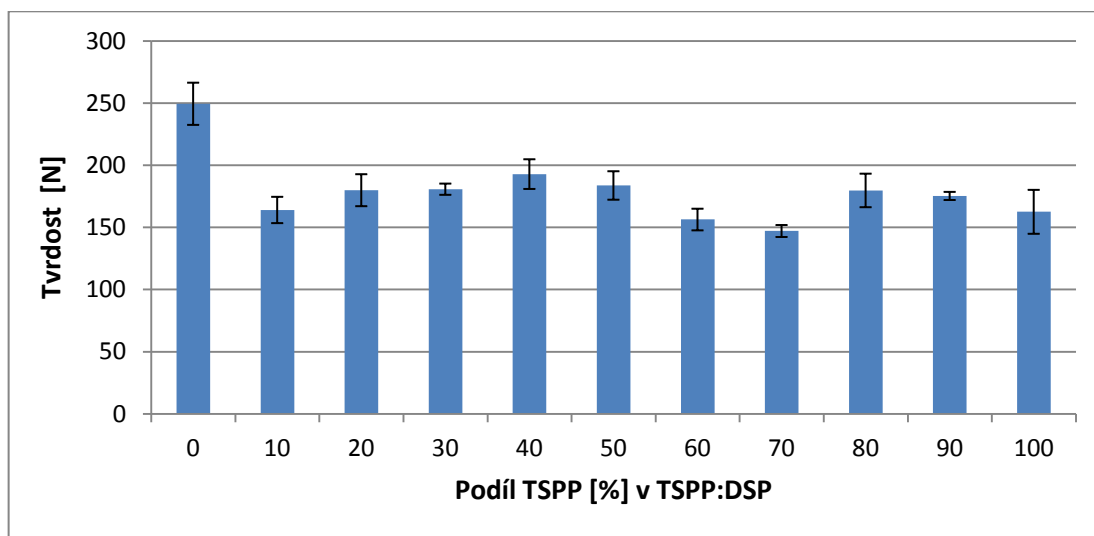


Graf 16: Závislost vaznosti vody vzorku na TSPP:DSP

8.3.3 Vliv na texturní parametry

8.3.3.1 Tvrdost

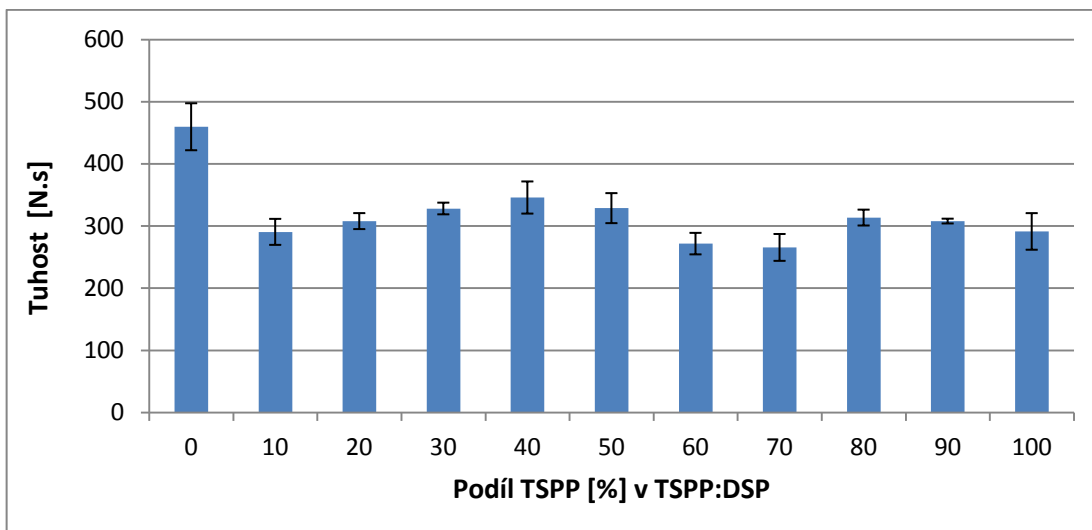
Průměrné hodnoty tvrdosti vzorku jsou uvedeny v příloze 3 (Tabulka 14). V grafu 17 je znázorněna závislost tvrdosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Z grafu 17 lze pozorovat od poměru 0:100 snížení tvrdosti, ale od přidavku poměru 10:90 hodnoty mírně vzrůstají až do poměru 40:60, kdy došlo opět ke snížení tvrdosti vzorku. Nejméně tvrdý vzorek byl s přidavkem poměru 70:30.



Graf 17: Závislost tvrdosti vzorku na TSPP:DSP

8.3.3.2 Tuhost

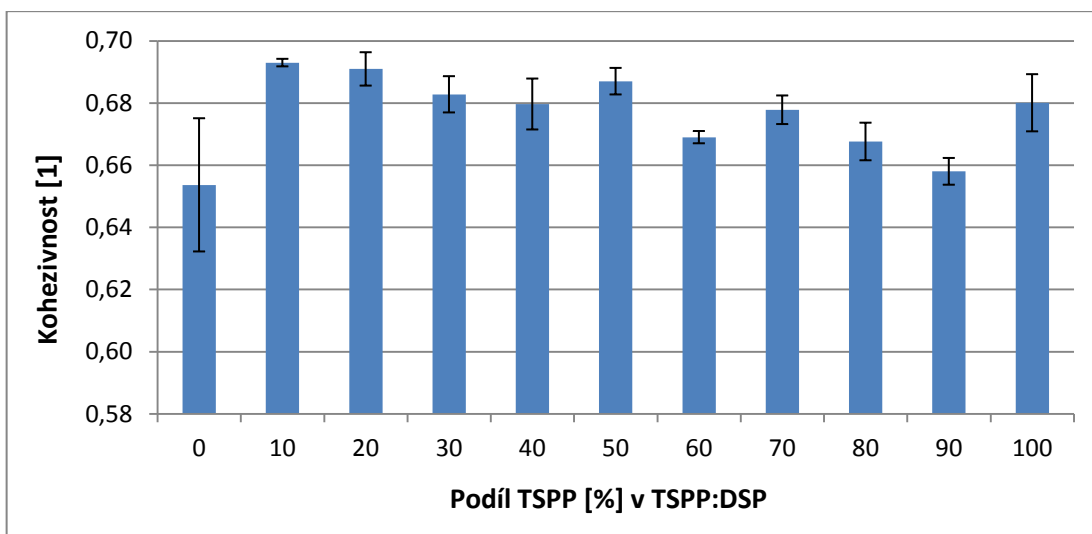
Průměrné hodnoty tuhosti vzorku jsou uvedeny v příloze 3 (Tabulka 15). V grafu 18 je znázorněna závislost tuhosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Graf 18 je velmi podobný svým průběhem předešlé závislosti tvrdosti vzorku na TSPP:DSP. Na začátku dochází ke snížení hodnot k poměru 10:90, a poté k postupnému snížení do poměru 40:60. Nejméně tuhý vzorek byl s přidavkem poměru 70:30.



Graf 18: Závislost tuhosti vzorku na TSPP:DSP

8.3.3.3 Kohezivnost

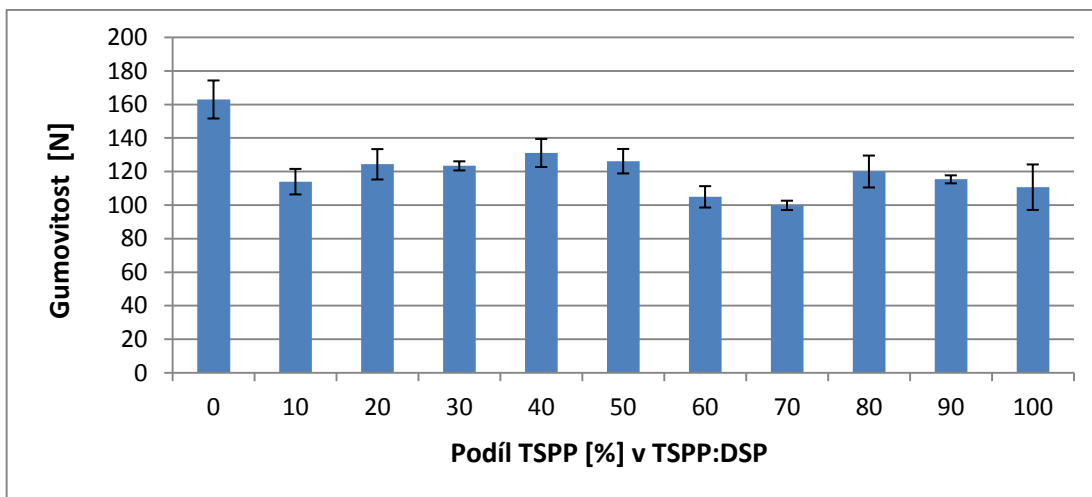
Průměrné hodnoty kohezivnosti vzorku jsou uvedeny v příloze 3 (Tabulka 16). V grafu 19 je znázorněna závislost kohezivnosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Kohezivnost vzorku od počátku rostla, od poměru 10:90 bylo mírné snižování až po 100:0.



Graf 19: Závislost kohezivnosti vzorku na TSPP:DSP

8.3.3.4 Gumovitost

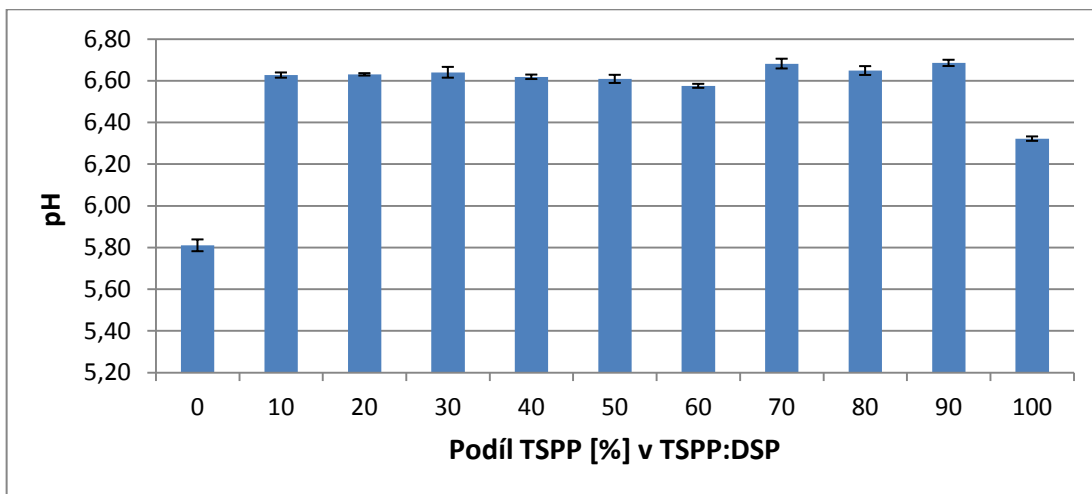
Průměrné hodnoty gumovitosti vzorku jsou uvedeny v příloze 3 (Tabulka 17). V grafu 20 je znázorněna závislost gumovitosti vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Gumovitost vzorku zprvu klesá do poměru 10:90, poté roste do poměru 40:60, kdy dojde k mírnému snížení. Přídavek poměru 70:30 vykazoval nejméně gumovitý vzorek.



Graf 20: Závislost gumovitosti vzorku na TSPP:DSP

8.3.4 Vliv na hodnoty pH

Průměrné hodnoty pH vzorků jsou uvedeny v příloze 3 (Tabulka 18). V grafu 21 je znázorněna závislost pH vzorku na procentuálním poměru TSPP:DSP. Graf 21 ukazuje prudké zvýšení hodnot pH po přidavku binárních směsí. Poté jsou rozdíly hodnot pH minimální až do přidavku samotného TSPP, kdy dojde ke snížení pH.



Graf 21: Závislost pH vzorku na TSPP:DSP

8.4 Diskuze

Výsledky měření ukazují odlišnosti ve sledovaných parametrech zkoumaných vzorků v závislosti na použití samotných fosforečnanů nebo jejich binárních směsí. Z dostupných zdrojů nebyly nalezeny publikace, které by se problematikou těchto konkrétních binárních směsí zabývaly. Avšak Long *et al.* [47] zkoumali ve své studii aplikaci binárních směsí fosforečnanů do mělněných masných výrobků ze strojně odděleného drůbežího masa. V této práci byly vybrány tři fosforečnany, a to hexametafosforečnan sodný, difosforečnan sodný a dihydrogendifosforečnan sodný v celkové koncentraci 0,25 % (w/w) P_2O_5 . K diskuzi byly použity proto publikace, které se zabývaly působením samotných fosforečnanů.

Aplikace binárních směsí při celkové koncentraci 0,45 % P_2O_5 měla pozitivní vliv na ztráty vařením, avšak nejnižších ztrát vody bylo dosaženo u přídavku samotného TSPP. Z toho může vyplývat, že přídavek DSP má schopnost uvolňovat více vody během tepelného opracování. Při koncentraci binárních směsí 0,05 % P_2O_5 jsou ztráty vařením nejvyšší ze všech použitých koncentrací. Obecně jsme vysledovali, že se zvyšující se koncentrací fosforečnanů se snižují ztráty vařením. Ztráty vařením závisí nejen na účincích fosforečnanů, ale také na hodnotách pH vzorků. Z výsledků vyplývá, že pravděpodobně se zvyšují ztráty vařením paralelně s klesajícím pH. Toto tvrzení se shoduje s Roldán *et al.* [48], kteří uvádějí, že se zvýšením pH vzorku dojde díky elektrostatickým odpuzivým silám k posunu izoelektrického bodu myofibrilárních bílkovin, a to posléze vede k menším ztrátám vody. Vzorky o koncentraci 0,05 % P_2O_5 vykazovaly nejnižší hodnoty pH. Hodnoty pH při této koncentraci se pohybovaly okolo pH 6. Maximální hodnotu pH vykazoval vzorek s přídavkem samotného TSPP. Při použitých koncentracích 0,05 %, 0,25 % a 0,45 % P_2O_5 měly vzorky s přídavkem samotného TSPP vyšší hodnoty pH než vzorky s přídavkem samotného DSP. Z těchto poznatků lze konstatovat, že difosforečnan sodný zvyšuje hodnoty pH více než hydrogendifosforečnan sodný. Hughes *et al.* [10] ve své studii uvádějí, že tepelné opracování vede ke zvyšování tuhosti myofibrilárních struktur, kdy dochází k denuraci bílkovin, a to je spojeno s většími ztrátami vody během tepelného opracování. Jiná studie Tornberg *et al.* [23] předkládá, že se po působení tepelného záhřevu na masné výrobky vytvoří hustá síť myofibrilárních bílkovin, tzv. gel, který účinně zadržuje vodu kapilárními silami.

Vaznost vody je jeden z nejvíce sledovaných parametrů z ekonomického hlediska, protože ovlivňuje hmotnostní ztráty výrobků při tepelném opracování v masném průmyslu. Po detailnějším pozorování lze konstatovat, že vzorky s přídavkem binárních směsí v koncentraci 0,05 % P_2O_5 vykazovaly nejnižší vaznost vody oproti koncentracím 0,25 % a 0,45 % P_2O_5 . Nejvyšší vaznost vody u koncentrace 0,05 % P_2O_5 byla u samotného DSP (84 %). Minimálních hodnot vaznosti vody bylo dosaženo u vzorku s přídavkem binárních směsí v poměru 20:80 (74 %). TSPP má pravděpodobně vyšší schopnost vázat vodu než DSP. Naše výsledky se shodují s publikací od Baublits *et al.* [49], kteří ve své studii uvádějí, že TSPP má lepší schopnost vázat vodu než řada jiných fosforečnanů. Rozdíly ve vaznosti vody mezi fosforečnany mohou být způsobeny i rozdílným pH. Dále autor uvádí korelaci mezi pH a vazností vody. Čím nižší pH vzorků, tím menší vaznost vody. V našem případě i s tímto tvrzením je možné souhlasit. Vzorky o koncentraci 0,05 % P_2O_5 dosahovaly nejmenších hodnot pH a současně vykazovaly nejnižší vaznost vody oproti koncentracím 0,25 % a 0,45 % P_2O_5 . U koncentrace 0,25 % P_2O_5 byla zaznamenána nejnižší vaznost u samotného DSP (79 %), poté docházelo k proměnlivému nárůstu. Nejvyšší vaznost vody vykazoval vzorek o koncentraci 0,25 % P_2O_5 po přídavku poměru 60:40 (89 %), což je v průměru o 6 % více než u vzorků o koncentraci 0,45 % P_2O_5 . Z těchto poznatků je pravděpodobné, že se zvyšující se koncentrací binárních směsí fosforečnanů, se vaznost nezvyšovala. Je možné konstatovat, že v masném průmyslu by mohl poměr 60:40 znamenat neefektivnější přídavek binárních směsí již při koncentraci 0,25 % P_2O_5 po ekonomické stránce, protože by výrobek měl nejvyšší schopnost vázat vodu.

Z texturních parametrů byla u masných výrobků sledována tvrdost, tuhost, kohezivnost a gumovitost. Nejvíce tvrdé a tuhé vzorky se projevovaly u binárních směsí s koncentrací 0,05 % oproti koncentracím 0,25 % a 0,45 %. Texturní parametry souvisí se ztrátami vody. Vzorky při koncentraci 0,05 % P_2O_5 vykazovaly nejen nejvyšší ztráty vody, ale také nejvíce tvrdé a tuhé vzorky. S naší hypotézou se shodujeme s výsledky ze studie Hughes *et al.* [10], kteří uvádějí, že větší ztráty vody mají negativní vliv na texturní parametry, zejména na zvyšování tvrdosti a tuhosti finálních výrobků. Maximálních hodnot tvrdosti (331,23 N) a tuhosti (708,61 N.s) bylo dosaženo u koncentrace 0,05 % P_2O_5 při poměru 10:90. Tvrdost i tuhost vzorků u koncentrace 0,45 % P_2O_5 měla podobný průběh. V obou případech byly zjištěny nejvíce tvrdé a tuhé vzorky po přídavku samotného DSP. První přídavek binární směsi o koncentraci 0,45 % P_2O_5 způsobil skokový pokles tvrdosti (z původních 249,47 N na 164,05 N) a tuhosti (z původních 459,6 N.s na 290,52 N.s). Při

koncentraci 0,45 % P_2O_5 byly pozorovány u poměru 70:30 nejméně tvrdé a tuhé výrobky. Celkově lze konstatovat, že ze závislosti tvrdosti a tuhosti vzorků na TSPP:DSP vyplývá, že TSPP má potenciálně vliv na snižování těchto texturních parametrů.

Minimální kohezivnost výrobků byla při aplikaci binárních směsí o koncentraci 0,05 % P_2O_5 . Právě koncentrace 0,05 % poukazovala na nejhůře kohezivní vzorek, a to při poměru 20:80. Při koncentraci 0,25 % a 0,45 % kohezivnost u přidavku binárních směsí rostla do poměru 10:90, tedy do prvního přidavku TSPP, a poté byly hodnoty bez větších odchylek ustáleny. Při koncentraci 0,25 % P_2O_5 byla kohezivnost vzorku u samotného DSP nižší než u vzorku s přidavkem samotného TSPP.

Při koncentraci 0,05 % P_2O_5 měla gumovitost od začátku klesající trend. Minimum gumovitosti u koncentrace 0,05 % P_2O_5 bylo dosaženo při poměru 20:80. U koncentrace 0,25 % P_2O_5 lze pozorovat, že s přidavkem binárních směsí se gumovitost lineárně zvyšovala až k poměru 70:30, kdy poté docházelo k poklesu hodnot. Nejméně gumovitý výrobek byl po přidavku binární směsí v poměru 70:30 u koncentrace 0,45 % P_2O_5 . Z výsledků dále vyplývá, že existuje korelace mezi vazností vody a gumovitostí vzorků. Čím je vyšší vaznost vody, tím se zvyšuje i gumovitost vzorků. Ze všech tří zvolených koncentrací lze konstatovat, že aplikace binárních směsí při koncentraci 0,45 % P_2O_5 vykazovala nejméně gumovité vzorky, a to až dvojnásobně než při koncentracích 0,05 % a 0,25 % P_2O_5 .

Po zhodnocení všech výsledků lze konstatovat, že hydrogenfosforečnan sodný a difosforečnan sodný se navzájem ovlivňovaly – upravovaly hodnoty pH v masném díle, ovlivňovaly texturní parametry, ztráty vařením a vaznost vody. TSPP v binárních směsích působil na vzorky nepatrně lépe než DSP, a to zejména u ztrát vaření a vaznosti vody, kde tyto dvě kritéria jsou klíčové pro výrobce, ale i spotřebitele.

ZÁVĚR

Fosforečnany mají mnohostranné využití v potravinářství. U masných výrobků ovlivňují hned několik technologických parametrů. Fosforečnany patří v dnešní době mezi často používané přídatné látky.

Cílem této diplomové práce bylo sledovat vliv binárních směsí fosforečnanů na vybrané technologické vlastnosti jemně mělněných drůbežích výrobků. Pro tento výzkum byl vybrán difosforečnan sodný a hydrogenfosforečnan sodný v celkové koncentraci P_2O_5 0,05 %, 0,25 % a 0,45 % (w/w).

V dnešní době se klade důraz zejména na ekonomickou stránku produktů. Proto jednou z nejvíce sledovaných vlastností byla vaznost vody a ztráty vařením, protože právě tyto parametry ovlivňují ekonomické ztráty při tepelném opracování výrobků. Rozdíl mezi působením samotných fosforečnanů a jejich binárních směsí byl značný. Z výsledků vaznosti vody bylo prokázáno, že binární směsi fosforečnanů při koncentraci 0,25 % vykazovaly vzorky s větší vazností vody než aplikace samotného difosforečnanu sodného a hydrogenfosforečnanu sodného. Z hodnot ztrát vařením vyplynulo, že hydrogenfosforečnan sodný v binární směsi má větší schopnost uvolňovat vodu během tepelného opracování než difosforečnan sodný. Bylo pozorováno, že ztráty vařením záleží nejen na typu fosforečnanů a jejich binárních směsí, ale také na hodnotách pH vzorků, kdy se zvyšují ztráty vařením při klesajícím pH vzorků. Výsledky vaznosti vody ukázaly, že po aplikaci binární směsi v poměru 60:40 při koncentraci 0,25 % vázal výrobek nejvíce vody (89 %) oproti výrobkům o koncentraci 0,45 %. Z těchto předpokladů je patrné, že se zvyšující se koncentrací fosforečnanů, se vaznost vody nezvyšovala. Z ekonomického hlediska v masném průmyslu by mohl poměr 60:40 znamenat nejefektivnější přídavek binárních směsí TSPP: DSP již při koncentraci 0,25 % P_2O_5 .

Z texturních parametrů byla binárními směsmi ovlivněna tvrdost, tuhost a gumovitost vzorků. Tvrdost, tuhost a gumovitost korelují se ztrátami vody. Výrobky při koncentraci 0,05 % vykazovaly nejvyšší ztráty vody, a při této koncentraci byly získány nejvíce tvrdé a tuhé výrobky. Z praktického hlediska byla kohezivnost výrobků ovlivněna nevýznamně. Nebyla pozorována závislost mezi vazností vody a kohezivností. Zatímco z výsledků gumovitosti bylo pozorováno, že se zvyšující se vazností vody se zvyšuje i gumovitost vzorků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STEINHAUSER, L. *Hygiena a technologie masa*. 1. vyd., Brno: Last, 1995, 644 s. ISBN 80-900-2604-4.
- [2] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienické pravidla pro potraviny živočišného původu. IN: *Úřední věstník Evropské unie L 139/55*. 2004.
- [3] ZHOU, G. H., XU, X. L., LIU, Y. Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Science*. 2010, roč. 86, č. 1, 119-128 s.
- [4] PEREIRA, P. M. de C. C., VICENTE, A. F dos R. B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet: A Review. *Meat Science*. 2013, roč. 93, č. 3, 586-592 s.
- [5] PETRACCI, M., BIANCHI, M., MUDALAL, S., CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in Food Science*. 2013, roč. 33, č. 1, 27-39 s.
- [6] ČUBOŇ, J., HAŠČÍK, P., KAČANIOVÁ, M. *Hodnotenie surovín a potravín živočišného povodu*. 1.vyd., Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. 2012, 381 s. ISBN 978-80-552-0870-1.
- [7] SEELIGER, D. *Maso a zvěřina*, Německo, 1. vyd., Teubner. 2010, 320 s. ISBN 978-3-8338-1882-0.
- [8] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. 1. vyd., Ostrava: Key Publishing. 2012, 569 s. ISBN 978-807-4181-450.
- [9] DOLORES, M. R. DE ÁVILA, CAMBERO, M. I., ORDONEZ, A. J., LORENZO de la HOZ, HERRERO, A. M. Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). *Meat Science*. 2014, roč. 98, 310-315 s.
- [10] HUGHES, J. M., OISETH S. K., PURSLOW P. P., WARNER, R. D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*. 2014, roč. 98, č. 3, 520-532 s.
- [11] LONG, N. H. B. S., GÁL, R., BUŇKA, F. Use of phosphates in meat products. *African Journal of Biotechnology*. 2011, roč. 10, č. 86, 19874-19882 s.
- [12] ZHANG, M., MITTAL, G. S., BARBUT, S. Effect of test conditions on the water holding capacity of meat by a centrifugal method. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. Academic Press Limited. 1995, roč. 28, 50-55 s.

- [13] VALENTAS, K. J., ROTSTEIN, E., SINGH, R. P. *Handbook of food engineering practice*. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 1997, 718 s. ISBN 08-493-8694-2.
- [14] NOLLET, L. M., BOYLSTON, T. *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. 1. vyd., Ames, Iowa: Blackwell Publishing. 2007, 719 s. ISBN 978-081-3824-468.
- [15] CHEN, L., OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods — A review. *Food Research International*. 2013, roč. 51, 823-835 s.
- [16] HUIDOBRO, F. R., MIGUEL, E., BLÁZQUEZ, B., ONEGA, E. A comparison between two methods (Warner – Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*. 2005, roč. 69, č. 3, 527-536 s.
- [17] BOURNE, M. Texture Profile Analysis. *Food Technology*. New York. 1978, 62-72 s.
- [18] BAJOVIC, B., BOLUMAR, T., HEINZ, V. Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Science*. 2012, roč. 92, č. 3, 280-289 s.
- [19] KAMENÍK, J. *Maso jako potravina: produkce, složení a vlastnosti masa*. 1. vyd., Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 2014, 327 s. ISBN 978-80-7305-673-5.
- [20] TAPP, W. N., YANCEY, J. W. S., APPLE J. K. How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*. 2011, roč. 89, č. 1, 1-5 s.
- [21] Vyhláška 326/2001 Sb. ve znění 169/2009 Sb. s účinností k 1. 7. 2009, 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: *Sbírka zákonů*. 2001.
- [22] WEISS, J., GIBIS, M., SCHUH, V., SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*. 2010, roč. 86, č. 1, 196-213 s.
- [23] TORNBERG, E., KADIM, I. T., MAHGOUB, O. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*. 2005, roč. 70, č. 3, 493-508 s.
- [24] HUI, Y. *Handbook of meat and meat processing*. 2. vyd., Boca Raton, FL: CRC Press. 2012, 982 s. ISBN 978-143-9836-835.

- [25] FEINER, G. *Meat Products Handbook: Practical Science and Technology*. Woodhead Publishing. North America. Food Science, Technology and Nutrition. Elsevier. 2006, 672 s. ISBN 978-184-5691-721.
- [26] KNIPE, L. Phosphates as Meat Emulsion Stabilizers. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. 2. vyd., USA. 2003, 2077-2080 s.
- [27] SICKLER, M. L., CLAUS, J. R, MARRIOTT, N. G, EIGEL, W. N., WANG, H. Antioxidative effects of encapsulated sodium tripolyphosphate and encapsulated sodium acid pyrophosphate in ground beef patties cooked immediately after antioxidant incorporation and stored. *Meat Science*. 2013, roč. 94, č. 3, 285-288 s.
- [28] ÜNAL, S. B., ERDOĞDU F., EKIZ, H. I. Effect of temperature on phosphate diffusion in meats. *Journal of Food Engineering*. 2006, roč. 76, č. 2, 119-127 s.
- [29] LOWDER, A. C., GOAD, L. C., LOU, X., MORGAN, J. B., KOH, C. L., DEAKINS, A. P., DEWITT, C. A. M. Response surface modeling to predict fluid loss from beef strip loins and steaks injected with salt and phosphate with or without a dehydrated beef protein water binding adjunct. *Meat Science*. 2013, roč. 94, č. 1, 9-18 s.
- [30] CAPITA, R., ALONSO-CALLEJA, C., SIERRA, M., MORENO, B., GARCÍA-FERNÁNDEZ, M. Effect of trisodium phosphate solutions washing on the sensory evaluation of poultry meat. *Meat Science*. 2000, roč. 55, č. 4, 471-474 s.
- [31] MOR-MUR, M., YUSTE, J. High pressure processing applied to cooked sausage manufacture: physical properties and sensory analysis. *Meat Science*. 2003, roč. 65, č. 3, 1187-1191 s.
- [32] VILLAMONTE, G., SIMONIN, H., DURANTON, F., CHÉRET, R., M. de LAMBALLERIE. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. *Innovative Food Science*. 2013, roč. 18, 15-23 s.
- [33] YANG, H., HAN, M., BAI, Y., HAN, Y., XU, X., ZHOU, G. High pressure processing alters water distribution enabling the production of reduced-fat and reduced-salt pork sausages. *Meat Science*. 2015, roč. 102, 69-78 s.
- [34] DUŠEK, M., KVASNIČKA, F., LUKÁŠKOVÁ, L., KRÁTKÁ, J. Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. *Meat Science*. 2003, roč. 65, č. 2, 765-769 s.

- [35] WANG, D. *Food chemistry*. Hauppauge, N. Y.: Nova Science Publishers. 2011, 370 s. ISBN 978-161-9421-257.
- [36] CICHY, B., FOLEK, S., KRZTON, H. Food multiposphates – Preparation and properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009, roč. 57, 944-950 s.
- [37] WANG, P., XU, X., ZHOU, G. Effects of meat and phosphate level on water-holding capacity and texture of emulsion-type sausage during storage. *Agricultural Sciences in China*. 2009, roč. 8, č. 12, 1475-1481 s.
- [38] AKHTAR, S., PAREDES-SABJA, D., SARKER, M. R. Inhibitory effects of polyphosphates on *Clostridium perfringens* growth, sporulation and spore outgrowth. *Food Microbiology*. 2008, roč. 25, č. 6, 802-808 s.
- [39] FERNÁNDEZ-MARTÍN, F., S COFRADES, S., J CARBALLO, J., JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Salt and phosphate effects on the gelling process of pressure/heat treated pork batters. *Meat Science*. 2002, roč. 61, č. 1, 15-23 s.
- [40] CALVO, M. S., TUCKER, K. L. Is phosphorus intake that exceeds dietary requirements a risk factor in bone health? *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2013, roč. 1301, č. 1, 29-35 s. ISSN 0077-8923.
- [41] TAKEDA, E., YAMAMOTO, H., YAMANAKA-OKUMURA, H., TAKETANI, Y. Dietary phosphorus in bone health and quality of life. *Nutrition Reviews*. 2012, roč. 70, č. 6, 311-321 s.
- [42] WINGER, R. J., URIBARRI, J., LLOYD, L. Phosphorus-containing food additives: An insidious danger for people with chronic kidney disease. *Trends in Food Science and Technology*. 2012, roč. 24, č. 2, 92-102 s.
- [43] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Rozšířené a přepracované 3. vyd. Tábor: OSSIS. 2009, 580 s. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [44] BENINI, O., D'ALESSANDRO, C., GIANFALDONI, D., CUPISTI, A. Extra-Phosphate Load From Food Additives in Commonly Eaten Foods: A Real and Insidious Danger for Renal Patients. *Journal of Renal Nutrition*. 2011, roč. 21, č. 4, 303-308 s.
- [45] HENDL, J. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. 4. vyd., Praha: Portál. 2012, 734 s. ISBN 978-80-262-0200-4.

- [46] Fakulta Veterinární hygieny a ekologie. *Statistika a výpočetní technika: Vylučování extrémních hodnot souboru* [online]. [cit. 2015-03-8]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn2/extremy.htm>
- [47] LONG, N. H. B. S. *The Effects of Selected Phosphate Salts and Hydrocolloids on the Textural Properties of Meat Products*. Zlín, 2012. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [48] ROLDÁN, M., ANTEQUERA, T., PÉREZ-PALACIOS, T., RUIZ, J. Effect of added phosphate and type of cooking method on physico-chemical and sensory features of cooked lamb loins. *Meat Science*. 2014, roč. 97, č. 1, 69-75 s.
- [49] BAUBLITS, R. T., POHLMAN, F. W., BROWN, A. H., JOHNSON, Z. B. Effects of sodium chloride, phosphate type and concentration, and pump rate on beef biceps femoris quality and sensory characteristics. *Meat Science*. 2005, roč. 70, č. 2, 205-214 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ATP	Adenosintrifosfát
WB	Warner-Bratzler
a_w	Aktivita vody
WHC	Vaznost vody
CL	Ztráty vařením
STPP	Trifosforečnan sodný
TSP	Difosforečnan sodný
DSP	Hydrogenfosforečnan sodný
TSP	Fosforečnan sodný
SAPP	Dihydrogendifosforečnan sodný
\bar{x}	Aritmetický průměr
SMODCH	Směrodatná odchylka

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1: NAPLNĚNÝ VZOREK	74
OBR. 2: TEPelnÉ OPRACOVÁNÍ V KONVEKTOMATU	74
OBR. 3: STANOVENÍ ZTRÁT VAŘENÍM	75
OBR. 4: HLINÍKOVÉ MISKY SE VZORKEM A MOŘSKÝM PÍSKEM	75
OBR. 5: VYŘÍZNUTÁ KRUHOVÁ ČÁST A VZOREK K MĚŘENÍ TPA	76
OBR. 6: TEXTUROMETR TA.XT PLUS	76
OBR. 7: MĚŘENÍ PH	77

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: PRŮMĚRNÉ HODNOTY ZTRÁT VAŘENÍM (CL) A VAZNOSTI VODY (WHC)	68
TABULKA 2: PRŮMĚRNÉ HODNOTY TVRDOSTI VZORKU.....	68
TABULKA 3: PRŮMĚRNÉ HODNOTY TUHOSTI VZORKU.....	68
TABULKA 4: PRŮMĚRNÉ HODNOTY KOHEZIVNOSTI VZORKU	69
TABULKA 5: PRŮMĚRNÉ HODNOTY GUMOVITOSTI VZORKU	69
TABULKA 6: PRŮMĚRNÉ HODNOTY pH.....	69
TABULKA 7: PRŮMĚRNÉ HODNOTY ZTRÁT VAŘENÍM (CL) A VAZNOSTI VODY (WHC)	70
TABULKA 8: PRŮMĚRNÉ HODNOTY TVRDOSTI VZORKU.....	70
TABULKA 9: PRŮMĚRNÉ HODNOTY TUHOSTI VZORKU.....	70
TABULKA 10: PRŮMĚRNÉ HODNOTY KOHEZIVNOSTI VZORKU.....	71
TABULKA 11: PRŮMĚRNÉ HODNOTY GUMOVITOSTI VZORKU	71
TABULKA 12: PRŮMĚRNÉ HODNOTY pH.....	71
TABULKA 13: PRŮMĚRNÉ HODNOTY ZTRÁT VAŘENÍM (CL) A VAZNOSTI VODY (WHC)	72
TABULKA 14: PRŮMĚRNÉ HODNOTY TVRDOSTI VZORKU.....	72
TABULKA 15: PRŮMĚRNÉ HODNOTY TUHOSTI VZORKU.....	72
TABULKA 16: PRŮMĚRNÉ HODNOTY KOHEZIVNOSTI VZORKU.....	73
TABULKA 17: PRŮMĚRNÉ HODNOTY GUMOVITOSTI VZORKU	73
TABULKA 18: PRŮMĚRNÉ HODNOTY pH.....	73

SEZNAM GRAFŮ

GRAF 1: ZÁVISLOST ZTRÁT VAŘENÍM NA TSPP:DSP.....	42
GRAF 2: ZÁVISLOST VAZNOSTI VODY NA TSPP:DSP.....	43
GRAF 3: ZÁVISLOST TVRDOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	43
GRAF 4: ZÁVISLOST TUHOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	44
GRAF 5: ZÁVISLOST KOHEZIVNOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	44
GRAF 6: ZÁVISLOST GUMOVITOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	45
GRAF 7: ZÁVISLOST PH NA TSPP:DSP.....	45
GRAF 8: ZÁVISLOST ZTRÁT VAŘENÍM NA TSPP:DSP.....	46
GRAF 9: ZÁVISLOST VAZNOSTI VODY NA TSPP:DSP.....	46
GRAF 10: ZÁVISLOST TVRDOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	47
GRAF 11: ZÁVISLOST TUHOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	48
GRAF 12: ZÁVISLOST KOHEZIVNOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	48
GRAF 13: ZÁVISLOST GUMOVITOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	49
GRAF 14: ZÁVISLOST PH VZORKU NA TSPP:DSP.....	49
GRAF 15: ZÁVISLOST ZTRÁT VAŘENÍM NA TSPP:DSP.....	50
GRAF 16: ZÁVISLOST VAZNOSTI VODY VZORKU NA TSPP:DSP.....	50
GRAF 17: ZÁVISLOST TVRDOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	51
GRAF 18: ZÁVISLOST TUHOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	52
GRAF 19: ZÁVISLOST KOHEZIVNOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	52
GRAF 20: ZÁVISLOST GUMOVITOSTI VZORKU NA TSPP:DSP.....	53
GRAF 21: ZÁVISLOST PH VZORKU NA TSPP:DSP.....	53

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NAMĚŘENÉ HODNOTY – APLIKACE TSPP:DSP V KONCENTRACI 0,05 %	68
PŘÍLOHA P II: NAMĚŘENÉ HODNOTY – APLIKACE TSPP:DSP V KONCENTRACI 0,25 %	70
PŘÍLOHA P III: NAMĚŘENÉ HODNOTY – APLIKACE TSPP:DSP V KONCENTRACI 0,45 %	72
PŘÍLOHA P IV: FOTODOKUMENTACE	74

Příloha P I: Naměřené hodnoty – aplikace TSPP:DSP v koncentraci 0,05 %**Tabulka 1: Průměrné hodnoty ztrát vařením (CL) a vaznosti vody (WHC)**

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr CL [w/w]	Průměr WHC [w/w]
0:100	0,11±0,01	0,84±0,01
10:90	0,12±0,01	0,82±0,01
20:80	0,14±0,004	0,74±0,01
30:70	0,14±0,01	0,77±0,02
40:60	0,15±0,02	0,80±0,02
50:50	0,16±0,02	0,78±0,01
60:40	0,15±0,02	0,78±0,03
70:30	0,14±0,01	0,78±0,01
80:20	0,13±0,02	0,76±0,02
90:10	0,12±0,02	0,79±0,02
100:0	0,10±0,01	0,81±0,02

Tabulka 2: Průměrné hodnoty tvrdosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr tvrdosti [N]	SMODCH [1]
0:100	321,33	5,58
10:90	331,23	21,54
20:80	246,85	16,03
30:70	271,61	18,05
40:60	303,57	9,36
50:50	317,09	19,56
60:40	291,07	29,24
70:30	288,65	20,94
80:20	292,07	18,03
90:10	320,45	12,06
100:0	294,01	3,48

Tabulka 3: Průměrné hodnoty tuhosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr tuhosti [N.s]	SMODCH [1]
0:100	624,51	7,54
10:90	708,61	21,54
20:80	579,83	40,23
30:70	535,89	29,35
40:60	619,36	19,43
50:50	655,81	58,03
60:40	596,09	42,01
70:30	591,61	43,51
80:20	590,31	41,98
90:10	651,64	23,76
100:0	476,11	6,67

Tabulka 4: Průměrné hodnoty kohezivnosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr kohezivnosti [1]	SMODCH [1]
0:100	0,65	0,01
10:90	0,57	0,02
20:80	0,46	0,01
30:70	0,63	0,03
40:60	0,63	0,02
50:50	0,59	0,02
60:40	0,61	0,02
70:30	0,61	0,02
80:20	0,65	0,01
90:10	0,61	0,02
100:0	0,66	0,01

Tabulka 5: Průměrné hodnoty gumovitosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr gumovitosti [N]	SMODCH [1]
0:100	210,19	5,49
10:90	188,90	18,98
20:80	115,06	10,06
30:70	172,32	16,88
40:60	190,77	10,49
50:50	189,61	12,61
60:40	172,68	29,88
70:30	176,81	17,60
80:20	189,16	13,69
90:10	194,49	4,19
100:0	164,28	6,19

Tabulka 6: Průměrné hodnoty pH

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr pH [1]	SMODCH [1]
0:100	5,94	0,02
10:90	5,97	0,01
20:80	6,03	0,01
30:70	6,01	0,01
40:60	6,01	0,01
50:50	5,99	0,01
60:40	5,99	0,004
70:30	5,99	0,01
80:20	6,01	0,01
90:10	6,01	0,01
100:0	6,07	0,01

Příloha P II: Naměřené hodnoty – aplikace TSPP:DSP v koncentraci 0,25 %**Tabulka 7: Průměrné hodnoty ztrát vařením (CL) a vaznosti vody (WHC)**

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr CL [w/w]	Průměr WHC [w/w]
0:100	0,09±0,01	0,80±0,01
10:90	0,07±0,01	0,86±0,01
20:80	0,07±0,01	0,82±0,03
30:70	0,06±0,01	0,88±0,04
40:60	0,06±0,01	0,86±0,01
50:50	0,07±0,01	0,85±0,03
60:40	0,07±0,004	0,89±0,02
70:30	0,06±0,01	0,88±0,01
80:20	0,07±0,01	0,88±0,03
90:10	0,06±0,01	0,88±0,02
100:0	0,06±0,01	0,86±0,01

Tabulka 8: Průměrné hodnoty tvrdosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr tvrdosti [N]	SMODCH [1]
0:100	254,38	29,83
10:90	267,15	12,22
20:80	241,86	10,15
30:70	262,36	23,58
40:60	291,68	19,49
50:50	309,35	24,36
60:40	308,42	25,73
70:30	315,98	11,38
80:20	273,91	25,87
90:10	275,88	19,04
100:0	211,26	13,73

Tabulka 9: Průměrné hodnoty tuhosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr tuhosti [N.s]	SMODCH [1]
0:100	521,97	90,43
10:90	513,91	35,21
20:80	453,11	25,45
30:70	504,83	59,40
40:60	569,06	44,94
50:50	624,64	60,88
60:40	619,24	67,29
70:30	637,56	34,72
80:20	531,08	49,11
90:10	533,89	51,04
100:0	366,30	59,75

Tabulka 10: Průměrné hodnoty kohezivnosti vzorku

Poměr TSPD:DSP [%]	Průměr kohezivnosti [1]	SMODCH [1]
0:100	0,55	0,02
10:90	0,66	0,01
20:80	0,68	0,003
30:70	0,69	0,01
40:60	0,69	0,01
50:50	0,68	0,01
60:40	0,69	0,003
70:30	0,68	0,01
80:20	0,70	0,01
90:10	0,69	0,01
100:0	0,70	0,01

Tabulka 11: Průměrné hodnoty gumovitosti vzorku

Poměr TSPD:DSP [%]	Průměr gumovitosti [N]	SMODCH [1]
0:100	140,41	15,17
10:90	172,16	6,15
20:80	164,84	6,62
30:70	180,14	15,31
40:60	195,94	9,57
50:50	211,21	17,42
60:40	211,84	17,43
70:30	216,21	7,86
80:20	190,61	17,15
90:10	189,64	12,35
100:0	148,36	8,99

Tabulka 12: Průměrné hodnoty pH

Poměr TSPD:DSP [%]	Průměr pH [1]	SMODCH [1]
0:100	6,31	0,03
10:90	6,44	0,01
20:80	6,44	0,01
30:70	6,46	0,01
40:60	6,41	0,02
50:50	6,40	0,03
60:40	6,40	0,01
70:30	6,40	0,01
80:20	6,36	0,03
90:10	6,38	0,01
100:0	6,35	0,02

Příloha P III: Naměřené hodnoty – aplikace TSPP:DSP v koncentraci 0,45 %**Tabulka 13: Průměrné hodnoty ztrát vařením (CL) a vaznosti vody (WHC)**

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr CL [w/w]	Průměr WHC [w/w]
0:100	0,09 ± 0,004	0,83 ± 0,02
10:90	0,08 ± 0,01	0,81 ± 0,02
20:80	0,07 ± 0,01	0,82 ± 0,02
30:70	0,06 ± 0,01	0,81 ± 0,03
40:60	0,06 ± 0,01	0,83 ± 0,03
50:50	0,08 ± 0,01	0,83 ± 0,02
60:40	0,06 ± 0,001	0,82 ± 0,02
70:30	0,06 ± 0,01	0,80 ± 0,02
80:20	0,07 ± 0,01	0,84 ± 0,01
90:10	0,06 ± 0,01	0,84 ± 0,04
100:0	0,05 ± 0,003	0,85 ± 0,01

Tabulka 14: Průměrné hodnoty tvrdosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr tvrdosti [N]	SMODCH [1]
0:100	249,47	16,97
10:90	164,05	10,58
20:80	179,96	12,87
30:70	180,75	4,52
40:60	192,89	11,94
50:50	183,75	11,44
60:40	156,36	8,70
70:30	147,13	4,82
80:20	179,78	13,49
90:10	175,34	3,26
100:0	162,56	17,67

Tabulka 15: Průměrné hodnoty tuhosti vzorku

Poměr TSPP:DSP [%]	Průměr tuhosti [N.s]	SMODCH [1]
0:100	459,60	37,79
10:90	290,52	20,91
20:80	307,83	12,84
30:70	328,12	9,40
40:60	345,77	25,83
50:50	328,71	24,17
60:40	271,61	17,31
70:30	265,50	21,58
80:20	313,51	12,78
90:10	307,90	3,83
100:0	291,21	29,42

Tabulka 16: Průměrné hodnoty kohezivnosti vzorku

Poměr TSPD:DSP [%]	Průměr kohezivnosti [1]	SMODCH [1]
0:100	0,65	0,02
10:90	0,69	0,001
20:80	0,69	0,01
30:70	0,68	0,01
40:60	0,68	0,01
50:50	0,69	0,004
60:40	0,67	0,002
70:30	0,68	0,01
80:20	0,67	0,01
90:10	0,66	0,004
100:0	0,68	0,01

Tabulka 17: Průměrné hodnoty gumovitosti vzorku

Poměr TSPD:DSP [%]	Průměr gumovitosti [N]	SMODCH [1]
0:100	162,99	11,34
10:90	114,00	7,61
20:80	124,35	9,06
30:70	123,40	2,72
40:60	131,11	8,36
50:50	126,20	7,30
60:40	104,95	6,37
70:30	99,88	2,77
80:20	120,05	9,50
90:10	115,38	2,38
100:0	110,71	13,55

Tabulka 18: Průměrné hodnoty pH

Poměr TSPD:DSP [%]	Průměr pH [1]	SMODCH [1]
0:100	5,81	0,03
10:90	6,63	0,01
20:80	6,63	0,01
30:70	6,64	0,03
40:60	6,62	0,01
50:50	6,61	0,02
60:40	6,58	0,01
70:30	6,68	0,02
80:20	6,65	0,02
90:10	6,68	0,01
100:0	6,32	0,01

Příloha P IV: FOTODOKUMENTACE



Obr. 1: Naplněný vzorek



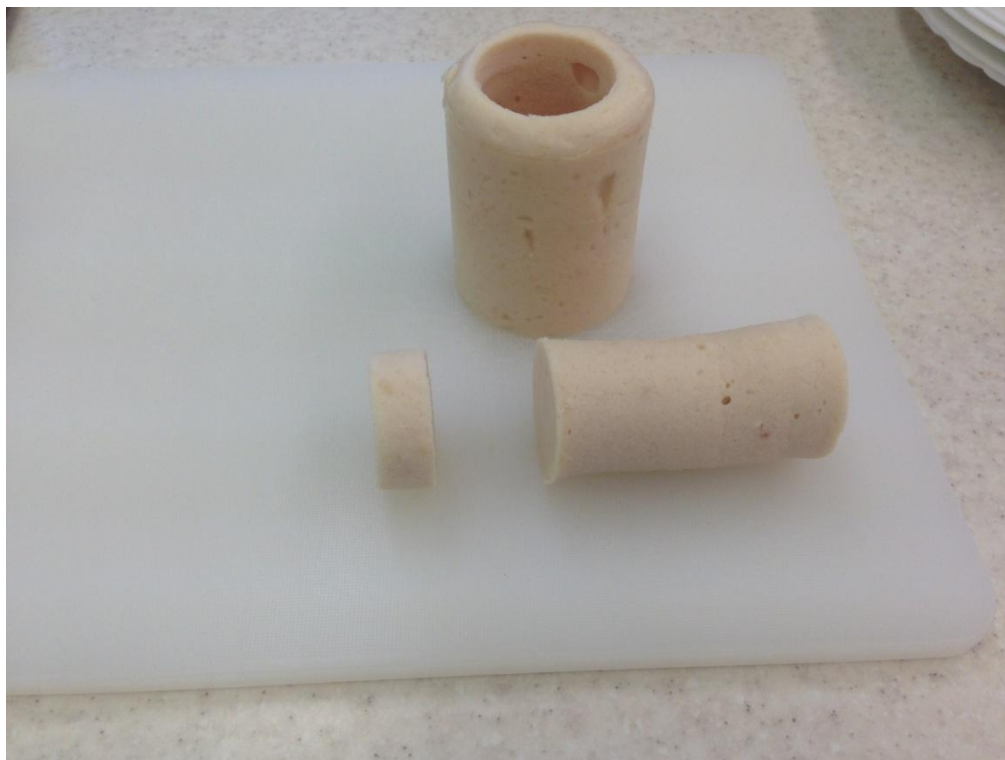
Obr. 2: Tepelné opracování v konvektomatu



Obr. 3: Stanovení ztrát vařením



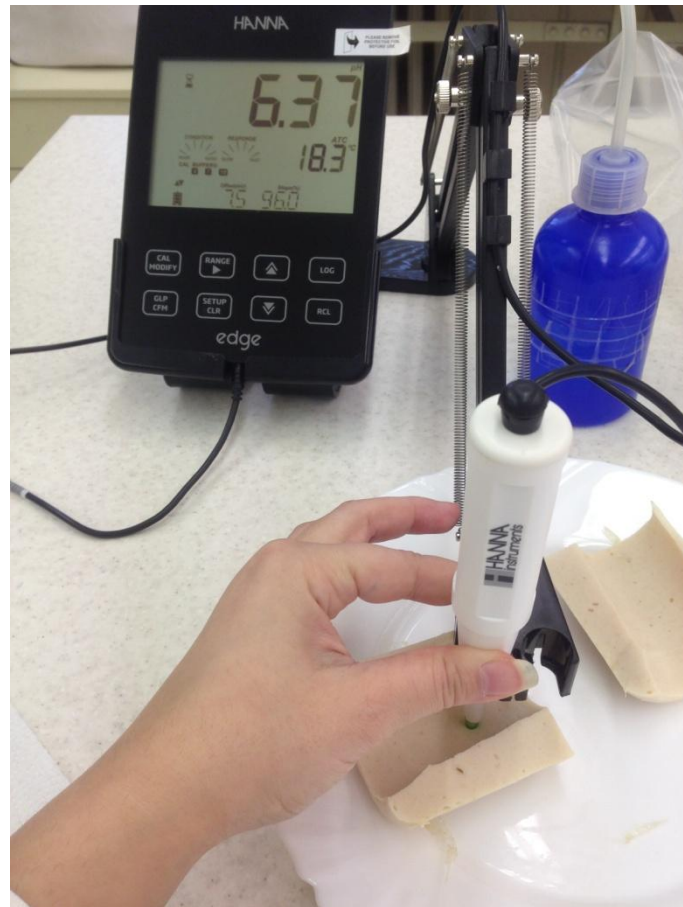
Obr. 4: Hliníkové misky se vzorkem a mořským pískem



Obr. 5: Vyříznutá kruhová část a vzorek k měření TPA



Obr. 6: Texturometr TA.XT Plus



Obr. 7: Měření pH