

Vliv fosforečnanových solí na reologické vlastnosti modelového kuřecího masného výrobku v průběhu tepelného opracování

Bc. Nikola Hloušková

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Nikola Hloušková**
Osobní číslo: **T12668**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv fosforečnanových solí na reologické vlastnosti modelového kuřecího masného výrobku v průběhu tepelného opracování**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika kuřecího masa a jeho zpracování.
2. Viskoelastické vlastnosti.
3. Fosforečnaný a jejich vliv na bílkovinné emulze.

II. Praktická část

1. Výroba disperze.
2. Reologická měření.
3. Vyhodnocení výsledků, formulace závěru.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] MOLINS, Ricardo A. Phosphates in food. Boca Raton: CRC Press, c1991, 261 p. ISBN 08-493-4588-X.

[2] TOLDRA, Fidel. Handbook of meat processing. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, c2010, xv, 566 p. ISBN 978-081-3821-825.

[3] BARBUT, S., P. SOMBOONPANYAKUL, M. QUINTON a A. SMITH. Effect of malva nut gum, sodium chloride and phosphate on cooking, texture, colour, rheology and microstructure of different chicken meat batters. British Poultry Science. 2009, vol. 50, issue 1, s. 83-94.

[4] XIONG, Youling L, Chi-Tang HO a Fereidoon SHAHIDI. Quality attributes of muscle foods. New York: Kluwer Academic, c1999, ix, 433 p. ISBN 03-064-6116-1.

[5] STRAKA, Ivan. Chemické vyšetření masa: (klasické laboratorní metody). Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 2006, 94 s. ISBN 80-866-5909-7.

[6] VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 1: (klasické laboratorní metody). 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 328 s. ISBN 80-902-3912-9.

Vedoucí diplomové práce:

MVDr. Zdeněk Polášek

Ústav technologie potravin


Datum zadání diplomové práce:

10. ledna 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

25. dubna 2014

Ve Zlíně dne 3. února 2014



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: HLOUŠKOVÁ NIKOLA

Obor: THEV

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 25.4.2014

Hloušková

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 nevýdělečně 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

Hlavním cílem předložené diplomové práce bylo zjistit a porovnat vliv fosforečnanových solí lišících se kyselostí a počtem atomů fosforu v molekule při koncentracích 25 % a 50 % nejvyššího povoleného množství vypočteného jako P_2O_5 na reologické vlastnosti modelového kuřecího masného výrobku. K dispozici byly soli sodné a draselné.

U vzorků kuřecí svaloviny byl zkoumán průběh změn viskoelastického chování během teplotního režimu 5 °C - 70 °C - 5 °C. Nejpevnější gely vznikaly v oblasti pH nad 6,0 při použití fosforečnanů, které ve své struktuře obsahovaly dva nebo tři atomy fosforu. Naopak nejméně pevné gely vznikaly u vzorků, kde se pH blížilo izoelektrickému bodu myosinu (5,3), tedy při pH nižším než 6,0.

Klíčová slova: myofibrilární bílkoviny, fosforečnany, viskoelastické vlastnosti, gelovatění

ABSTRACT

The essential purpose of presented thesis was to determine and compare the effect of phosphate salts differing in acidity and the number of phosphorus atoms in the molecule at concentration of 25 % and 50% of the maximum authorized quantity allowed, which is calculated as content of P_2O_5 , on the rheological properties of model chicken meat product. There were sodium and potassium salts available.

The development of changes of the viscoelastic behavior was studied on the samples of chicken muscle during the temperature regime 5 °C - 70 °C - 5 °C. The strongest gels were formed within the pH 6,0 using phosphates containing two or more phosphorus atoms in their structure. Conversely, weaker gels were formed using samples with pH close to the isoelectric point of myosin (5,3) thus at pH lower than 6,0.

Keywords: myofibrillar proteins, phosphates, viscoelastic properties, gelation

Tímto bych ráda poděkovala MVDr. Zdeňku Poláškoví za to s jakou ochotou a nadšením se vždy snažil předat co nejvíce znalostí a zkušeností. Za jeho cenné rady, nápady a hlavně trpělivost. Jeho pomocná ruka a zápal do světa živočišné technologie byly příjemnou motivací.

Dále bych chtěla poděkovat doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. a Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při zpracování výsledků.

V neposlední řadě mé díky patří Alešovi Jančovi za odborný dohled a pomoc v oblasti anglických překladů.

Také bych chtěla poděkovat svým nejbližším za podporu a pochopení při zpracovávání této diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SVAL A SVALOVÉ BUŇKY	12
1.1 STRUKTURA SVALU	12
1.2 METABOLISMUS SVALU	16
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KUŘECÍ SVALOVINY	18
1.3.1 Voda	18
1.3.2 Proteiny	19
1.3.3 Lipidy	20
1.3.3.1 Homolipidy	20
1.3.3.2 Heterolipidy	20
1.3.4 Sacharidy	21
1.3.5 Nепroteinové dusíkaté sloučeniny.....	21
1.4 FYZIKÁLNÍ A BIOCHEMICKÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ WHC SVALOVINY.....	21
1.5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VZNIK GELOVÉ STRUKTURY.....	22
2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA POTRAVINOVÝCH FOSFOREČNANŮ	27
2.1 CHEMICKÁ STRUKTURA POTRAVINÁŘSKÝCH FOSFOREČNANŮ	27
2.2 HYDROLÝZA POLYFOSFOREČNANŮ.....	29
2.3 OKYSELOVACÍ A PUFRAČNÍ VLASTNOSTI FOSFOREČNANŮ.....	30
2.4 IONIZACE FOSFOREČNANŮ	31
2.5 CHELATAČE KOVOVÝCH IONTŮ POTRAVINÁŘSKÝMI FOSFOREČNANY	31
3 LEGISLATIVNÍ ASPEKTY SPOJENÉ S KUŘECÍM MASEM	33
3.1 KUŘECÍ MASO.....	33
3.2 FOSFOREČNANY	35
4 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH FOSFOREČNANŮ	36
4.1 FOSFOREČNANY SODNÉ	36
4.1.1 Fosforečnan sodný.....	36
4.1.2 Hydrogenfosforečnan disodný.....	36
4.1.3 Dihydrogenfosforečnan sodný.....	36
4.1.4 Difosforečnan sodný.....	37
4.1.5 Dihydrogendifosforečnan sodný.....	37
4.1.6 Trifosforečnan pentasodný	37
4.1.7 Polyfosforečnan sodný	38
4.2 FOSFOREČNANY DRASELNÉ	38
4.2.1 Fosforečnan draselný.....	38
4.2.2 Hydrogenfosforečnan draselný.....	38
4.2.3 Dihydrogenfosforečnan draselný.....	39

4.2.4	Difosforečnan draselný.....	39
4.2.5	Trifosforečnan pentadraselný	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
5	CHARAKTERISTIKA SUROVINY.....	41
5.1	SUROVINOVÁ SKLADBA	41
5.1.1	Maso	41
5.1.2	Voda	41
5.1.3	Sůl	42
5.1.4	Fosforečnany	42
6	METODIKA PRÁCE.....	43
6.1	POPIS EXPERIMENTU	43
6.2	REOLOGICKÉ MĚŘENÍ	45
7	VÝSLEDKY	49
7.1	KONTROLNÍ VZOREK	49
7.2	APLIKACE HYDROGENFOSFOREČNANU SODNÉHO	50
7.3	APLIKACE DIHYDROGENFOSFOREČNANU SODNÉHO	52
7.4	APLIKACE DIFOSFOREČNANU SODNÉHO.....	54
7.5	APLIKACE TRIFOSFOREČNANU SODNÉHO	55
7.6	APLIKACE POLYFOSFOREČNANU SODNÉHO	57
7.7	APLIKACE DIFOSFOREČNANU DRASELNÉHO	58
7.8	APLIKACE OSTATNÍCH FOSFOREČNANŮ	59
8	DISKUSE	60
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
	SEZNAM GRAFŮ	70
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Funkční vlastnosti myofibrilárních proteinů určují kvalitu finálních produktů. Myofibrilární proteiny mají zásadní vliv na reologické a texturní vlastnosti svaloviny. Vazebné vlastnosti zpracovávaného masa jsou určeny především gelační schopností myosinu. Vazebný mechanismus zahrnuje interakci kontraktilních myofibrilárních proteinů s následným vznikem gelové matrice. Rozpustné myofibrilární proteiny vykazují při vhodných podmínkách vysokou schopnost gelovatění, což vede spolu s nabobtnáním svalových vláken ke zvýšení viskozity proteinové matrice a stabilizaci tuku v matrici.

Při gelovatění dochází nejprve ke shlukování globulárních myosinových částí za účasti na disulfidické vazbě a za současného vzniku gelové matrice. Tato trojrozměrná gelová síť je výsledkem nekovalentních interakcí mezi koncovými částmi myosinu vlivem rozvinutí helikálních koncových segmentů.

Fosforečnany napomáhají rozpuštění myofibrilárních bílkovin a do značné míry ovlivňují vápenné vazby mezi aktinem a myosinem. V závislosti na pH může mít potom přídavek fosforečnanů pozitivní nebo negativní vliv při tvorbě gelové struktury.

V teoretické části je popsána obecná charakteristika a struktura svalu, včetně chemického složení svaloviny. Následuje kapitola, která se věnuje popisu fosforečnanů a v závěru teoretické části jsou shrnuty legislativní aspekty vztahující se k drůbežímu masu, fosforečnanům a šunkovým výrobkům.

Praktická část zahrnuje surovinovou skladbu, popis experimentu a informace týkající se reologického měření včetně výsledků dosažených v rámci této diplomové práce.

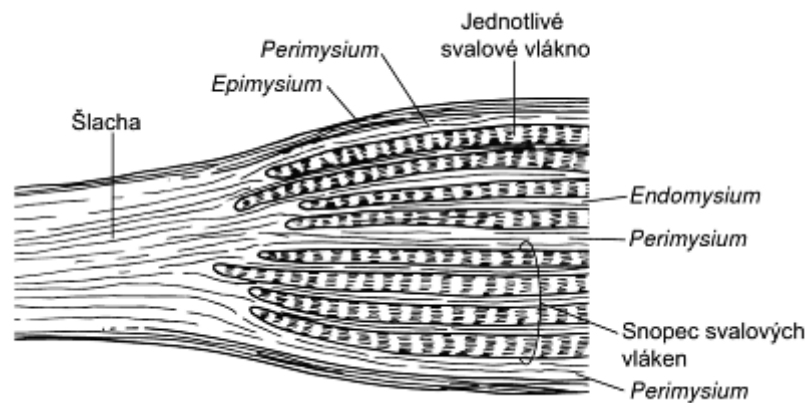
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SVAL A SVALOVÉ BUŇKY

Svalové buňky patří mezi jedny z nejorganizovanějších buněk ve zvířecím těle a plní širokou škálu mechanických funkcí. Jsou důležité pro pohyb, případně pro jemnější úkony jako je koordinace a udržování rovnováhy. Pohyb a metabolismus svalu souvisí také s pohybem krve a lymfatických tekutin, nebo s udržováním tělesné teploty. Všechny tyto funkce jsou závislé na buněčném metabolismu a schopnosti buněk zajistit přísun energie. Sval je přizpůsoben i vnitrobuněčným změnám, ke kterým dochází během prvních několika hodin po vykrvení. Proto hraje struktura, uspořádání a metabolismus svalu klíčovou roli ve funkčnosti a schopnosti udržet integritu nejen během *ante mortem*, ale také bezprostředně po odumření. V konečném důsledku mají tyto posmrtné změny vliv na vhodnost masa pro další zpracování [1].

1.1 Struktura svalu

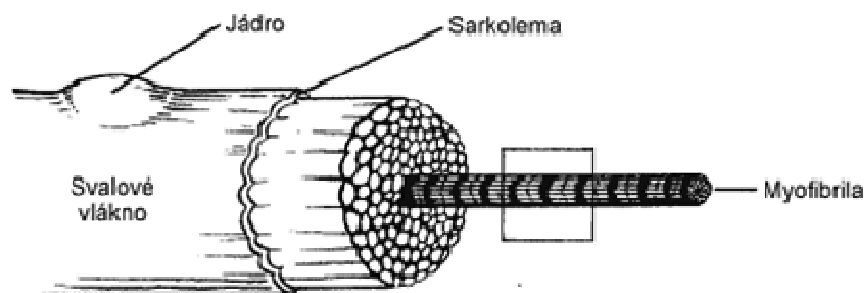
Aby mohlo dojít k účinnému přenosu síly z myofibril na celý sval a v konečném důsledku na končetiny nebo struktury, které se pohybují, má kosterní svalstvo velmi komplexní uspořádání [1]. Sval se skládá z velkého množství svalových vláken, jež jsou uspořádané do primárních svalových snopců. Vlákna jsou spojena svým povrchem (sarkolemou) k vazivové vrstvě, která se označuje jako endomysium. Řídké vazivo, které vyplňuje prostor mezi snopci, se nazývá perimysium. Na povrchu obepíná sekundární svalové snopce vazivový plášť zvaný epimysium (Obrázek 1). U většiny svalů je epimysium smršťitelné a propojené se šlachami, které jej pojí ke kostem [2,3]. Jednotlivé svalové snopce se mohou smršťovat izolovaně nebo ve skupinách, popřípadě se mohou při vykonávání pohybu svalu střídat. To umožňuje odstupňovat sílu kontrakce svalu podle aktuální potřeby. Při dlouhodobé činnosti svalu je tak předcházeno jeho předčasné únavě [1].



Obrázek 1 Podélný řez svačem [3]

Jednotlivé svalstvo se liší velikostí a počtem buněk. Počet buněk, ale také struktura samotných svalových vláken ovlivňuje funkci svalů a v konečném důsledku i kvalitu masa [1].

Nejmenší stavební a funkční jednotkou svalu jsou myofibrily. Každá myofibrila má příčné pruhování. Myofibrily jsou organizovány do vyšších funkčních a stavebních jednotek tzv. sarkomer (Obrázek 2). Součástí sarkomer jsou bílkovinné myofilamenty aktin (slabé vlákno) a myosin (silné vlákno). S ohledem na vývoj posmrtné ztuhlosti svalu, jsou to právě silná a slabá filamenta (vlákna), která dodávají kosternímu svalstvu jejich charakteristický vzhled [1,3,4,5].



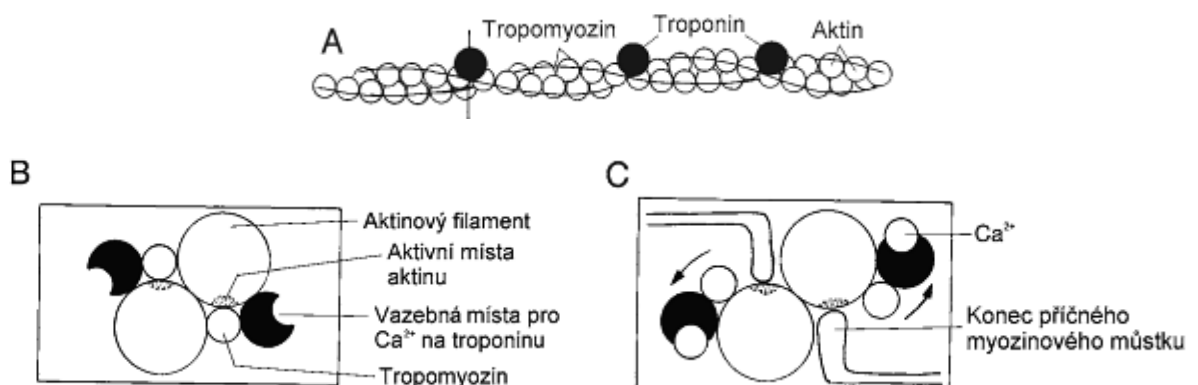
Obrázek 2 Příčný řez svalovým vláknem [3]

Myosin je záporně nabitý protein s isoelektrickým bodem 5,3. Tvoří zhruba 43 - 45 % myofibrilárních bílkovin. Myosin je složený z globulární hlavy a fibrilárního koncového vlákna. Ve své struktuře obsahuje šest polypeptidových řetězců. Jedná se o dva těžké řetězce, které se zprvu obtáčejí kolem sebe a tvoří α helikální strukturu koncového vlákna. Následně se však rozbíhají v krátké úseky (tzv. paže). Na obou pažích se nachází jedna

globulární doména. Každá z globulárních domén se sdružuje vždy se dvěma molekulami lehkých řetězců a vytváří hlavu molekuly myosinu. Jeden z lehkých řetězců je důležitý pro enzymatickou aktivitu a druhý má regulační funkce. Globulární oblast myosinu má také aktivitu ATPázy, což je důležité při regulaci kontrakce [6,7,8].

Aktin je druhým nejrozšířenějším proteinem v myofibrile. Tvoří zhruba jednu pětinu myofibrilárních proteinů a obvykle se vyskytuje jako polymer ve fibrilární formě známé jako F-aktin. V roztocích s nízkou iontovou silou převládá globulární forma tzv. G-aktin.

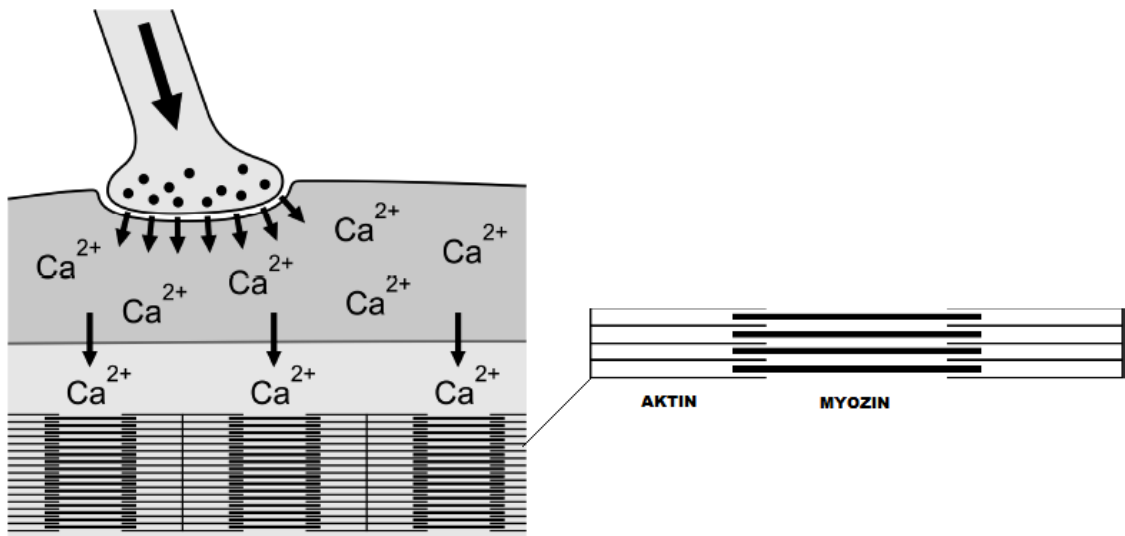
Další dva proteiny, které jsou důležité při svalové kontrakci a jsou spojeny se slabými vlákny aktinu, jsou tropomyosin a troponin. Tropomyosin tvoří přibližně 7 % z celkového množství myofibrilárních bílkovin. Skládá se ze dvou polypeptidových řetězců (α a β). Tyto řetězce spolu navzájem tvoří šroubovici. Interakce nativní tropomyosinové molekuly s troponinovou molekulou reguluje kontrakce (Obrázek 3). Nativní troponin je komplex, který se skládá ze tří podjednotek. Ty jsou označovány jako troponin I, troponin C a troponin T. Troponin C má schopnost vázat vápník uvolněný ze sarkoplazmatického retikula, troponin I může inhibovat interakci mezi aktinem a myosinem a troponin T se velmi silně váže na tropomyosin [1].



Obrázek 3 Konformační změny aktinového vlákna po navázání vápníku [3]

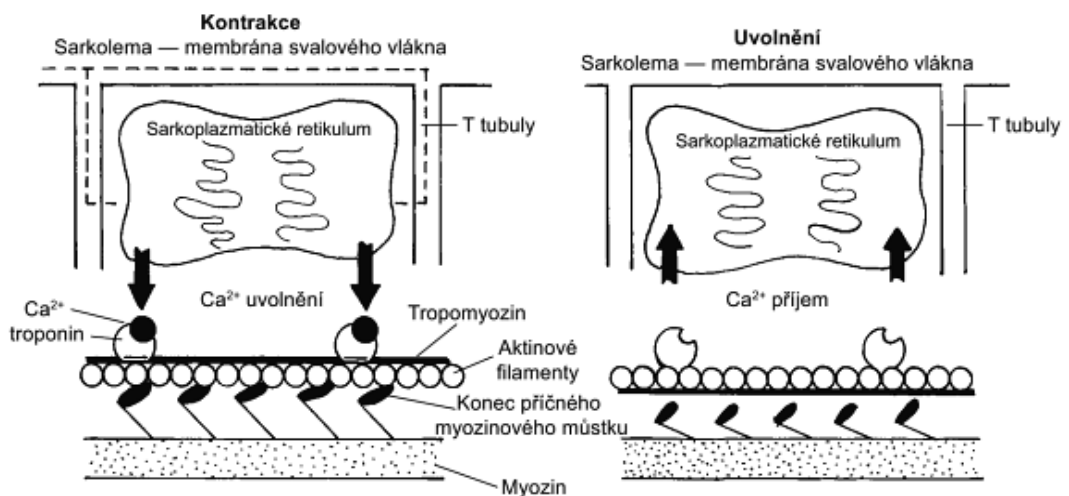
Troponin a tropomyosin jsou proteiny zodpovědné za interakci mezi aktinem a myosinem. Globulární oblast myosinu vykazuje enzymatickou činnost, enzym ATPáza katalyzuje hydrolýzu ATP. Vlivem hydrolýzy dojde k uvolnění energie. Uvolněná energie vede ke změně napětí na membráně. V podstatě dojde ke snížení rozdílu potenciálů uvnitř a vně membrány, čímž se mění propustnost pro ionty. Depolarizace společně s nervovým impulzem vede k uvolnění Ca^{2+} iontů ze sarkoplazmatického retikula. Na každé svalové

vlákno navazují synapse tzv. výběžky neuronu. Nervový impulz zajistí přísun Ca^{2+} iontů k myofibrilám skrz synapse (Obrázek 4).



Obrázek 4 Přísun Ca^{2+} iontů k myofibrilám [9]

Uvolněný vápník se váže na troponin C a vlivem konformačních změn v troponinu, dochází ke stažení tropomyosinu z míst, kde se nachází aktin, vázaný na myosin v podobě aktinomyosinového komplexu [2,3]. Příčné myosinové můstky se napojují na aktivní místa aktinu a ohýbají se směrem ke středu molekuly myosinu. Dojde ke kontrakci svalu. Pokud se na koncové můstky myosinu naváže ATP, příčné můstky se oddálí od aktinu a dochází k relaxaci. Vápenaté ionty se vrací do sarkoplazmatického retikula za přítomnosti molekuly ATP. Odstraněním vápníku z troponinu dochází k opětovné blokaci tropomyosinu [3]. Průběh kontrakce a relaxace svalového vlákna je patrný z Obrázku 5.



Obrázek 5 Cyklus kontrakce a relaxace svalového vlákna [3]

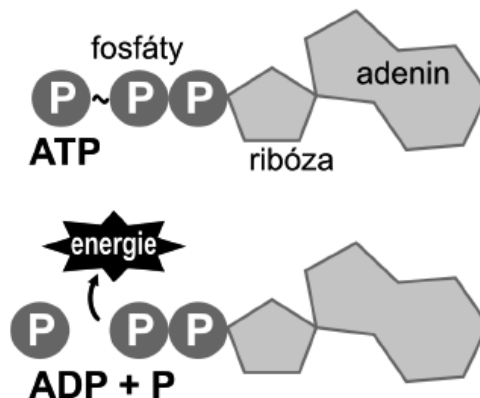
V *post rigor* stavu svalu je přísun ATP vyčerpán, což má za následek to, že se aktinomyosinové vazby stávají v podstatě trvalými [1].

1.2 Metabolismus svalu

Funkce svalové soustavy (pohyb) je závislá na schopnosti svalové kontrakce, při které se mění chemická energie živin na energii mechanickou a tepelnou.

Z metabolického hlediska je spotřeba energie a její produkce v kosterní svalovině velice důležitá. Pohybem může svalstvo zvířete spotřebovat až 90 % kyslíku v těle, což představuje nárůst rychlosti metabolismu svalů až o 200 % oproti klidovému stavu [1].

Existence a funkčnost svalové buňky je podmíněná produkcí adenosintrifosfátu (ATP), energetické jednotky buňky. ATP se skládá z adeninu (dusíkatá báze), ribózy (monosacharid) a tří fosfátových skupin (trifosfát - zbytek kyseliny fosforečné). Štěpením vazeb mezi fosfáty (P_i) a zbytkem molekuly se uvolňuje energie pro mnoho buněčných funkcí, včetně svalové kontrakce a kontroly koncentrace hlavních iontů (jako je vápník) ve svalové buňce. Štěpením P_i z ATP vzniká adenosin difosfát (ADP), a štěpením PP_i z ATP vzniká adenosin monofosfát (AMP)[9,10]. Odštěpení P_i a uvolnění energie je patrné z Obrázku 6.



Obrázek 6 Odštěpení P_i a uvolnění energie [9]

Svalová činnost je závislá na dostatečné zásobě ATP ve svalu. Svalové buňky mohou získávat, případně regenerovat ATP několika způsoby. Prvním z nich je využití prekurzorů uložených ve svalové buňce. Jedná se například o glykogen či lipidy. Nebo je možné použít zdroj energie z krevního oběhu (glukóza v krvi a oběhové lipidy). Kterou z těchto rezerv (intracelulární nebo cirkulační) svalové buňky využijí, závisí od činnosti, jíž sval

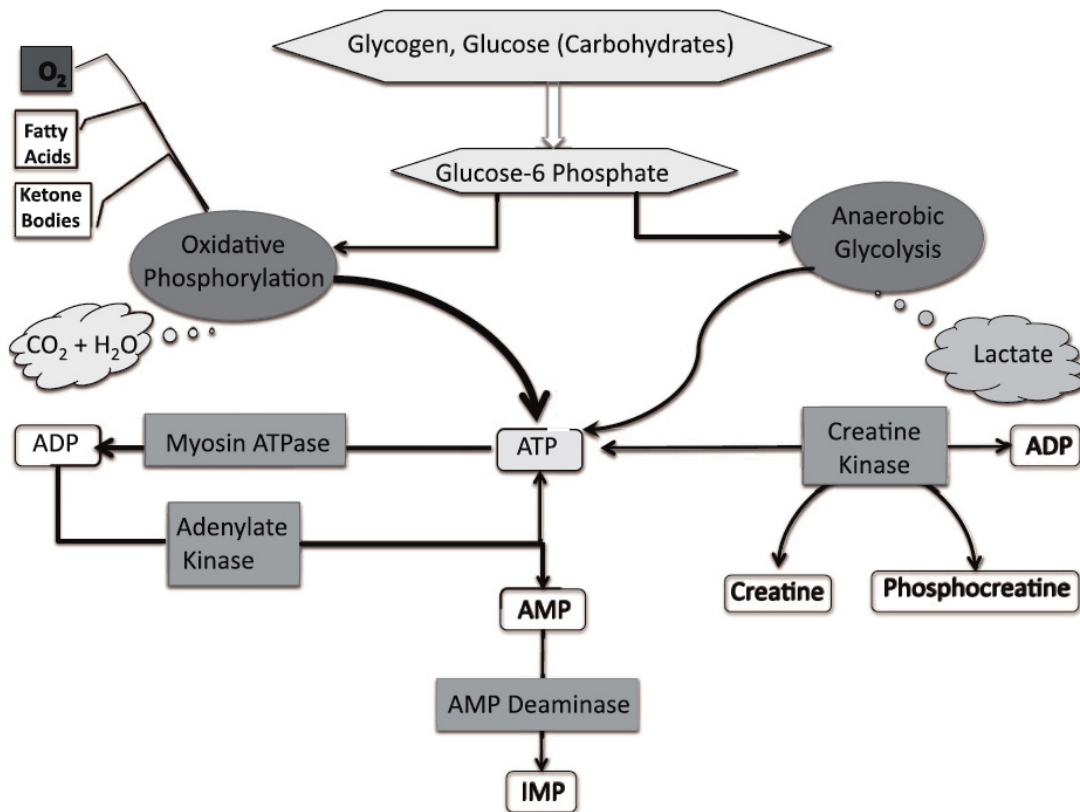
vykonává. Pokud je aktivita nižší intenzity, pak bude sval využívat vyšší podíl zdroje energie z krevního oběhu a oběhových lipidů uložených ve svalové buňce. Ty budou metabolizovány k produkci ATP pomocí aerobních procesů. Je zřejmé, že pro pokračování tohoto procesu je potřeba dostatek kyslíku. Během vysoké intenzity činnosti využije sval intracelulární zásobu glykogenu. Tento zdroj je však spotřebován velmi rychle, což vede k únavě. Koncentrace ATP v kosterním svalu má rozhodující význam; zásoba ATP, která je k dispozici, musí zůstat na hodnotě zhruba 30 % klidových rezerv, nebo nebude moci dojít k uvolnění. Relaxace svalu je totiž závislá na ATP, odstranění vápníku ze sarkoplasmy je pak závislé na přísunu energie.

Aerobní metabolismus, jeden z neúčinnějších energetických systémů, vyžaduje ke svému fungování kyslík. Kyslík je do svalu dodáván krví pomocí transportního myoglobinu.

Obecně lze říci, že je glykogen výhodným substrátem pro vznik ATP, a to buď přes oxidační fosforylaci, nebo anaerobní glykolýzu (Obrázek 7). V tomto případě záleží na tom, zda pyruvát jako meziproduct vstoupí do mitochondrie, aby byl úplně rozštěpen na CO_2 a H_2O , nebo zda přechází na laktát v případě anaerobní glykolýzy.

Jakmile po usmrčení nastane přerušování krevního oběhu a dodávky kyslíku jsou rychle vyčerpány, dojde k postupnému spotřebování veškeré energie. Důsledkem toho začínají ve svalu převládat anaerobní pochody, vzniká kyselina mléčná (laktát) a pH masa se snižuje [1,11,12]. Nízké pH brání rozvoji hnilobné mikroflory. Okyselením dojde k aktivaci proteolytických enzymů. Ztuhlost svalu, ke které dochází v průběhu *rigor mortis* vlivem vzniku pevného aktinomyosinového komplexu, se tak postupně uvolňuje [12]. Zlepšuje se vaznost masa, organoleptické vlastnosti a dojde k mírnému zvýšení pH. Maso se stává vhodné pro kulinární a průmyslové zpracování. Zrání masa může přejít v hlubokou autolýzu, což je nežádoucí děj. Dochází k rozkladu bílkovin na aminokyseliny, žluknutí tuků, případně hrozí mikrobiální napadení.

Vlivem posmrtných změn ve svalech dochází, v důsledku narušení rovnováhy vápníku a sodno-draselné pumpy závislé na ATP, také ke zvýšení iontové síly. Posmrtné změny se projeví dále na rostoucí neschopnosti buňky udržet redukční podmínky.



Obrázek 7 Produkce ATP ve svalu [1]

1.3 Chemické složení kuřecí svaloviny

1.3.1 Voda

Obsah jednotlivých složek ve svalovině je velice proměnlivý. Jejich zastoupení je do značné míry závislé na pohlaví, stáří, plemeni, výkrmu a životních podmínkách zvířete. Převážnou část svalové hmoty tvoří voda. V živé tkáni se průměrný obsah vody pohybuje okolo 63 - 77 % z celkové hmotnosti svalu; může se nicméně lišit, zvláště pak v posmrtném stavu v rozsahu 65 - 80 %. Voda ve svalu je primární složkou extracelulární tekutiny. V rámci svalových buněk je převážně součástí sarkoplazmatické (cytoplazmatické) tekutiny. Toto je důležité pro termoregulaci, mnohé buněčné procesy a pro přenos živin uvnitř buňky a mezi svalem a vaskulárním systémem.

Většina vody ve svalu je vázaná ve struktuře svalu a svalových buněk. Zvláště ve svalových buňkách se voda nachází v myofibrilách, nebo mezi myofibrilami a buněčnou membránou (sarkolema), mezi svalovými buňkami a mezi svalovými snopci.

Voda je bipolární molekula a jako taková je přitahována k nabitým částicím. Ve skutečnosti je část vody ve svalových buňkách velmi úzce vázána na bílkoviny a má omezenou pohyblivost. Tato voda je velmi odolná vůči mrazu a lze ji jen velmi těžce odstranit konvenčním zahříváním. Konkrétně se jedná o koloidně vázanou vodu. Množství koloidně vázané vody se v posmrtném svalu mění jen velmi málo, pokud vůbec.

Další podíl vody, která se může nacházet ve svalovině, se nazývá voda imobilizovaná. Molekuly vody v této frakci mohou být poutány například vlivem prostorového uspořádání. Tato voda je vázaná ve struktuře svalu, ale není vázána sama o sobě na bílkoviny. Na počátku *rigor mortis* neodtéká samovolně z tkáně, ale může být odstraněna sušením nebo může být snadno přeměněna v led v průběhu zmrazování.

Volná voda je voda, která může odtékat z tkáně samovolně. Tento podíl vody v mase většinou drží slabé povrchové síly. Volná voda nemusí být na první pohled viditelná, ale v průběhu postmortálních změn, může dojít k jejímu uvolnění ze struktury, ve které se před tím nacházela.

Zadržování vody ve svalové struktuře souvisí s výsledným nábojem myofibrilárních proteinů a se samotnou strukturou svalových buněk. Vazbu vody zásadním způsobem ovlivňuje vznik a štěpení příčných vazeb mezi bílkovinami a jinými molekulami. Jedná se především o iontové vazby přes dvojmocné kationty, vodíkové vazby mezi karbonylovými a iminoskupinami peptidů, iontové vazby mezi kladně a záporně nabitými skupinami a disulfidické můstky cystinu. Určitou roli ve vaznosti vody má také propustnost membrány, pH případně množství extracelulárního prostoru v samotném svalu [1,12].

1.3.2 Proteiny

Proteiny tvoří průměrně 18,5 % hmotnosti svalu, tato hodnota se může pohybovat v rozsahu 16 - 22 %. Množství a zastoupení bílkovin v mase vypovídá o kvalitě, ale také o výživové hodnotě masa a masných výrobků. Bílkoviny masa lze rozdělit na myofibrilární, které zaujímají hlavní podíl svalových vláken, menší podíl představují sarkoplasmatické a stromatické (strukturní) bílkoviny pojivové tkáně [1,2,8,12]. Myofibrilární a sarkoplasmatické proteiny jsou téměř plnohodnotné, tedy některé esenciální aminokyseliny jsou v mírném nedostatku. Stromatické bílkoviny patří mezi bílkoviny neplnohodnotné, neboť některé esenciální aminokyseliny zcela chybí [2].

Bílkoviny tvoří převážnou část sušiny a plní mnoho funkcí. Podílí se na struktuře a uspořádání svalů a svalových buněk (stromatické bílkoviny) a jsou také důležité při svalové kontrakci (myofibrilární bílkoviny). Obecně platí, že myofibrilární proteiny jsou rozpustné v roztocích solí, tedy při vyšší iontové síle ($\geq 0,3$), ve vodě jsou však nerozpustné (hodnota iontové síly $\leq 0,15$). Zatímco stromatické bílkoviny nejsou rozpustné ani ve vodě ani v solných roztocích. Je zde zastoupeno také velké množství sarkoplazmatických proteinů, které jsou zapojené do buněčných signalizačních procesů a metabolismu bílkovin. Sarkoplazmatické bílkoviny jsou rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích (iontová síla $\leq 0,3$) [2,8,13].

1.3.3 Lipidy

Obsah homolipidů a heterolipidů ve svalu může značně kolísat v důsledku mnoha faktorů, včetně věku zvířete, výživy a typu svalu. Je důležité si uvědomit, že obsah lipidů se mění nepřímo úměrně s obsahem vody. Některé lipidy se nachází uvnitř svalových buněk, nicméně v rámci svalu je část lipidů uložena mezi svalovými snopci (seskupení svalových buněk). Průměrný obsah lipidů v kosterním svalu je přibližně 3 % hmotnosti svalu, ale rozsah hodnot se může pohybovat v rozmezí 1 - 10 %. Lipidy slouží jako zdroj energie a podílí se na tvorbě membránových struktur. V kosterní svalovině převládají triacylglyceroly a fosfolipidy [14].

1.3.3.1 Homolipidy

Triacylglyceroly tvoří největší podíl lipidů ve svalu. Skládají se z glycerolu, kde jsou hydroxylové skupiny esterifikovány třemi mastnými kyselinami. Bod tání je určen délkou řetězce a stupněm nasycení mastných kyselin.

1.3.3.2 Heterolipidy

Fosfolipidy patří mezi komplexní lipidy. V této skupině lipidů, je jedna z hydroxylových skupin glycerolu esterifikována fosfátovou skupinou, zatímco ostatními složkami jsou mastné kyseliny. Fosfolipidy jsou v kosterním svalstvu často spojeny s membránami. Relativně vysoký stupeň nenasycenosti mastných kyselin v souvislosti s fosfolipidy je faktorem, který přispívá k proměnlivosti buněčných membrán.

1.3.4 Sacharidy

Sacharidy tvoří relativně malý podíl svalové tkáně, přibližně 1 % z celkové hmotnosti svalu (v rozmezí 0,5 - 1,5 %). Sacharid s největším zastoupením je glykogen. Mezi ostatní sacharidy patří glukóza, meziprodukty metabolismu glykogenu, a další monosacharidy a disacharidy [14].

1.3.5 Neproproteinové dusíkaté sloučeniny

V kosterním svalstvu existuje také mnoho neproteinových dusíkatých sloučenin. Jedná se o sloučeniny jako kreatin a kreatin fosfát, nukleotidy (ATP, ADP), volné aminokyseliny, peptidy (anserin, karnosin), a další neproteinové látky [1,12].

1.4 Fyzikální a biochemické faktory ovlivňující WHC svaloviny

Během zrání masa převládá anaerobní glykolýza, která poskytuje hlavní zdroj energie v podobě ATP. Následkem toho se v tkáni hromadí kyselina mléčná, což vede ke snížení pH masa. Jakmile se pH přiblíží izoelektrickému bodu (pI) proteinu, především myosinu (pI = 5,3), dojde k vyrovnání nábojů (molekula proteinu vykazuje navenek nulový náboj) a zeslabení elektronegativity. Kladně a záporně nabitě skupiny proteinů se začnou přitahovat, což má za následek vypuzení vody. Čím víc se blíží náboj myofibrilárních proteinů k nule, tím víc dochází ke sbalení proteinové struktury. Výsledkem toho je snížení prostoru v myofibrilách. Při nízkém pH je za zmenšení myofibrilárního prostoru pravděpodobně zodpovědná (zejména při vyšších teplotách) částečná denaturace globulární oblasti myosinu [1,8,12].

Myofibrily tvoří převážnou část svalové buňky, představují 80 - 90 % jejího objemu. Jak již bylo zmíněno, velké množství vody (až 85 %) přítomné ve svalových buňkách se nachází právě v myofibrilách. Voda je zadržována kapilárními silami vlivem uspořádání silných a slabých vláken v myofibrilách. Bylo prokázáno, že sarkomery v živém svalu zůstávají bez změny objemu během kontrakce i relaxace. To by znamenalo, že v živém svalu se množství vody ve vláknité struktuře buňky nemusí nutně měnit. Nicméně když začíná sval tuhnout, vytváří se mezi slabými a silnými vlákny příčné můstky, čímž se omezí prostor, který je k dispozici pro vodu.

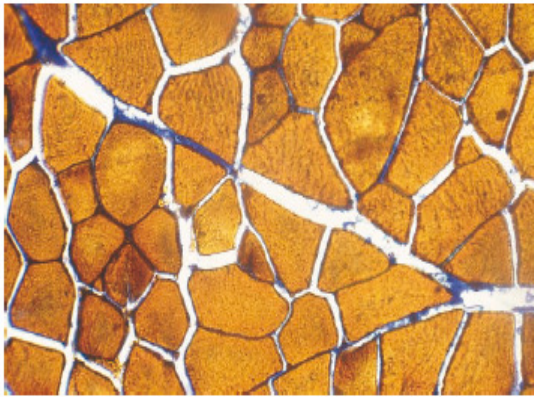
Během *rigor mortis* klesá průměr svalových buněk, což je pravděpodobně způsobeno smrštěním myofibril. Navíc může dojít ke zkrácení sarkomer a k omezení prostoru, ve kterém by se mohla zdržovat voda. Množství uvolněné vody se může lineárně zvyšovat s poklesem délky sarkomer ve svalových buňkách. Ztráta objemu v kombinaci se smrštěním myofibril, by mohla vést k vypuzení vody ze struktury myofibril do extramyofibrilárních prostor uvnitř svalových buněk.

Samotné zmenšení myofibrilárního prostoru nemůže být zodpovědné za pohyb fluida z extracelulárních prostor a ze svalů. Myofibrily jsou spojeny k sobě navzájem a k buněčné membráně prostřednictvím bílkovinných spojů. V případě, že jsou tyto spoje v posmrtném svalu zachovány neporušené, způsobují snížení průměru myofibril. Smrštění myofibril může být přeneseno na zúžení celé svalové buňky. Tím dojde k vytvoření kanálů mezi buňkami a mezi svazky buněk, které odvádějí vodu ven z výrobku [1].

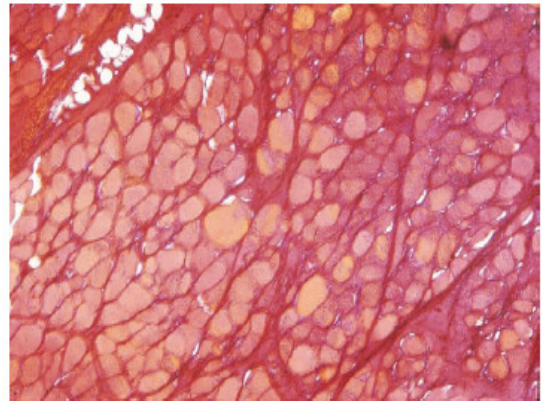
Myofibrily jsou vzájemně propojené a v celé své délce jsou v pravidelných intervalech připevněné k sarkolemě prostřednictvím vláknitého desminu. Místa spojení se sarkolemou se nazývají kostamery [15]. Pokud zůstávají kostamerické vazby v průběhu přeměny svalů na maso beze změny, pak by smrštění myofibril, tak jak sval postupně tuhne, bylo přeneseno přes tyto bílkovinné vazby na celé buňky a nakonec by došlo ke snížení objemu svalové buňky samotné. To znamená, že proces tuhnutí by mohl mít za následek uvolnění vody a to nejen z myofibril, ale také z extramyofibrilárního prostoru tak, jak se celkový objem buňky zmenšuje. Zmenšení průměru svalových buněk bylo u posmrtného svalu skutečně pozorováno. Voda, která je vyloučena z myofibril a nakonec ze svalové buňky se případně shromažďuje v extracelulárním prostoru. Mezi svalovými buňkami a mezi svalovými svazky vznikají v období po ztuhnutí mezery. Tyto mezery mezi svalovými svazky jsou primárními kanály, kterými je tekutině umožněn odtok z masa; jedná se o tzv. "odtokové kanály" [1,16].

1.5 Faktory ovlivňující vznik gelové struktury

Aktin a myosin přispívají k žádoucím změnám během tvorby gelu. Teplem vyvolané zpevnění myofibrilárních proteinů vede k přeměně solu na gel za vzniku trojrozměrné sítě (Obrázek 8).



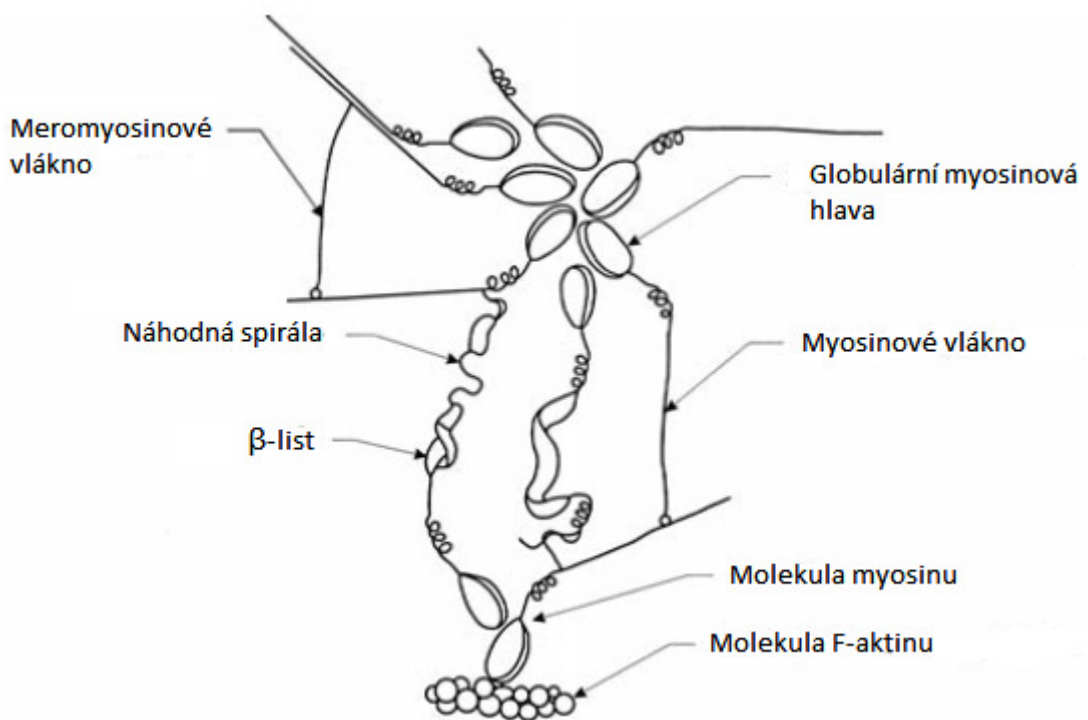
Svalovina před tepelným opracováním



Svalovina po tepelném opracování

Obrázek 8 Průběh změny struktury během tepelného opracování [17]

Trojrozměrná síť myofibrilárních proteinů stabilizuje vodu a zadržuje rozptýlené částice tuku ve struktuře rozmělněného masa, což ovlivňuje texturu a kohezi finálního produktu. Zpevnění svalových proteinů s následnou tvorbou gelu zahrnuje částečnou denaturaci následovanou nevratnou agregací myosinových hlav za vzniku disulfidických vazeb. Současně dochází k nevratné změně kvartérní struktury myosinu a k vytvoření trojrozměrné síťové struktury (Obrázek 9).



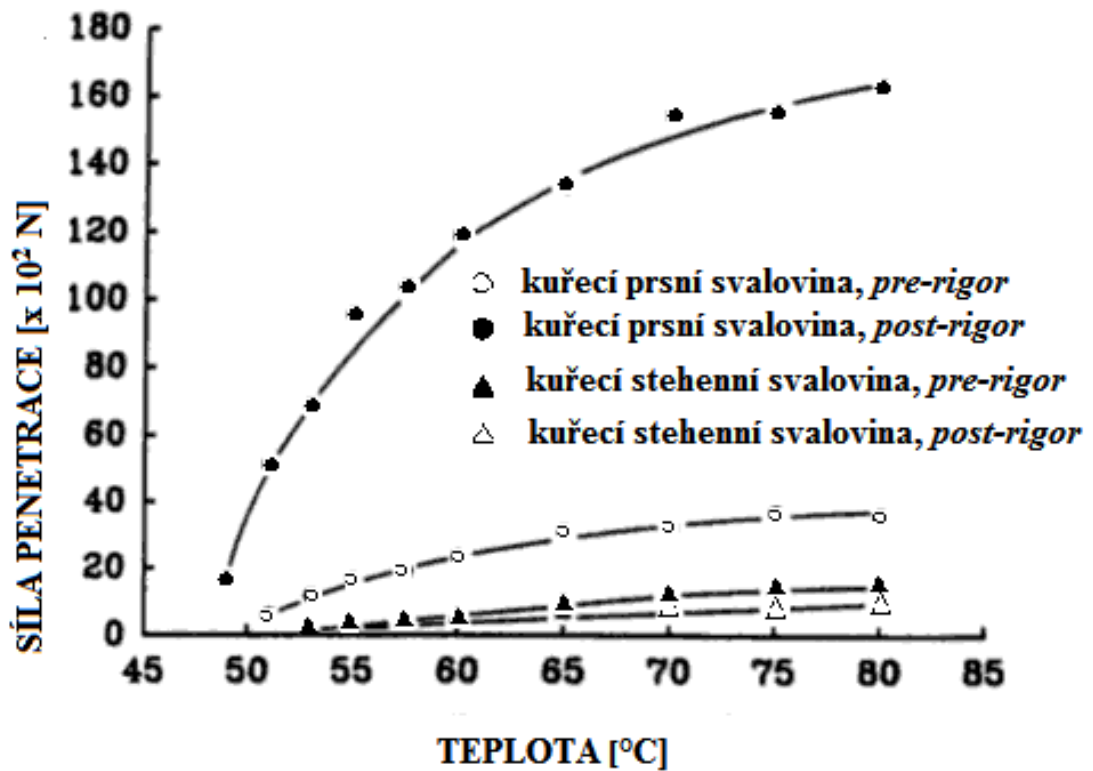
Obrázek 9 Tvorba gelové sítě myosinem

Aktin přispívá k viskozitě, ale nezdá se, že by byl zapojen do struktury sítě. Myosinové globulární části se spojí pomocí disulfidových vazeb a mohou ztratit v průběhu denaturace tvar. Helikální část myosinu vytváří v průběhu denaturace β -listy a náhodné spirály. Slabá meromyosinová část je pevně spojená s globulární částí a proto nemůže být zapojena do formování sítě.

Myosin způsobuje během gelovatění komplexní změny reologických vlastností v závislosti na pH, teplotě ale i dalších faktorech, viz tabulka.

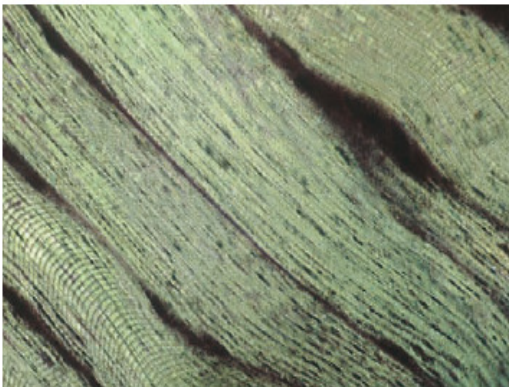
Tabulka 1 Faktory ovlivňující tvorbu gelu [18]

Myosin	Myosin tvoří gelovou strukturu
Aktin	Pokud je aktin v zastoupení do 6,1 %, pak v kombinaci s myosinem podporuje elasticitu gelu víc, než myosin samotný, pokud je ale zastoupení aktinu nad 6,1 % pak se elasticita snižuje
Typ svaloviny	Bílá svalovina tvoří obvykle silnější gely než červená svalovina
Koncentrace proteinu	Minimální (kritický) obsah myofibrilárních proteinů potřebný k tvorbě gelu je 0,5 %, pevnost gelu se pak zvyšuje se zvyšující se koncentrací proteinů
pH	Gelovatění myofibrilárních bílkovin je silně závislé na hodnotě pH. V isoelektrickém bodě (pI) myofibrilárního proteinu (pH 5,3) se vytváří buď slabé gely, nebo je vznik gelu inhibován. Při pH 6,0 je dosaženo optimální hodnoty pH pro gelovatění myosinu vlivem tepla. Při nižších hodnotách pH může myofibrilární protein tvořit gel bez zahřívání.
Iontová síla	Mikrostruktura myofibrilárních gelů je ovlivňována iontovou silou. Vlivem nízké iontové síly vznikají jemné vláknité struktury, při vyšší iontové síle vznikají hrubší agregované struktury. Jemné vláknité struktury vykazují vyšší tuhost oproti hrubým. Fosforečnany zvyšují účinek soli a podporují vazbu vody při poměrně nízkém obsahu NaCl (1,5 %). Difosforečnan sodný má největší vazebnou schopnost, následuje tetrafosforečnan sodný a poté hexametrafosforečnan sodný.
Rychlost ohřevu	Pomalé zahřívání podporuje interakci vazby protein-protein, tvorbu a pevnost trojrozměrné struktury
Teplota	Optimální teplota pro teplem vyvolané gelovatění je 60 - 70 °C
<i>Pre-rigor</i> a <i>post-rigor</i> svalovina	<i>Rigor mortis</i> ovlivňuje gelační vlastnosti myofibrilárních suspenzí. Prsní myofibrily z <i>post rigor</i> svaloviny poskytují silnější gely, než <i>pre-rigor</i> myofibrily. Zajímavé je, že tento rozdíl mezi <i>post-</i> a <i>pre-rigor</i> myofibrilami nebyl pozorován u stehenní svaloviny. <i>Post-rigor</i> prsní maso je pro výrobu produktů gelového typu více funkční, než <i>pre-rigor</i> prsní svalovina [16]. Viz Graf 1.



Graf 1 Síla gelu myofibril izolovaných z *pre-* a *post-rigor* kuřecí svaloviny [16]

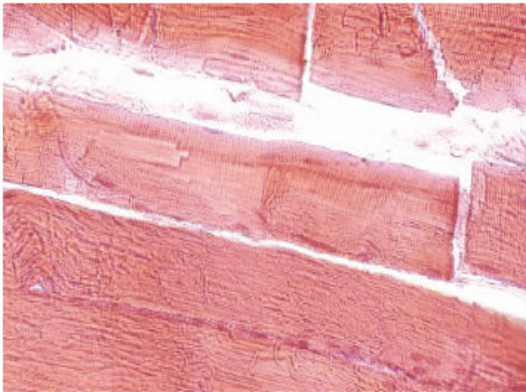
Příznivý vliv na vznik gelové struktury má také proces masírování. Mechanickým namáháním se docílí snadnější distribuce chloridu sodného k myofibrilárním bílkovinám a tím se bílkoviny aktivují. Průběh změn myofibrilárních bílkovin v průběhu masírování je znázorněn na ilustračním obrázku (Obrázek 10).



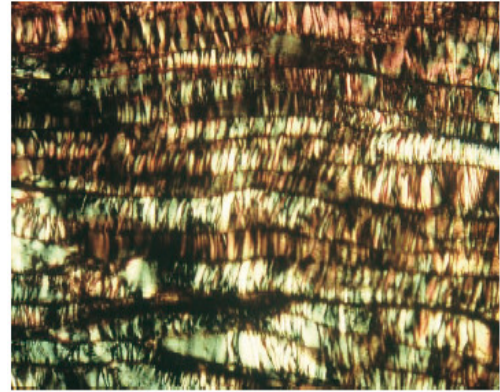
Syrové maso



Svalovina po prvním masírování



Svalovina po druhém masírování



Svalovina po třetím masírování

Obrázek 10 Průběh změn myofibrilárních bílkovin v průběhu masírování [19]

K masírování svaloviny lze využít tumbleru. Principem je vyzvedávání masa pomocí přepážek až do horní části bubnu, odkud surovina dopadá zpět na dno bubnu, čímž dochází k mechanickému namáhání (Obrázek 11a). Nevýhodou této masírky je, že není možné masírku naplnit celou, aby mohlo účinně dojít k přepadu svaloviny [19].

Moderní provozy využívají šnekové masírky, ty jsou vybavené šnekovým mechanismem, který tlačí svalovinu k čelu bubnu.

Posledním typem je třecí masírka, u které je mechanického narušení dosaženo třením svaloviny o čelo bubnu (Obrázek 11b).



a) Tumbler



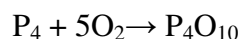
b) Třecí masírka

Obrázek 11 Princip tumbleru a třecí masírky [19].

2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA POTRAVINOVÝCH FOSFOREČNANŮ

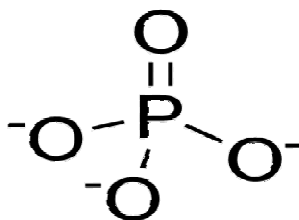
2.1 Chemická struktura potravinářských fosforečnanů

Moderní průmyslová výroba fosforečnanů pomocí termického procesu sestává ze dvou stupňů. Oxid fosforečný P_2O_5 (známý jako dimer P_4O_{10}), často nazývaný též pentoxid fosforečný, je v prvním kroku vyráběn hořením elementárního fosforu za přítomnosti vzduchu. V druhém stupni následuje okamžitá reakce s vodou za vzniku kyseliny trihydrogenfosforečné:



Tento proces je vysoce exotermický a výtěžek kyseliny fosforečné je zhruba 80 - 90 %. Potravinářská kyselina fosforečná je posléze získávána čištěním průmyslové kyseliny, obzvláště eliminací arseničných nečistot pomocí úpravy sirovodíkem. Výsledný sulfid arsenu je odstraněn filtrací. Čištěná kyselina fosforečná může být později zředěna na standardní komerční koncentraci (75 - 85 %), nebo koncentrována na kyselinu superfosforečnou (105 % H_3PO_4) s obsahem 75 - 77 % P_2O_5 . Obsah P_2O_5 může být následně zvýšen za vzniku kyseliny polyfosforečné [20,21,22].

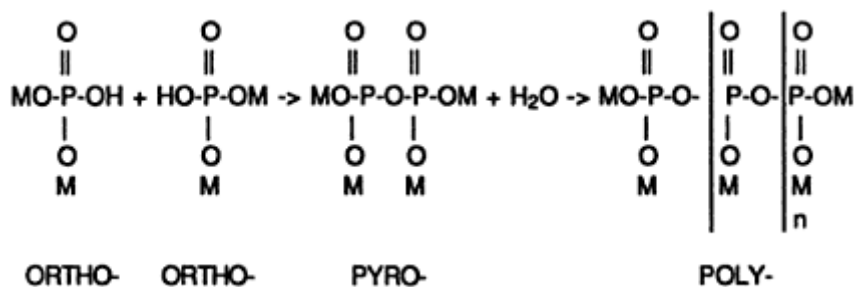
Vedle kyseliny fosforečné jsou v technologii zpracování masa důležité hlavně sodné a draselné soli kyseliny fosforečné, tzv. fosforečnany. Jednoduché fosforečnany, které obsahují aniontovou skupinu PO_4^{3-} tvoří strukturu tetraedru (čtyřstěnu), kde atomy kyslíku obklopují atom fosforu (Obrázek 12). I když mohou pouze tři ze čtyř atomů kyslíku v PO_4^{3-} skupině tvořit kovalentní vazby s jinými atomy, může čtvrtý kyslík tvořit můstek (-P-O-P-) mezi atomem fosforu a dalším fosforem, případně jinými atomy. Tímto sdílením atomů vznikají tzv. kondenzované fosforečnany. Kondenzace probíhá za zvýšené teploty, kdy dochází k eliminaci vody a vzniku tzv. polyfosforečnanů (polymery) [20,21,22,23].



Obrázek 12 Fosforečnanový aniont [24]

Díky PO_4^{3-} skupině coby stavebního bloku, mohou vznikat dvou- a třídimenzionální fosforečnany. Fosforečnany, mající pouze jeden atom fosforu, jsou nazývány monofosforečnany. Dimery (dva atomy P) jsou difosforečnany, následované trifosforečnany, také známými jako trifosforečnany (tři atomy P), a tetrafosforečnany (čtyři atomy P). Obecně jsou fosforečnany, které mají tři a více atomů fosforu považovány za polyfosforečnany. Fosforečnany mohou mít lineární, větvené nebo cyklické (metafosforečnany) uspořádání [23].

Kondenzací může docházet ke spojení dvou molekul monofosforečnanů za vzniku difosforečnanu, nebo monofosforečnanu a difosforečnanu za vzniku trifosforečnanu atd. Zjednodušený průběh propojování PO_4^{3-} skupin přes společný kyslík během procesu kondenzace je znázorněn na Obrázku 13:



Obrázek 13 Průběh vzniku polyfosforečnanů [23]

Výsledná kompozice polyfosforečnanů a polyfosforečnanových kyselin je často vyjádřena poměrem anodických kyslíků ke katodickým kyslíkům, $\text{P}_2\text{O}_5/\text{M}_2\text{O}$, kde M představuje jeden ekvivalent iontu kovu nebo vodík. Čím víc se obsah P_2O_5 při přípravě polyfosforečnanu nebo polyfosforečnanové kyseliny zvyšuje, tím víc se zvyšuje také průměrná délka řetězce. Tento poměr by se v čistém pentoxidu fosforu P_2O_5 rovnal nule [23].

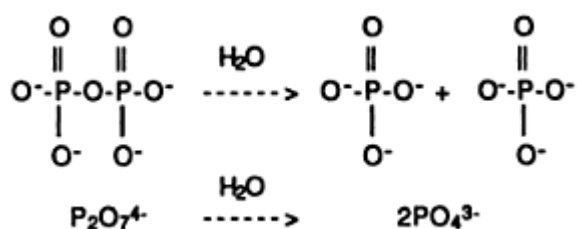
Tetraedry PO_4^{3-} skupin mezi sebou nikdy nesdílí více než jeden atom kyslíku, ale kterákoli z daných PO_4^{3-} skupin může sdílet až tři atomy kyslíku se sousedním čtyřstěnem. Výsledkem je pak to, že se kolem středové skupiny může vytvořit rozvětvení [23].

Cyklické struktury (metafosforečnany) vznikají spojením tří nebo více středových skupin, ale takovéto fosforečnany nejsou v potravinářském průmyslu používány. Přesto je nutné říct, že jeden z potravinářských fosforečnanů svým názvem spadá do skupiny metafosforečnanů (hexametafosforečnan sodný), ale není opravdovým metafosforečnanem (tzn., nemá cyklickou strukturu). Jedná se o lineární polyfosforečnan s průměrnou délkou řetězce od 10 do 25 atomů fosforu v molekule [23].

2.2 Hydrolýza polyfosforečnanů

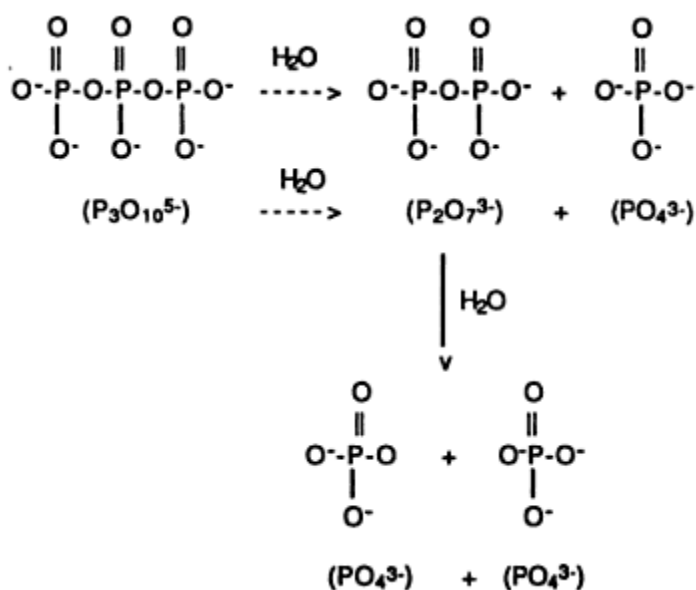
Hydrolýza polyfosforečnanů v potravinových systémech budí velký zájem zejména ze strany výzkumníků, kvůli dopadům na možnou ztrátu funkčních vlastností fosforečnanů, stejně tak jako kvůli potencionální redukci ostatních vlastností, jako je např. inhibice nežádoucí mikroflóry, vlivem rozpadu aktivní formy fosforečnanů. K hydrolýze fosforečnanů může dojít vlivem aktivity enzymů, vysoké teploty, nebo dokonce i působením metabolismu bakterií. Obecně mají vazby mezi PO_4^{3-} skupinami lineárních polyfosforečnanů tendenci být stabilní ve vodných roztocích při teplotě 25 °C. I když jsou lineární polyfosforečnany relativně stabilní v zásaditých nebo neutrálních roztocích při teplotě 25 °C, jejich hydrolýza může být urychlena zvýšením teploty, nebo snížením pH směrem od neutrálních hodnot.

K hydrolytickému štěpení polyfosforečnanů dochází spíše od koncových PO_4^{3-} skupin než odštěpením vazeb středových skupin. Nicméně v roztocích s velmi nízkým pH se mohou dlouhé řetězce polyfosforečnanů štěpit na libovolném místě za vzniku dvou kratších lineárních sloučenin, tak jak je patrné z Obrázku 14:



Obrázek 14 Hydrolytické štěpení lineárních polyfosforečnanů I

Výsledkem hydrolyzy je rozpad polyfosforečnanů za současného vzniku monofosforečnanů, které jsou koncovým produktem hydrolytického procesu. Proto je difosforečnanový iont rozdělen na dva ionty monofosforečnanu. Hydrolyza trifosforečnanu by pak vedla k vytvoření difosforečnanového iontu a monofosforečnanového iontu, s dalším následným štěpením difosforečnanu na dva monofosforečnanové ionty (existují domněnky, že k jedнокrokovému rozpadu trifosforečnanů na tři monofosforečnany nikdy nedochází), viz Obrázek 15:



Obrázek 15 Hydrolytické štěpení lineárních polyfosforečnanů II

Z výše uvedeného je zřejmé, že přidáním fosforečnanů s vyšším počtem atomu fosforu do silně kyselých roztoků a roztoků, které se mají zahřívát, získáme směs fosforečnanů různé délky řetězce a to v krátkém časovém úseku [23].

Navíc je, kromě faktorů již zmiňovaných, rychlost hydrolyzy polyfosforečnanů ovlivněna také jejich koncentrací v roztoku, a to tak, že se hydrolytický rozklad zrychluje se zvyšující se koncentrací [23].

2.3 Okyselovací a pufrací vlastnosti fosforečnanů

Kyselina fosforečná a některé její soli jsou důležitým okyselovadlem a pufracím činidlem využívaným v potravinářském průmyslu. Kyselina fosforečná a některé její soli (monofosforečnan sodný), stejně jako difosforečnan sodný, jsou preferované jako okyselovadla víc, nežli kyselé soli polyfosforečnanových kyselin. Důvodem je limitovaný

pufrační rozsah polyfosforečnanů v neutrálním až středně kyselém rozmezí pH (5,0 - 7,5), zatímco mono- a difosforečnany jsou aktivními puфраčnickými činidly v rozsahu pH od 2 až 3,5 do 5,5 až 7,5, a od 10 do 12.

2.4 Ionizace fosforečnanů

Monofosforečnanový aniont PO_4^{3-} je silně nabitým iontem. V rámci některých studií bylo zjištěno, že ke každému atomu fosforu existuje jeden silně ionizovaný atom vodíku, a že na každém konci fosforečnanového řetězce existuje jeden slabě disociovaný vodík. Náboj vodíků je tedy do značné míry ovlivněn záporným nábojem atomu fosforu.

Bylo zjištěno, že stupeň disociace fosforečnanů s delším řetězcem klesá přímo úměrně s délkou řetězce: monofosforečnan > difosforečnan > trifosforečnan > tetrafosforečnan > hexametrafosforečnan (polyfosforečnan). Dále bylo zjištěno, že přítomnost vápníku podporuje ionizaci fosforečnanů a to přímo úměrně jeho koncentraci přidané v roztoku fosforečnanů. Přítomnost vápníku také snižuje pH fosforečnanového roztoku [23].

2.5 Chelatace kovových iontů potravinářskými fosforečnany

Fosforečnany mají silnou schopnost chelatace kovových iontů. To znamená, že jsou schopné tvořit komplexy s divalentními nebo vícevalentními kationty kovů. Nejčastěji se jedná o cheláty kovů alkalických zemin (vápník, hořčík, ...) dále měď, zinek, železo atd. Alkalické kovy cheláty prakticky netvoří [25,26].

Kationty mohou být rozděleny do tří skupin založených na síle komplexů vytvořených s polyfosforečnany:

1. Kvartérní amonné ionty (netvoří komplexy)
2. Alkalické kovy (slabé komplexy)
3. Kovy alkalických zemin (silné komplexy)

Chelatace slouží k dočasnému nebo permanentnímu odstranění kationtů kovů z organických sloučenin. Lineární fosforečnany jsou, na rozdíl od jiných aniontových komplexotvorných činidel, nespecifické. To se projeví na jejich schopnosti tvorby komplexů s většinou kationtů kovů, pravděpodobně vlivem rotační flexibility P-O-P vazeb v polyfosforečnanovém řetězci. Konfigurace polyfosforečnanových řetězců tedy pravděpodobně umožňuje vazbu různých kationtů kovů. Vzhledem k této dispozici, a

velkému počtu dostupných atomů kyslíku mohou v řetězcích polyfosforečnanů, vznikat navázáním kationtu kovu cheláty, které tvoří tzv. chelátové prstence (Obrázek 16):



Obrázek 16 Chelátové prstence

kde M může být monovalentní, nebo vícevalentní kov.

Cheláty patří mezi komplexní sloučeniny. Ke vzniku chelátů dochází většinou navázáním ligandu na centrální atom kovu (Obrázek 16). Reakcí s kationtem kovu vzniká cyklická sloučenina, která je často velmi stabilní a vytváří pevné vazby.

Dále se předpokládá, že by počet fosforečnanových párů připojených na atom kovu závisel na relativní koncentraci kovu a fosforečnanu v roztoku [23].

Tímto způsobem se mohou polyfosforečnanové řetězce koordinovat jako trojvazné. V případě chelatace iontů vápníku a hořčíku by koordinace nebo asociace mezi fosforečnanem a iontem kovu způsobila zvýšení pozitivního náboje atomu fosforu, čímž by se zvýšila jeho citlivost na přítomnost vody nebo hydroxylových iontů. Tento efekt, by pak vysvětloval zvýšený stupeň hydrolýzy fosforečnanů za přítomností kationtů, jako jsou Ca^{2+} a Mn^{2+} .

Vznikem chelátového prstence na konci polyfosforečnanového řetězce by se pak mohly slabé atomy vodíku stát silně disociovanými. To by na druhou stranu vysvětlovalo zvýšenou ionizaci polyfosforečnanů v roztocích obsahujících ionty vápníku.

Schopnost polyfosforečnanů tvořit komplexy s ionty kovů byla úměrná celkovému počtu atomů fosforu v molekule fosforečnanů a to bez ohledu na délku jeho řetězce. Existuje také určitá závislost chelatační kapacity fosforečnanů na pH a na teplotě [23].

3 LEGISLATIVNÍ ASPEKTY SPOJENÉ S KUŘECÍM MASEM

3.1 Kuřecí maso

Jako maso jsou definovány všechny části těl živočichů včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě a splňují požadavky zvláštního právního předpisu [27, 28,29].

Tabulka 2 Definice spojené s kuřecím masem [27, 28,29]

drůbeží maso	všechny požitelné části těl pocházejících z domácích druhů ptáků (kur, krocan, perlička, kachna a husa)
kuřecí maso	maso kuřat ve stáří nejvýše 3 měsíců
čerstvé drůbeží maso	drůbeží maso včetně masa baleného vakuově nebo v ochranné atmosféře, k jehož uchování bylo použito jen chlazení nebo zmrazení
drůbeží maso strojně oddělené	drůbeží maso určené k výrobě tepelně opracovaných masných výrobků, získané strojním oddělením zbytků masa, které zůstaly po vykostění na kostech s výjimkou kostí ze zmrazeného masa, kostí hlavy drůbeže, kostí končetin pod zápěstními a zánártními klouby, běháků drůbeže a ocasních obratlů, jakož i kůže z krku drůbeže, na zařízeních, na nichž dochází k nadrcení kosti a porušení buněčné struktury masa
drůbeží droby	čerstvé drůbeží maso jiné než jatečně opracované tělo drůbeže
masný výrobek	technologicky opracovaný výrobek obsahující jako převažující základní surovinu maso
tepelně opracovaný masný výrobek	výrobek, u kterého bylo ve všech částech dosaženo minimálně tepelného účinku odpovídajícího působení teploty plus 70 °C po dobu 10 minut

Parametry zpracování vzorku v průběhu experimentu odpovídají technologii výroby celosvalových výrobků šunkového typu. Proto je zde uvedeno i několik legislativních aspektů týkajících se rozdělení a charakteristiky šunek.

Tabulka 3 Požadavky na složení a smyslové požadavky na šunky [30]

Skupina	Výrobek	Třída jakosti	Charakteristika	Smyslové požadavky
Tepelně opracovaný masný výrobek	Šunka	Nejvyšší jakost	obsah ČSB* nejméně 16 % hm.; použití barviv, vlákniny, škrobu, rostlinných a jiných živočišných bílkovin je nepřípustné	Konzistence Ucelená, pevná, soudržná; plátky se nesmí oddělovat na jednotlivé svaly. Vzhled na řezu Barva výrobku v řezu musí odpovídat druhu použitého masa, struktura musí být patrná a spojená drobně rozpracovanou svalovinou s
		Výběrová	obsah ČSB* nejméně 13 % hm.; použití barviv, vlákniny, škrobu, rostlinných a jiných živočišných bílkovin je nepřípustné	ojedinelými menšími ložisky tuku a menšími dutinkami, vyplněnými např. aspikem. Vůně a chuť Typická pro šunku, přiměřeně slaná, lahodná, výrobek na skusu v tenkých plátcích křehký.
		Standardní	obsah ČSB* nejméně 10 % hm.	

* Čistá svalová bílkovina (ČSB) – nezahrnuje bílkoviny pojivové tkáně a bílkoviny rostlinného původu.

3.2 Fosforečnany

Nejvyšší množství fosforečnanů přidaných jednotlivě nebo v kombinaci (vyjádřeno jako P_2O_5) dle vyhlášky 4/2008 Sb. ze dne 3. ledna 2008, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin.

Tabulka 4 Limity Fosforečnanů [31,32,33]

E kód	Přídatná látka	potravina nebo skupina potravin	* NPM mg·kg ⁻¹
E 339	Fosforečnany sodné:	sterilované a UHT mléko	1 000
	Dihydrogenfosforečnan sodný	proslazené ovoce	800
	Monohydrogenfosforečnan sodný	ovocné přípravky	800
	Fosforečnan sodný	zahuštěné mléko do 28 % sušiny	1 000
E 450	Difosforečnany:	instantní a bylinné čaje	2 000
	Dihydrogendifosforečnan sodný	nezrající sýry (krom Mozzarely)	2 000
	Monohydrogendifosforečnan sodný	tavené sýry a jejich analogy	20 000
	Difosforečnan sodný	masné výrobky	5 000
	Difosforečnan draselný	sůl, náhrady soli	10 000
	Difosforečnan draselný	mléka do teplých nápojů	30 000
E 451	Trifosforečnany:	práškové náhrady mléka	50 000
	Trifosforečnan sodný	mražené krémy	1 000
	Trifosforečnan draselný		
E 452	Polyfosforečnan:	leštící látky pro masné a	4 000
	Polyfosforečnan sodný	zeleninové výrobky	
	Polyfosforečnan draselný	mnohé další	

* NPM – nejvyšší povolené množství.

4 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH FOSFOREČNANŮ

4.1 Fosforečnany sodné

Fosforečnany sodné se obecně označují společným názvem jako sodné soli kyseliny fosforečné a používají se ve velké míře v podobě potravinových aditiv. Zvýšený příjem fosforečnanů může vést k narušení rovnováhy mezi vápníkem a fosforem v těle a zapříčinit nedostatek vápníku. Žádné jiné nežádoucí účinky nebyly prokázány [34,35,36].

4.1.1 Fosforečnan sodný

Fosforečnan sodný (Na_3PO_4) známý též jako fosforečnan trisodný nebo monofosforečnan sodný, patří do skupiny potravinových aditiv s označením E 339. Jedná se o bílou krystalickou látku anorganického původu, která je dobře rozpustná ve vodě, ale nerozpustná v etanolu. pH jednoprocentního roztoku se pohybuje v rozmezí 11,5 - 12,5. Tento fosforečnan našel uplatnění jako tavící sůl, regulátor kyselosti, stabilizátor, nebo inhibitor nežádoucích reakcí kovů v potravinách. Můžeme ho najít v mléčných náhražkách, sýrech, masných výrobcích či nealkoholických nápojích. V ČR je možné používat fosforečnan sodný k výrobě některých potravin případně k výrobě dětských příkrmů v nezbytném množství.

4.1.2 Hydrogenfosforečnan disodný

Hydrogenfosforečnan disodný (Na_2HPO_4) lze označit také jako kyselý fosforečnan disodný, monofosforečnan disodný nebo sekundární fosforečnan sodný. Je to bílý hygroskopický prášek, snadno rozpustný ve vodě, nerozpustný v etanolu, jehož pH (1 % - ní roztok) se pohybuje v rozmezí 8,4 – 9,6. Patří do stejné skupiny potravinových aditiv s E kódem 339.

4.1.3 Dihydrogenfosforečnan sodný

Mezi aditiva s označením E 339 dále patří dihydrogenfosforečnan sodný (NaH_2PO_4). Synonymní názvy jsou také fosforečnan monosodný, kyselý fosforečnan sodný, monofosforečnan monosodný, dihydrogenmonofosforečnan sodný. K dispozici je většinou

v podobě bílého slabě rozpadavého prášku, krystalů nebo granulí s pH (1 % - ní roztok) v rozmezí 4,1 - 5,0. Dobře se rozpouští ve vodě, není však rozpustný v etanolu ani éteru.

4.1.4 Difosforečnan sodný

Difosforečnan sodný ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) spadá do skupiny aditiv s označením E 450. Synonymy jsou difosforečnan tetrasodný a difosforečnan sodný, často v podobě bezbarvých nebo bílých krystalů, případně jako bílý krystalický či zrnitý prášek rozpustný ve vodě a nerozpustný v etanolu s pH (1 % - ní roztok) v rozmezí 9,8 - 10,8. Využívá se jako stabilizátor tavících solí, regulátor kyselosti, kypřící látka, emulgátor, inhibitor nežádoucích reakcí kovů. Má schopnost zadržovat a vázat vytékající šťávu při výrobě masných výrobků. Přidává se do uzenin a masných výrobků, pekařských výrobků, tavených sýrů a práškových směsí k výrobě čokoládových nápojů. V ČR se běžně používá při výrobě některých potravin.

4.1.5 Dihydrogendifosforečnan sodný

Dalším aditivem s označením E 450 je dihydrogendifosforečnan sodný (syn.: dihydrogendifosforečnan disodný, dihydrogendifosforečnan sodný, kyselý difosforečnan sodný, difosforečnan disodný), v podobě bílého prášku nebo zrna. Jeho chemický vzorec je $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Tento difosforečnan je rozpustný ve vodě a má pH (1 % - ní roztok) v rozmezí 3,7 - 5,0. Využití má stejné jako difosforečnan sodný. Navíc se využívá při výrobě dětských příkrmů (piškoty, sušenky) v nezbytném množství.

4.1.6 Trifosforečnan pentasodný

Vybraným zástupcem ze skupiny trifosforečnanů je trifosforečnan pentasodný ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) v podobě prášku nebo bílých slabě hygroskopických granulí. Snadno se rozpouští ve vodě, v etanolu je však nerozpustný. pH (1 % - ní roztok) je mezi 9,1- 10,2. Trifosforečnany mají E kód 451 a často se využívají v masných výrobcích pro svou schopnost vázat a zadržovat vodu. Slouží také jako inhibitory nežádoucích reakcí kovů. V ČR jsou povolené při výrobě vybraných potravin.

4.1.7 Polyfosforečnan sodný

Polyfosforečnan sodný (E 452) označovaný také jako Grahamova sůl, hexametafosforečnan sodný nebo metafosforečnan sodný má vzorec $(\text{Na}_3\text{PO}_4)_n$. Jeho pH (1 % - ní roztok) je v rozmezí 3,0 - 9,0. Lze jej popsat jako bezbarvé nebo bílé průhledné destičky, může se však vyskytovat také ve formě prášku či granulí. Rozpustnost ve vodě je velmi dobrá. Polyfosforečnany se využívají v masných výrobcích pro svou schopnost vázat vodu. Jsou to také inhibitory nežádoucích reakcí kovů. V ČR patří mezi povolená aditiva.

4.2 Fosforečnany draselné

Fosforečnany draselné se obecně označují společným názvem jako draselné soli kyseliny fosforečné a používají se ve velké míře v podobě potravinových aditiv. Zvýšený příjem fosforečnanů může vést k narušení rovnováhy mezi vápníkem a fosforem v těle a zapříčinit nedostatek vápníku. Žádné jiné nežádoucí účinky nebyly prokázány. Na druhou stranu fosforečnany draselné dodávají tělu draslík, takže se využívají k obohacování potravin tímto prvkem.

4.2.1 Fosforečnan draselný

Fosforečnan draselný, fosforečnan tridraselný nebo též monofosforečnan draselný (K_3PO_4) patří do skupiny potravinových aditiv s označením E 340. Je známý v podobě bezbarvých nebo bílých hygroskopických krystalů, případně granulí. Snadno se rozpouští ve vodě, v etanolu je nerozpustný. pH (1 % - ní roztok) se pohybuje v oblasti 11,5 - 12,3. Používá se k úpravě kyselosti, jako emulgátor a stabilizátor a k inhibici nežádoucích reakcí kovů. Váže vytékající šťávu při výrobě masných výrobků. Najdeme jej tedy v sýrech, masných výrobcích, náhražkách mléka či v sypkých nápojích. V ČR je jeho použití povoleno.

4.2.2 Hydrogenfosforečnan draselný

Dalším zástupcem ze skupiny aditiv E 340 je hydrogenfosforečnan draselný (syn.: fosforečnan didraselný, sekundární fosforečnan draselný, kyselý fosforečnan didraselný, hydrogenmonofosforečnan draselný) s chemickým vzorcem K_2HPO_4 . Často v podobě rozpadavého bezbarvého nebo bílého zrnitého prášku s pH (1 % - ní roztok) 8,7 - 9,4. Tento hydrogenfosforečnan je dobře rozpustný ve vodě ale nerozpustný v etanolu. Využití má stejné jako předchozí fosforečnan draselný.

4.2.3 Dihydrogenfosforečnan draselný

Mezi aditiva skupiny E 340 patří také dihydrogenfosforečnan draselný (syn.: Dihydrogenfosforečnan monodraselný, Fosforečnan monodraselný, Dihydrogenmonofosforečnan draselný). Jeho chemický vzorec je KH_2PO_4 . Jedná se o fosforečnan, který se může vyskytovat v podobě bezbarvých hygroskopických krystalů nebo jako bílý zrnitý nebo krystalický prášek. pH 1 % - ního roztoku se pohybuje v rozmezí 4,2 - 4,8. Dihydrogenfosforečnan draselný je snadno rozpustný ve vodě, ale nerozpustný v etanolu.

4.2.4 Difosforečnan draselný

Kód E 450 patří difosforečnou draselnému (syn.: difosforečnan draselný, difosforečnan tetradraselný). Vzorec difosforečnou draselného je $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Tento difosforečnan je rozpustný ve vodě ale nerozpustný v etanolu, jeho pH (1 % - ní roztok) je v rozmezí 10,0 - 10,8. Většinou má podobu bezbarvých krystalů nebo bílého velmi hygroskopického prášku. Využití je stejné jako u difosforečnanu sodného.

4.2.5 Trifosforečnan pentadraselný

Posledním fosforečnanem je trifosforečnan pentadraselný (syn.: trifosforečnan draselný, dekaoxotrifosforečnan pentadraselný) s číselným kódem E 451, jako bílý velmi hygroskopický prášek nebo granule. Chemický vzorec tohoto fosforečnanu je $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$. Trifosforečnan pentadraselný je taktéž rozpustný ve vodě a jeho pH (1 % - ní roztok) je v rozmezí 9,2 - 10,5. Použití je stejné jako u trifosforečnanu sodného.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CHARAKTERISTIKA SUROVINY

Surovina byla pořízena v závodě Raciola Uherský Brod, s.r.o. Společnost Raciola se zabývá porázkou a zpracováním kuřat a slepic, výrobou drůbežích výrobků, uzenin a specialit [37]. Konkrétně se jednalo o prsní svalovinu z kuřat z jednoho chovu poražených v jeden den. Jedná se o kuřata stejného stáří, stejně krmená v přibližně stejné hmotnosti, což zaručuje poměrně vysokou míry shody parametrů. Nevyrovnanost dané partie by mohla vést k případným odchylkám během měření, které by se mohly projevit ve výsledcích.

5.1 Surovinová skladba

5.1.1 Maso

Maso je hlavní surovinou při výrobě masných výrobků. Pro účely tohoto experimentu byla použita kuřecí prsní svalovina *musculus pectoralis major*. Kuřecí prsní sval je nejmohutnějším svalem kuřecího těla a má velmi dobré výživové vlastnosti. Kuřecí maso je obecně zdrojem plnohodnotných bílkovin, vitamínů a minerálních látek. Prsní svalovina se vyznačuje nízkým obsahem tuku, ovšem u starší drůbeže se obsah tuku může nepatrně zvýšit, tuk se hromadí v dutině břišní. Kuřecí maso má světlejší barvu než třeba hovězí (barevnost masa je závislá na podílu barviv). Toto maso je jemné, křehké a dobře stravitelné. Je žádoucí, aby mikrobiální a hygienická jakost masa byla co nejvyšší. Maso musí být dostatečně zralé. Doba zrání se liší podle druhu zvířete. U drůbeže je to zhruba 1-2 dny. Důvodem zrání je určitá křehkost masa a optimalizace vlastností pro další zpracování.

5.1.2 Voda

Ve většině vařených šunkových výrobků je druhou nejdůležitější složkou voda. Voda používaná k přípravě solných roztoků musí odpovídat určitým požadavkům. Prvním požadavkem je, že se musí jednat o pitnou vodu. Voda pro potravinářské účely musí splňovat také určitou chemickou a mikrobiální kvalitu. K přípravě vzorku byla použita voda z pitného řádu, která musí odpovídat požadavkům vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Pitná voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví [38,39].

5.1.3 Sůl

Chlorid sodný se používal k úpravě masa už od starověku a to díky schopnosti snižovat vodní aktivitu, což vedlo k prodloužení údržnosti masa. Sůl je v dnešní době používána v šunkových výrobcích v koncentracích, které se pohybují okolo 2 %. Jediné omezení je u dietních výrobků (s nízkým obsahem soli). V případě šunkových výrobků s nízkým obsahem soli je část této soli (NaCl) nahrazena jinými složkami. Jedná se například o chlorid draselný s podobným účinkem na vodní aktivitu, který ovšem dodává výrobku nahořklou chuť. Tato nahořklá příchut' je v praxi často potlačena přidávkem různých aromatizujících látek. Sůl je důležitá také kvůli rozpuštění bílkovin a rozšíření kvartérní struktury, vlivem zvýšené iontové síly. Zvýšením iontové síly dochází ke zvýšení elektronegativity a také k ovlivnění kapacity vázané vody [39].

5.1.4 Fosforečnany

Fosforečnany jsou často také označovány jako soli kyseliny fosforečné. Tyto soli mají v šunkových výrobcích dvě základní funkce, zvyšují kapacitu vázané vody a usnadňují rozpuštění myofibrilárních proteinů, které jsou zodpovědné za výslednou strukturu gelu.

Fosforečnany do značné míry ovlivňují vápenné vazby mezi aktinem a myosinem. V závislosti na pH může mít potom přidávek fosforečnanů pozitivní nebo negativní vliv při tvorbě gelové struktury.

Dobré účinnosti je obvykle dosaženo při dávkách přidaného fosforečnanu do 5 g/kg, i když složení směsi musí být v závislosti na cílovém produktu a legislativě pečlivě kontrolováno.

V rámci tohoto experimentu byly použity následující sodné a draselné soli o koncentracích 25 % a 50 % NPM vypočítaného jako P₂O₅:

Tabulka 5 Výčet použitých fosforečnanů

Sodné soli	Draselné soli
Fosforečnan sodný	Fosforečnan draselný
Hydrogenfosforečnan sodný	Hydrogenfosforečnan draselný
Dihydrogenfosforečnan sodný	Dihydrogenfosforečnan draselný
Difosforečnan sodný	Difosforečnan draselný
Dihydrogendifosforečnan sodný	Trifosforečnan draselný
Trifosforečnan sodný	
Polyfosforečnan sodný	

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Popis experimentu

Surovinu bylo třeba co nejdříve zpracovat, aby nedošlo ke kvalitativním změnám. Svalovina byla rozemleta na zrnitost o velikosti \varnothing 5 mm, promíchána, rozvážena po 550 g do PE sáčků, vakuově zabalena a následně hluboce zmrazena na teplotu - 80 °C (Hlubokomrazicí box MDF - U3286S, SANYO, Schoeller instruments, ČR, Praha). Tento proces vedl k prodloužení údržnosti masa a bránil rozvoji nežádoucí mikroflóry. Surovinu bylo třeba zmrazit v krátkém časovém intervalu. Důsledkem pomalého zmrazování by mohly být nežádoucí změny. Konkrétně by mohlo dojít ke vzniku velkých ledových krystalů, které by mechanicky narušily buněčnou stěnu.

V závislosti na koncentraci solí a osmotickém tlaku začíná první podíl vody mrznout při teplotě zhruba - 1,5 °C. Zmrazování neprobíhá najednou, ale postupně. Průběh zmrazování je do značné míry závislý na rychlosti zmrazování. Pokud by byla rychlost zmrazování nízká, vznikaly by ledové krystaly nejprve v mezibuněčném prostoru. Krom toho by začala do mezibuněčného prostoru pronikat určitá část vody z nitra buňky. Následkem toho by došlo k růstu krystalů a již zmíněnému mechanickému poškození tkáně. Při rozmrazení by se toto velké množství uvolněné šťávy nestihlo navázat zpět na své původní místo a poškozenou tkáň by vyteklo mimo svalovinu. Vysoká rychlost zmrazování zajistila naopak vznik velkého množství malých krystalů jak uvnitř, tak vně buňky. Vznik malých krystalů je výhodnější. Voda se stihla při rozmrazení navázat zpět na bílkoviny a nedošlo tak k rozsáhlému uvolnění vody (šťávy) spolu s rozpustnými bílkovinami, chuťovými a nutričně cennými látkami. Během zmrazování bylo tedy důležité zajistit rychlý přechod oblasti tvorby velkých ledových krystalů (- 1 °C až - 7 °C) [40,41].

Bezprostředně před zpracováním byla surovina rozmrazena, byla přidána pitná voda, dusitanová solící směs a fosforečnanová sůl. Účelem přidavku solí, ať už fosforečných nebo dusitanových, bylo rozpuštění a uvolnění myofibrilárních bílkovin masa ve vodném prostředí. Tyto soli zvyšují iontovou sílu, případně ovlivňují hodnotu pH, což usnadnilo hydrataci bílkovin. Účinek fosforečnanových a dusitanových solí je synergický.

K porovnání výsledků bylo nutné (v pravidelných intervalech) připravit kontrolní vzorek. Tento kontrolní vzorek se skládal ze svaloviny, solí a vody, bez přidavku fosforečnanu.

Následně byla surovina podrobena procesu masírování po dobu 8 hodin při teplotě 4 °C. Mechanickým působením došlo k rozvolnění svalové struktury. Buněčná membrána se vlivem masírování stala propustnější, což usnadnilo distribuci a absorpci chloridu sodného. Tím došlo k aktivaci bílkovin a zvýšení obsahu vody vázané na bílkoviny. Rychlá absorpce chloridu sodného podpořila také vybarvení. Procentuální podíl konverze dusitanu sodného se zvyšuje ve vztahu ke zvýšené efektivitě masírování.

V rámci této práce byl použit třecí (marinovací) buben, model MM 001, THAKE INC - CHINA. Mechanického narušení bylo dosaženo vlivem tření svaloviny o čelo bubnu, které je navíc vybavené přepážkami. Tento typ masírky se vyznačuje mírnějším mechanickým narušením a je vhodný pro výrobky, u kterých je žádoucí, aby byla zachována určitá struktura.

Pohybem masa může dojít ke vzniku pěny v důsledku emulgačního účinku bílkovin. Pěna brání svalovým vazbám, protože dochází k prostupu bublinek vzduchu mezi svalová vlákna a dokonce i dovnitř svalu. Aby se zabránilo pění a aby se podpořila rozpustnost proteinů a stabilizace barvy, bylo masírování prováděno ve vakuu.

Vliv teploty je také velice důležitý. Běžně se teplota masírování udržuje pod 4 °C. Mechanickým namáháním masa totiž dochází k zahřívání díla. Při vyšších teplotách by sice bylo masírování účinnější, ale hrozilo by riziko bakteriální kontaminace a zvýšení enzymatické činnosti [9]. V rámci tohoto experimentu byla udržována teplota 3 °C ± 2 °C.

V důsledku tepelného opracování, dochází k řadě fyzikálně - chemických, biochemických a mikrobiologických změn, udávajících kvalitu a organoleptické vlastnosti hotového výrobku. Dochází zejména ke změně barvy, chuti, struktury a mikrobiální stabilizaci. Vlivem zvýšení teploty svalové bílkoviny po přidavku fosforečnanů a solí a po procesu masírování koagulují. Tím dochází k omezení mezibuněčného prostoru zhutněním svalových vláken a zároveň k vytvoření trojrozměrné sítě, která je schopná zadržovat vodu, což má vliv na konzistenci a pevnost finálního produktu.

Důsledkem tepelného opracování dochází v některých případech k rozsáhlé hydrolyze svalového kolagenu, což vede k následné tvorbě želatiny. Pro zajištění dobré vazby vody mezi svalovými vlákny je důležitým faktorem právě schopnost tvorby gelu.

Stabilizace barvy během tepelného opracování je zapříčiněna denurací červenorůžového barviva (nitrosomyoglobinu - oxid dusnatý vázaný na myoglobin), který přechází na

stabilní nitrosomyochromogen [42]. K vybarvení dochází v podstatě až v závěru tepelného opracování. Aby vůbec mohlo dojít ke stabilizaci zbarvení, je nutné dosáhnou teploty minimálně 65 °C. Optimální teplota pro tepelné opracování se pak pohybuje v rozmezí 65 - 75 °C.

Během přípravné fáze před tepelným opracováním může dojít k určité kontaminaci masa. Cílem tepelného opracování bylo tedy mimo jiné i snížení mikrobiální kontaminace.

Tepelný účinek je závislý na teplotě a době expozice. Na druhou stranu si musí tepelně ošetřený produkt zachovat určité nutriční a senzorické parametry. Z tohoto důvodu se volí vhodná kombinace teploty a času, což bylo v rámci tohoto experimentu 70 °C po dobu 10 minut.

Hlavním cílem této práce bylo zjistit průběh změn viskoelastického chování vzorku. Pro účely tohoto měření byla surovina po masírování homogenizována na zrnitost v průměru 0,5 mm. Homogenizace byla provedena na řezačce typu SPAR MIXER - SP - 1000AD - B (SPAR FOOD MACHINERY MFG.CO., LTD - TAIWAN). Předem rozemleté maso bylo vloženo do zásobníku. Pomocí šnekového mechanismu bylo maso tlačeno řezacím složením v řezací hlavě k otvorům řezací desky. Otvorem protlačené maso bylo odřezáváno rotujícím nožem. Před homogenizací bylo důležité složení řezačky vychladit. Během řezání totiž dochází ke zvýšení teploty díla, což by mohlo ovlivnit parametry suroviny. Vychlazené řezací složení pak brání nadměrnému zahřívání díla.

Po homogenizaci byl vzorek proměřen na reometru v teplotním režimu 5 °C - 70 °C - 5 °C s výdrží 10 minut. Pro účely tohoto měření byla použita geometrie deska - deska. Výhodou této geometrie je menší spotřeba vzorku. Po nanesení vzorku na desku reometru byla na okraje vzorku nanesena tenká vrstva silikonového oleje, aby nedocházelo k vysychání a připékání [43].

6.2 Reologické měření

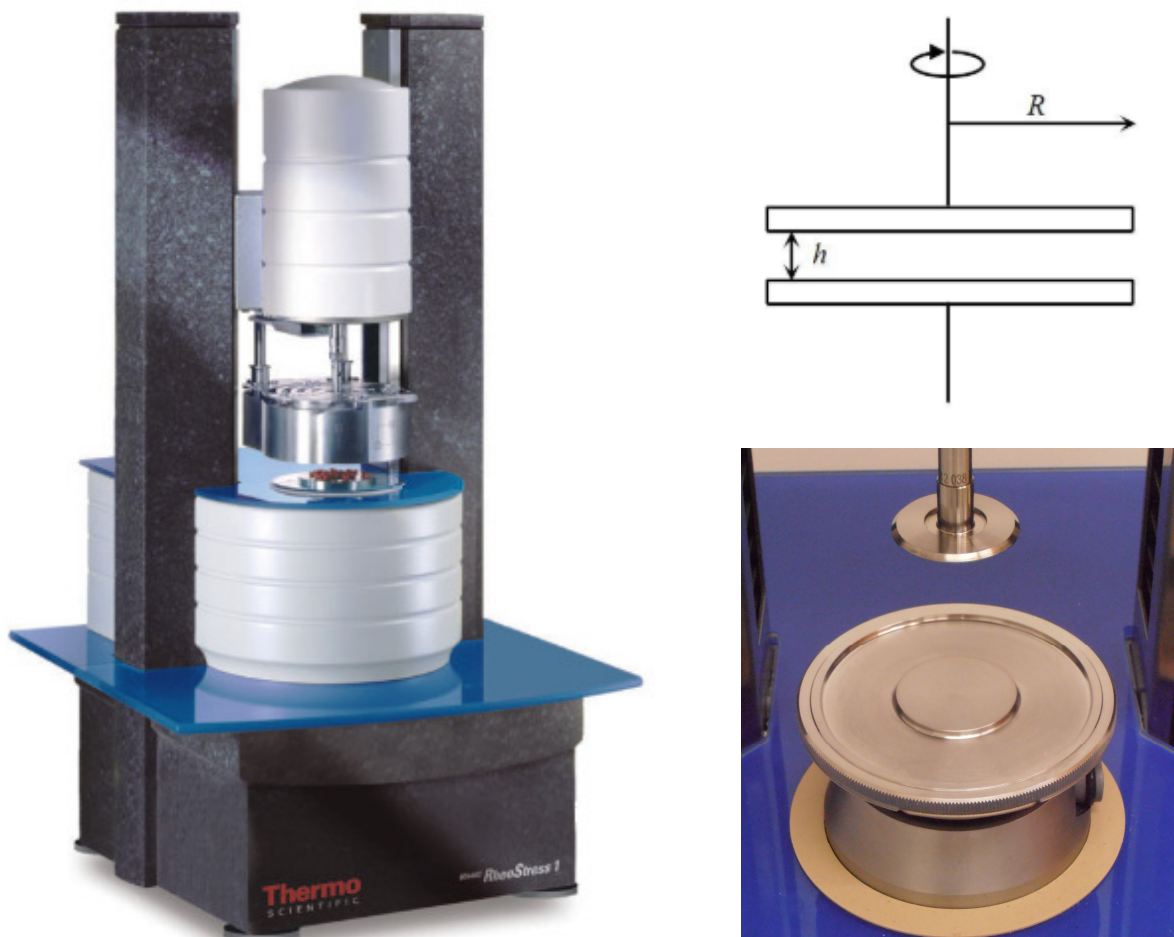
Reologie se zabývá měřením viskoelastických vlastností celé řady materiálů. Jedná se zejména o projevy viskózního a elastického chování a jejich proměnlivost v závislosti na mechanickém a tepelném zatížení vzorku [44].

Pevný materiál vykazuje elastické chování. To znamená, že je veškerá energie vzniklá působením určitého napětí využita k navrácení změn vzniklých deformací do původního

stavu. Zatímco kapaliny se vyznačují viskózním chováním (jedná se o nevratné změny vyvolané působením napětí). Jako viskózní materiál můžeme označit takový materiál, který velmi zjednodušeně, vykazuje známky tečení [45,46].

Reologické vlastnosti materiálů byly měřeny na přístroji zvaném rotační reometr. V rámci tohoto experimentu byl použit reometr Thermo Scientific HAAKE RheoStress 1 s geometrií deska - deska (Obrázek 17). Vzorek kuřecí svaloviny byl mechanicky deformován otáčením rotujícího senzoru.

Výstupem měření byly tzv. tokové křivky, které nás informují o tokových vlastnostech vzorku. Vzorky, u nichž se viskozita v průběhu měření nemění, nazýváme jako Newtonské. Vzorek kuřecí svaloviny vykazuje Nenevtonské chování (v průběhu měření dochází ke změně viskozity a viskoelastických vlastností) [44,45,46,47].



Obrázek 17 Schematické znázornění rotačního reometru s geometrií deska - deska [47,48]

Kuřecí prsní svalovina se v průběhu teplotního režimu 5 °C - 70 °C - 5 °C chovala jako viskoelastická látka, tedy látka, která měla odezvu jak elastickou tak viskózní. Velice zjednodušeně by se dalo říct, že vzorek měl vlastnosti jak pevné látky, tak i kapaliny [44,45,46,47,48].

Měřením elastického modulu (G') a ztrátového modulu (G'') získáme parametry, které charakterizují myofibrilární protein a udávají tak sílu gelu. Úhel fázového posunu, respektive $\tan \delta$, znázorňuje podíl viskózní a elastické složky:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

Pokud je $\tan \delta > 1$ převládá viskózní chování,

pokud je $\tan \delta < 1$ převládá elastické chování [49].

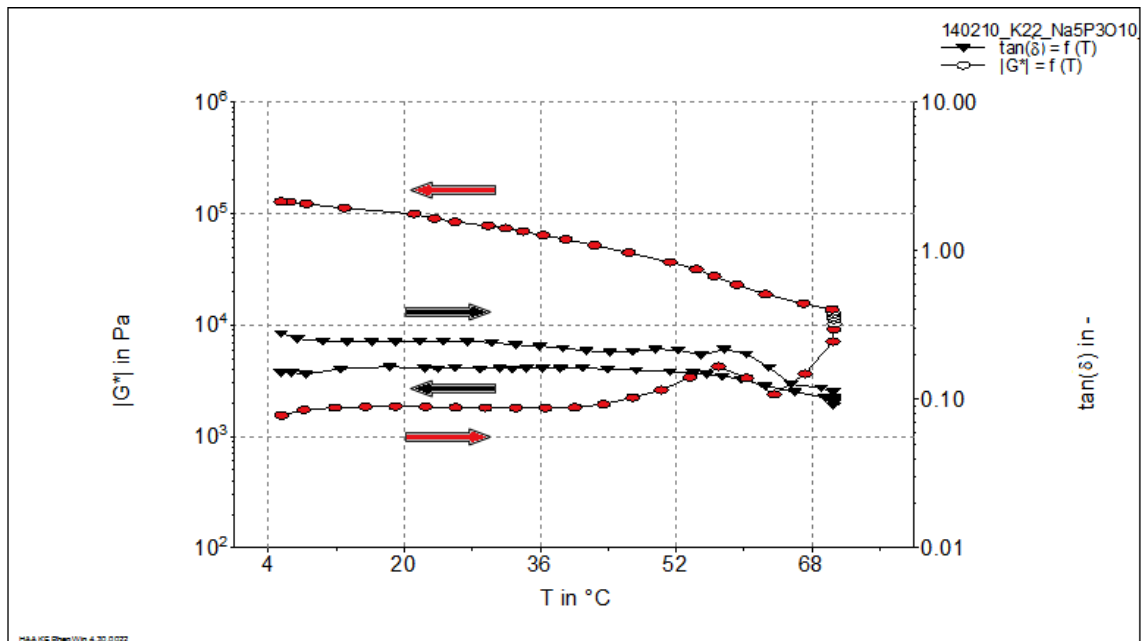
V předložených grafech je $\tan \delta$ značená křivkou \rightarrow

Zásadní informace o pevnosti gelu zejména v průběhu chlazení poskytuje komplexní modul pružnosti, který je vyjádřen komplexním součtem elastického a ztrátového modulu:

$$G^* = \sqrt{G''^2 + G'^2}$$

V předložených grafech je komplexní modul pružnosti značený křivkou \rightarrow

Průběh obou křivek, jak $\tan \delta$, tak i komplexního modulu, je zrcadlový a probíhá v protisměru. Viz Graf 2.



Graf 2 Průběh změn viskoelastického chování - modelový graf

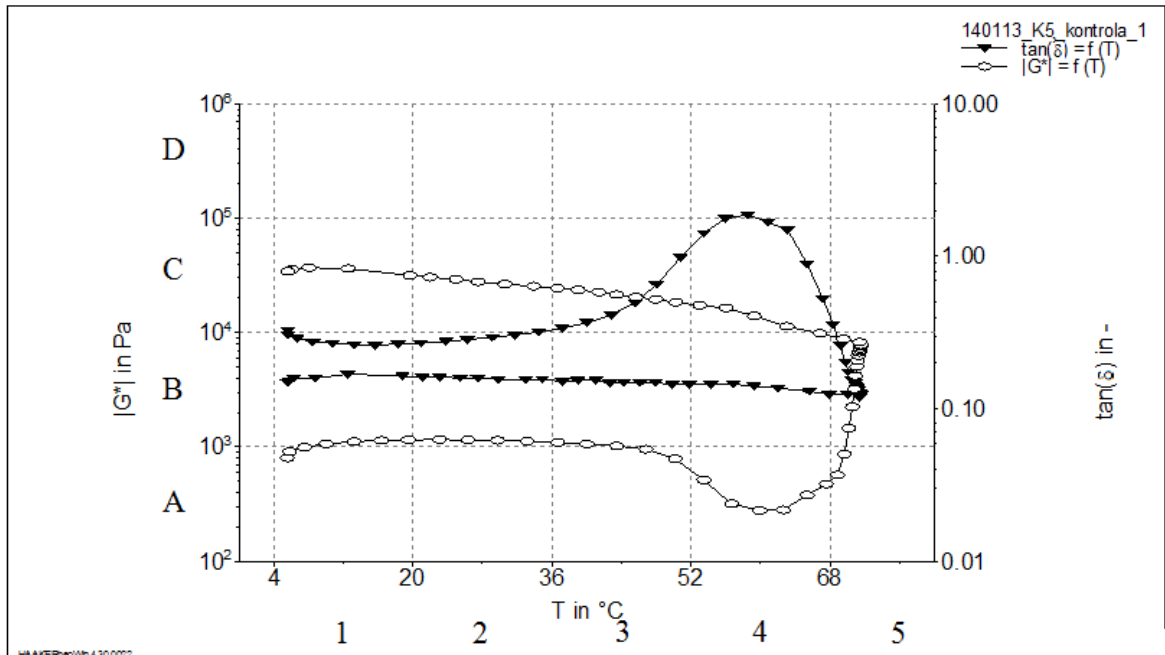
K popisu změn, ke kterým dochází během tepelného opracování, byla přednostně použita křivka $\tan \delta$. Tato křivka má vypovídající charakter o průběhu viskoelastických změn, zejména v případech, kdy dochází ke ztekucení a následnému tuhnutí vzorku při zahřívání, zatímco komplexní modul pružnosti je ideální pro sledování zvyšování pevnosti gelu v průběhu chlazení vzorku. Toto rozdělení je patrné z grafu uvedeného výše. Křivka $\tan \delta$ totiž naznačuje, že v průběhu chlazení nedochází ke změně viskoelastických vlastností, ovšem komplexní modul pružnosti vypovídá o tom, že v průběhu chlazení dochází k tuhnutí. To znamená, že komplexní modul pružnosti je pro popis změn, ke kterým dochází v průběhu chlazení, přesnější. Zatímco pro průběh změn během tepelného opracování je zásadní $\tan \delta$. Při konkrétním popisu výše uvedeného grafu je patrné, že převládá elastický charakter vzorku, neboť $\tan \delta$ je menší než jedna. V konečné fázi záhřevu dochází k určitému ztuhnutí. Křivka komplexního modulu pružnosti má rostoucí tendenci. To znamená, že pevnost vzniklého gelu v průběhu chlazení roste.

7 VÝSLEDKY

7.1 Kontrolní vzorek

Teplota je jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují gelační vlastnosti myofibrilárních proteinů. Při hodnotách pH nad 5,3 je dodání tepla důležité pro denaturaci a rozklad molekul proteinů nezbytných k tvorbě gelu.

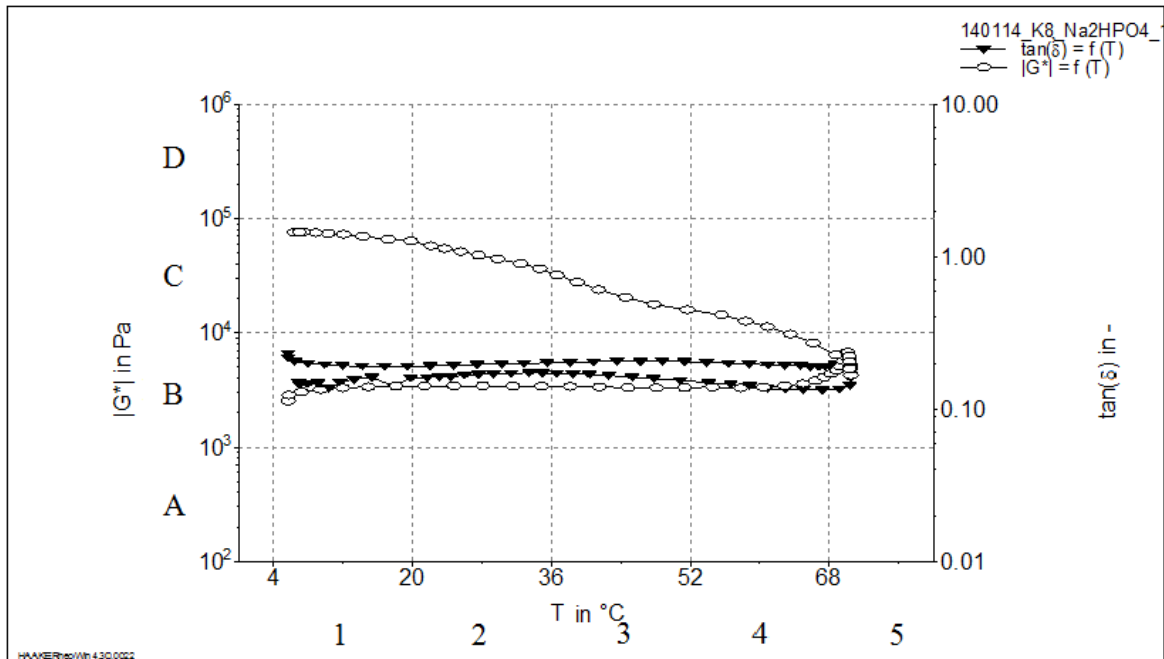
Kontrolní vzorek je vzorek bez použití fosforečnanu. Vlivem absence fosforečnanu nedochází k požadovanému oddálení vazeb aktinomyosinového komplexu. Prostor mezi aktinem a myosinem je nedostačující na to, aby se k rozpustným myofibrilárním bílkovinám dostalo potřebné množství solného roztoku. Vlivem omezeného průniku solného roztoku k myofibrilárním bílkovinám, dojde jen k nepatrnému rozpuštění bílkovin. Přítomná voda poměrně ochotně opouští intracelulární prostory, protože ve vzorku je nedostatek rozpuštěných bílkovin, které by mohly vodu vázat. Voda odtéká do intracelulárního prostoru, kde je vázaná slabými kapilárními (fyzikálními) silami, u vzorku převládá tekutý charakter. Z Grafu 3 je patrné, že ke ztekucení dochází zhruba od teploty 40 °C, jak naznačuje křivka $\tan \delta$ v kvadrantu 4C. Dalším zahříváním k teplotě přibližně 48 °C dochází ke koagulaci bílkovin a vypuzení zbytku vody z bílkovinné struktury. Po vypuzení vody nastává nepatrné ztuhnutí v oblasti přibližně 70 °C, které je viditelné v kvadrantu B5 křivky $\tan \delta$. K dalšímu tuhnutí už nedochází, neboť tuhnutí je vlastností gelů a vzhledem k nízkému obsahu rozpuštěných bílkovin došlo jen k nepatrné tvorbě gelové struktury. Křivka $\tan \delta$ v průběhu chlazení nevypovídá o dalších zásadních změnách viskoelastických vlastností. Pevnost vzorku popisuje komplexní modul pružnosti (G^*). Z výsledků měření je zřejmé, že v průběhu chlazení se pevnost zvyšovala jen nepatrně. Pomalá ztráta vody vedla ke ztrátě pevnosti vzorku (Graf 3).



Graf 3 Průběh změn viskoelastického chování - kontrolní vzorek

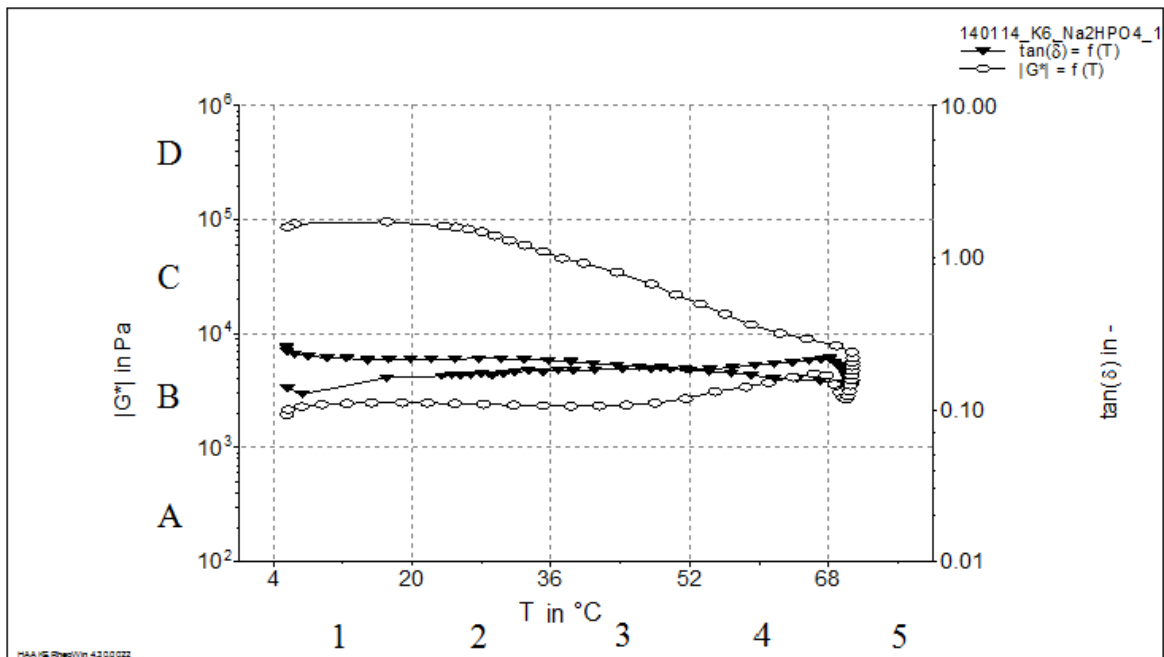
7.2 Aplikace hydrogenfosforečnanu sodného

Vlivem vyššího pH dochází po přidavku 50 % -ního hydrogenfosforečnanu sodného ke zvýšení hodnoty výsledného náboje a zvýšení schopnosti iontové výměny. Divalentní ionty vápníku, které se podílí na vazbě aktinu a myosinu, působí negativně na vaznost masa. Přidavkem fosforečnanů dochází k vyvázání vápníku. Změnou disociace funkčních skupin bílkovin dojde ke změně rozložení náboje v molekule bílkovin. Tím nastává štěpení některých příčných vazeb mezi peptidovými řetězci a zvýšení koncentrace stejně nabitých skupin. Jednotlivá vlákna proteinu se začnou odpuzovat a dojde k oddálení peptidových řetězců. Bílkoviny jsou v tomto případě snáze dostupné solnému roztoku a dochází tak k jejich účinnému rozpuštění. Dále dochází k rozsáhlé hydrataci rozpuštěných proteinů a k navázání vody v matici trojrozměrné sítě. Vzniká hustá gelová matrice, ve které je voda dostatečně pevně vázaná. V průběhu zahřívání nedochází ke změnám viskoelastických vlastností. Na konci tepelného záhřevu materiál mírně tuhne. Z obrázku je patrné, že nedochází k ztekucení, ale vzniká pevný gel. Hodnota $\tan \delta$ je menší než jedna, bude tedy převládat elastické chování (viz Graf 4).



Graf 4 Průběh změn viskoelastického chování - hydrogenfosforečnan sodný (50 %)

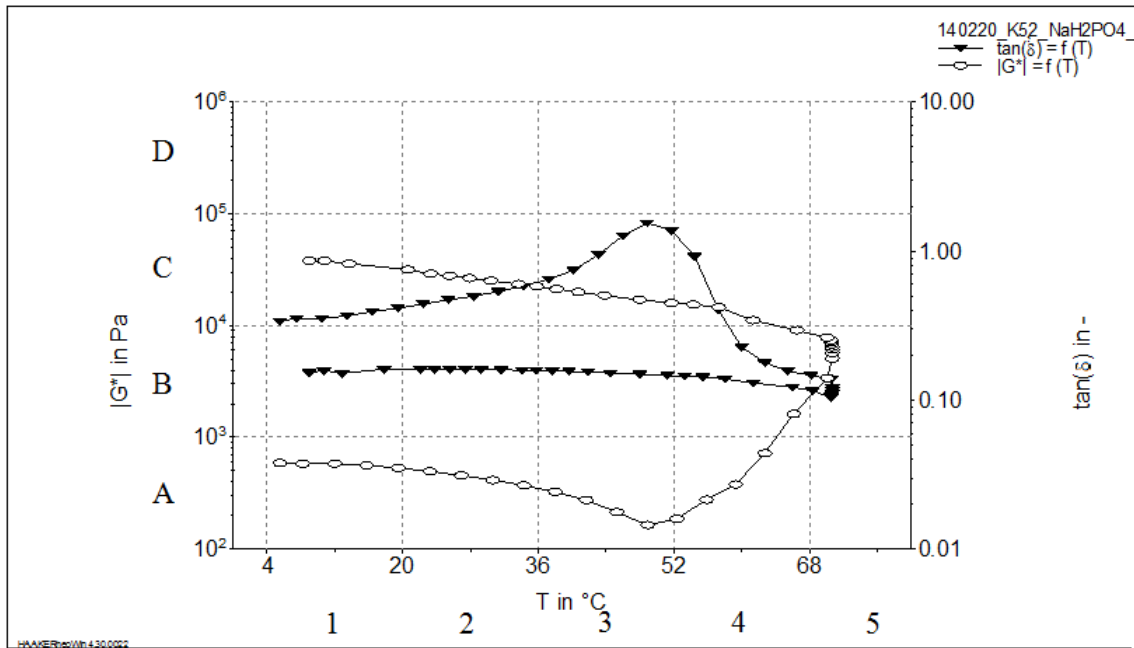
Vznik gelové matrice má po přidavku hydrogenfosforečnanu sodného o koncentraci 25 % podobný průběh. Opět dochází k hydrataci rozpuštěných bílkovin a vazbě vody ve strukturu trojrozměrné gelové sítě, akorát výsledná pevnost gelu je ve srovnání s hydrogenfosforečnanem sodným o koncentraci 50 % o něco vyšší (viz Graf 5).



Graf 5 Průběh změn viskoelastického chování - hydrogenfosforečnan sodný (25 %)

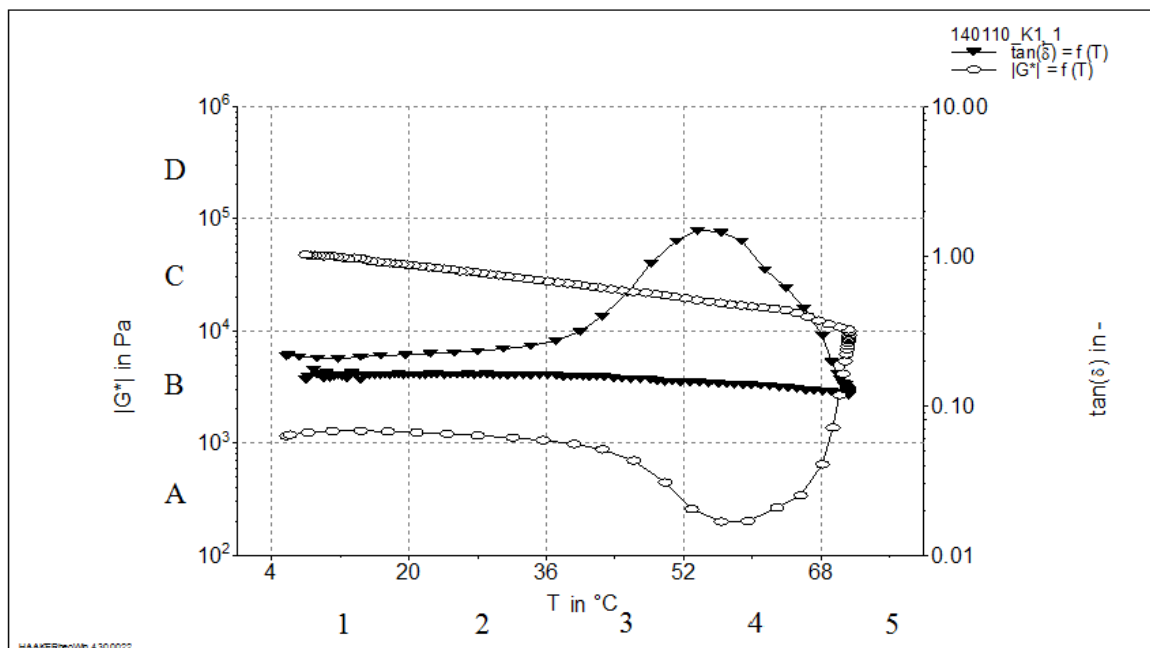
7.3 Aplikace dihydrogenfosforečnanu sodného

Gelovatění myofibrilárních proteinů je závislé na hodnotě pH. Při isoelektrickém bodu (pI) vykazují proteiny navenek nulový náboj a zadržují minimální množství vody. Většina proteinů v tomto bodě agreguje a vykazuje nejmenší rozpustnost. To má za následek vznik nevyhovujících gelů nebo dokonce znemožnění jejich tvorby. Použitím kyselého fosforečnanu došlo sice jen k přiblížení izoelektrickému bodu, ale výsledný gel vykazoval nízkou pevnost. Vlivem nízkého pH slábne elektronegativita a obecně se snižuje náboj molekul. Snižováním pH dochází k částečnému vyrovnání kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny a opačně nabitě bílkoviny se ochotně přitahují. Dojde k přiblížení aktinu a myosinu a vlivem přiblížení nastává vypuzení vody z komplexu, což je patrné z kvadrantu C3. Vypuzená voda už není schopna navázat se zpět do struktury vzorku. A pokud přece jen k navázání vody dojde, tak jen ve velmi omezené míře. Přiblížením vazby aktinu a myosinu se zužuje prostor pro solný roztok. To znamená, že k bílkovinám nepronikne potřebné množství solného roztoku k jejich rozpuštění. Slabý roztok rozpuštěných bílkovin neumožní vznik dostatečně pevné gelové struktury. Z Grafu 6 je sice viditelné, že ke konci záhřevu dochází k určitému ztuhnutí (kvadrant B4), ale toto ztuhnutí je nevýznamné. Tuhnutí totiž patří mezi vlastnosti gelu, a jak už bylo naznačeno, vlivem nízkého obsahu rozpuštěných bílkovin vzniká jen nepatrná a nevýznamná gelová struktura. Dále je také třeba podotknout, že k nepatrnému ztuhnutí ke konci záhřevu dochází u každého vzorku. Závěrem je tedy možné říct, že kyselý fosforečnan nepodporuje vznik pevných gelů. Finální výrobky by byly suché a drobivé. V Grafu 6 je popsán průběh změn viskoelastického chování dihydrogenfosforečnanu sodného o koncentraci 50 %.



Graf 6 Průběh změn viskoelastického chování - dihydrogenfosforečnan sodný (50 %)

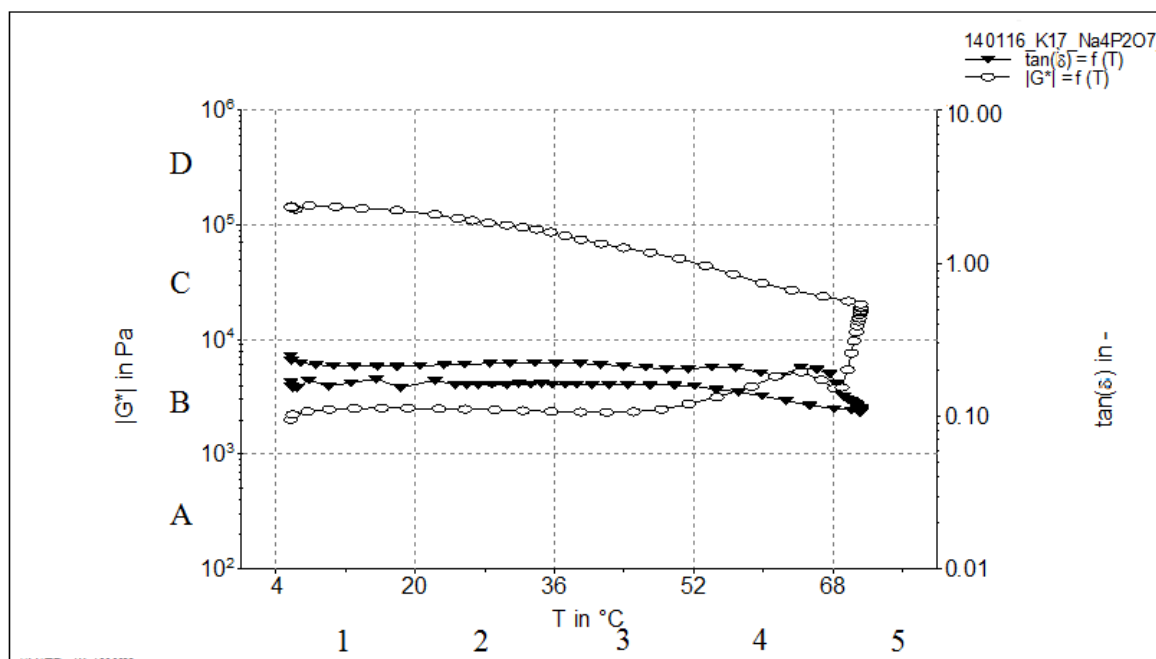
Srovnáním grafů dihydrogenfosforečnanu sodného o koncentraci 50 % a dihydrogenfosforečnanu sodného o koncentraci 25 % (Graf 7) je patrné, že už v počátku zahřívání byl vzorek s vyšší koncentrací fosforečnanu tekutější ovšem výsledná pevnost gelové matrice je u obou fosforečnanů srovnatelná. Dihydrogenfosforečnan sodný o koncentraci 25 % netvoří pevný gel stejně jako dihydrogenfosforečnan draselný o koncentraci 50 % (viz graf 7).



Graf 7 Průběh změn viskoelastického chování - dihydrogenfosforečnan sodný (25 %)

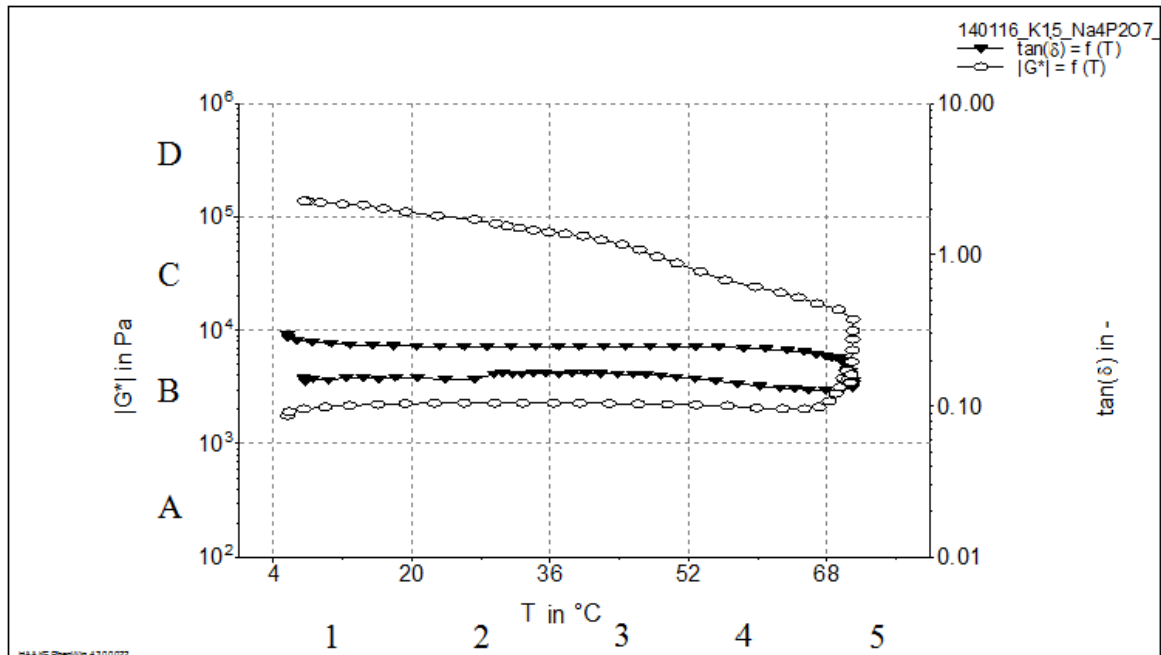
7.4 Aplikace difosforečnanu sodného

Difosforečnan sodný má na vzorek podobný vliv jako hydrogenfosforečnan sodný. Vlivem vyššího pH a změny náboje dochází k odpuzování stejně nabitých skupin v molekule bílkovin. Aktin a myosin se oddálí, bílkoviny se zpřístupní solnému roztoku a dochází k jejich rozpuštění. Nastává rozsáhlá hydratace bílkovin a vznik gelové struktury. Komplexní modul pružnosti grafu vypovídá o vzniku pevné gelové matrice. Dokonce, v porovnání s monofosforečnanem, je v tomto případě pevnost gelu vyšší (kvadrant D1). Lze tedy říct, že difosforečnany tvoří s bílkoviny pevnější gely, které ve své struktuře zadržují velké množství vody oproti monofosforečnanům nebo fosforečnanům s nízkým pH. Následující graf zachycuje průběh změn viskoelastického chování vzorku po přidavku difosforečnanu sodného o koncentraci 50 %.



Graf 8 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (50 %)

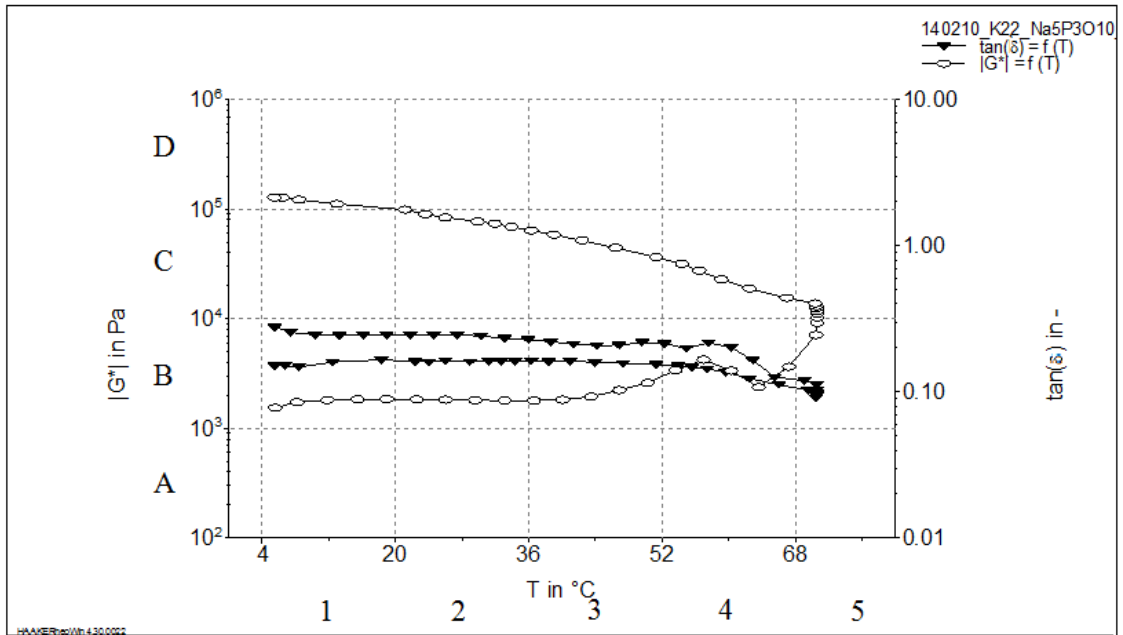
Pro srovnání vlivu rozdílných koncentrací difosforečnanu sodného na viskoelastické vlastnosti vzorku je zde uveden Graf 9, který zachycuje změny viskoelastického chování při nižší koncentraci fosforečnanu. Po přidavku difosforečnanu sodného (25 %) vzniká dostatečně pevný gel. V tomto případě je výsledná pevnost vzniklého gelu srovnatelná se vzorkem o vyšší koncentraci difosforečnanu sodného.



Graf 9 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (25 %)

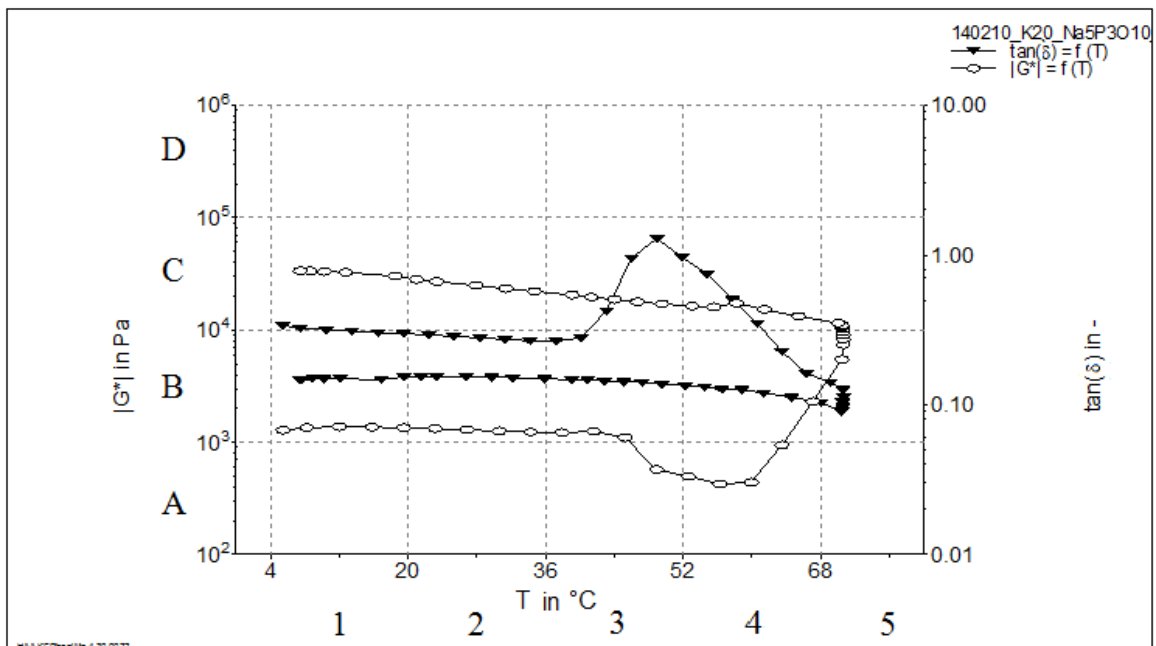
7.5 Aplikace trifosforečnanu sodného

Trifosforečnan sodný (50 %) naznačuje v podstatě podobný průběh jako difosforečnan sodný (50 %). Vlivem změny náboje dojde k odpuzení aktinu a myosinu. Vytvoří se dostatečný prostor pro distribuci solného roztoku. Solný roztok rozpustí myofibrilární bílkoviny a dojde k jejich hydrataci. Voda je pevně vázaná ve struktuře bílkovin respektive ve struktuře vzniklého gelu. Komplexní modul pružnosti vypovídá a značné síle vzniklého gelu. Zde je možné opět vidět důvod, proč je $\tan \delta$ ideální pro popis změn při zahřívání a komplexní modul pro popis změn během chlazení. Z grafu je patrné, že křivka $\tan \delta$ se během chlazení výrazně nemění, tedy viskoelastický modul je ustálený, ovšem komplexní modul naznačuje, že vzorek v průběhu chlazení stále tuhne.



Graf 10 Průběh změn viskoelastického chování - trifosforečnan sodný (50 %)

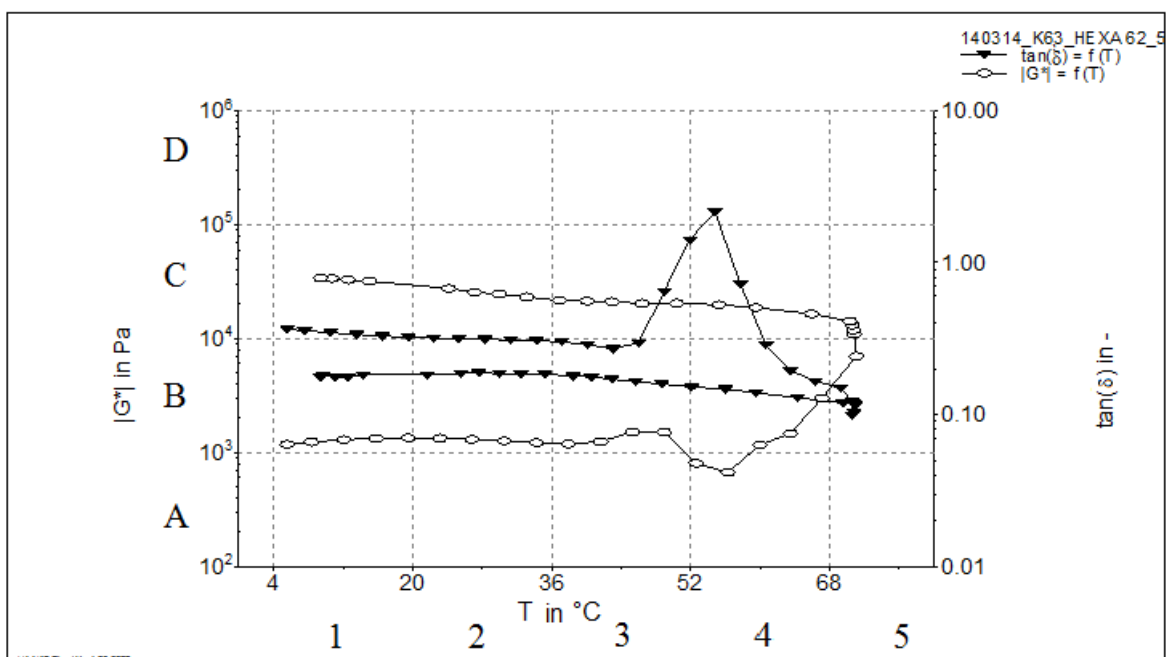
Pro srovnání je zde uveden také graf znázorňující průběh změn viskoelastického chování vzorku po přidavku trifosforečnanu sodného o koncentraci 25 % (viz Graf 11). V tomto případě je jasně viditelný rozdíl při použití různých koncentrací fosforečnanu, neboť při vyšší koncentraci dochází ke vzniku dostatečně tuhého gelu, zatímco při nižší koncentraci fosforečnanu dochází ke ztekucení vzorku a vzniká jen nevýznamná a velmi slabá gelová matrice.



Graf 11 Průběh změn viskoelastického chování - trifosforečnan sodný (25 %)

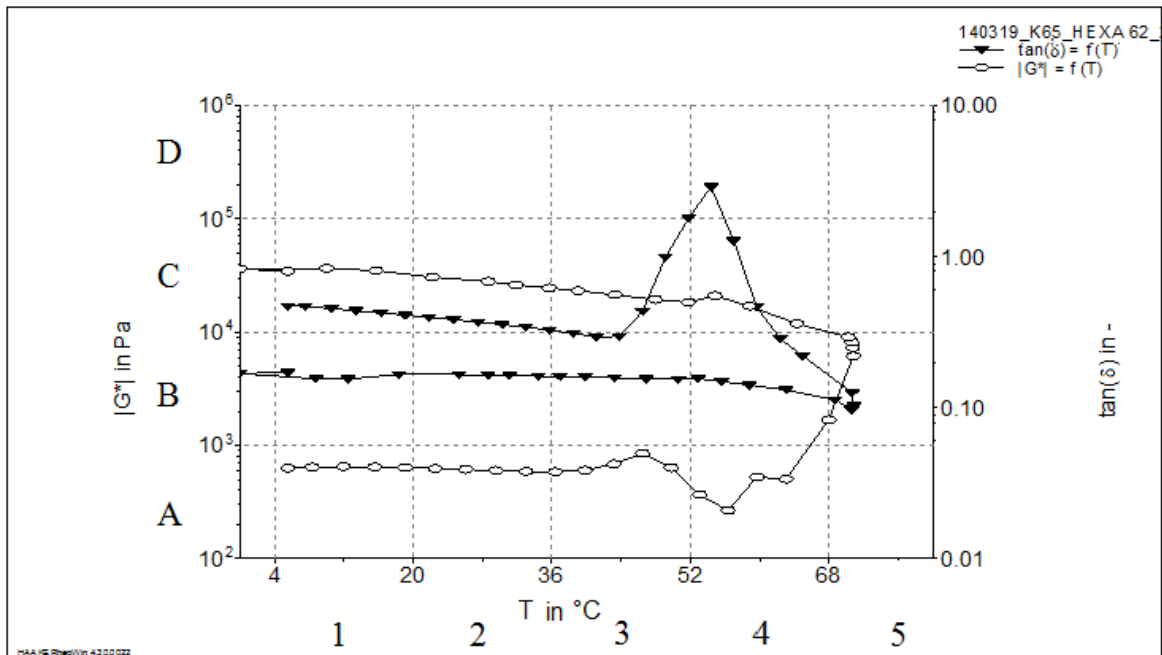
7.6 Aplikace polyfosforečnanu sodného

Z výše uvedeného by se dalo očekávat, že se s rostoucím počtem atomů fosforu v molekule fosforečnanu bude zlepšovat i průběh změn viskoelastického chování gelu. Ovšem použitím polyfosforečnanu s 5 atomy fosforu v molekule nedošlo ke vzniku gelové struktury. Z kvadrantů C3 a C4 je patrné, že v průběhu tepelného ošetření dochází k vypuzení vody ze vzorku. V konečné fázi vzniká málo pevný gel. Ztráta funkčních vlastností tohoto fosforečnanu byla pravděpodobně způsobena hydrolytickým rozpadem molekuly fosforečnanu (graf 12).



Graf 12 Průběh změn viskoelastického chování - polyfosforečnan sodný (50 %)

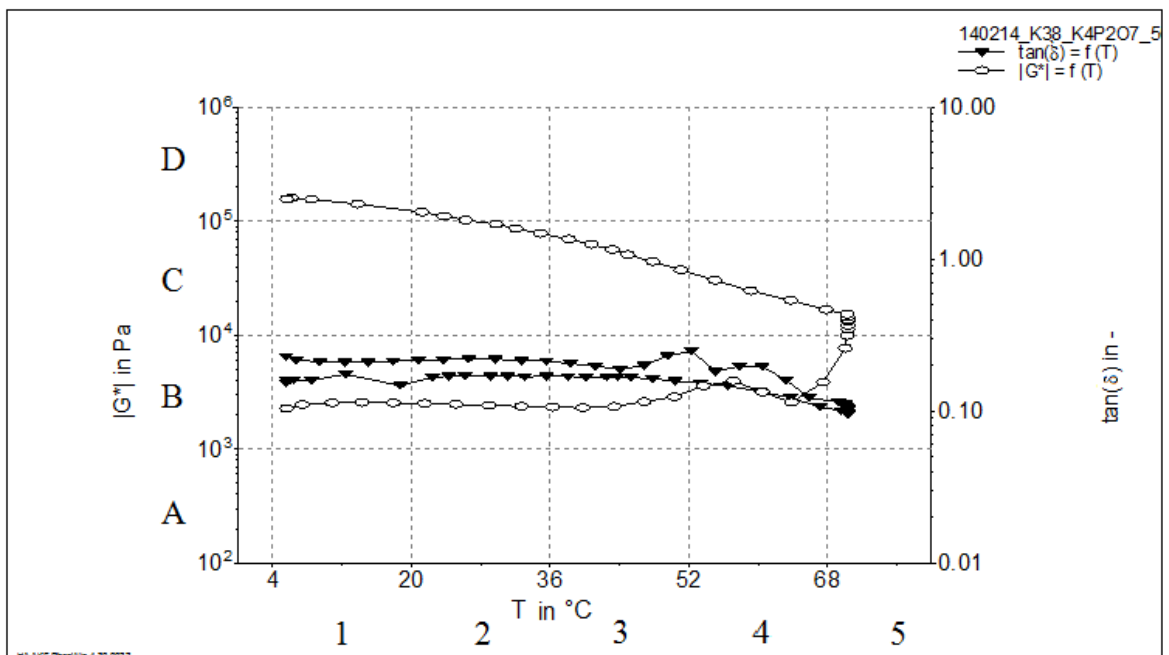
Průběh změn viskoelastického chování vzorku po přidavku fosforečnanu o vyšší koncentraci má podobný průběh jako u vzorku s nižší koncentrací fosforečnanu (Graf 13).



Graf 13 Průběh změn viskoelastického chování - polyfosforečnan sodný (25 %)

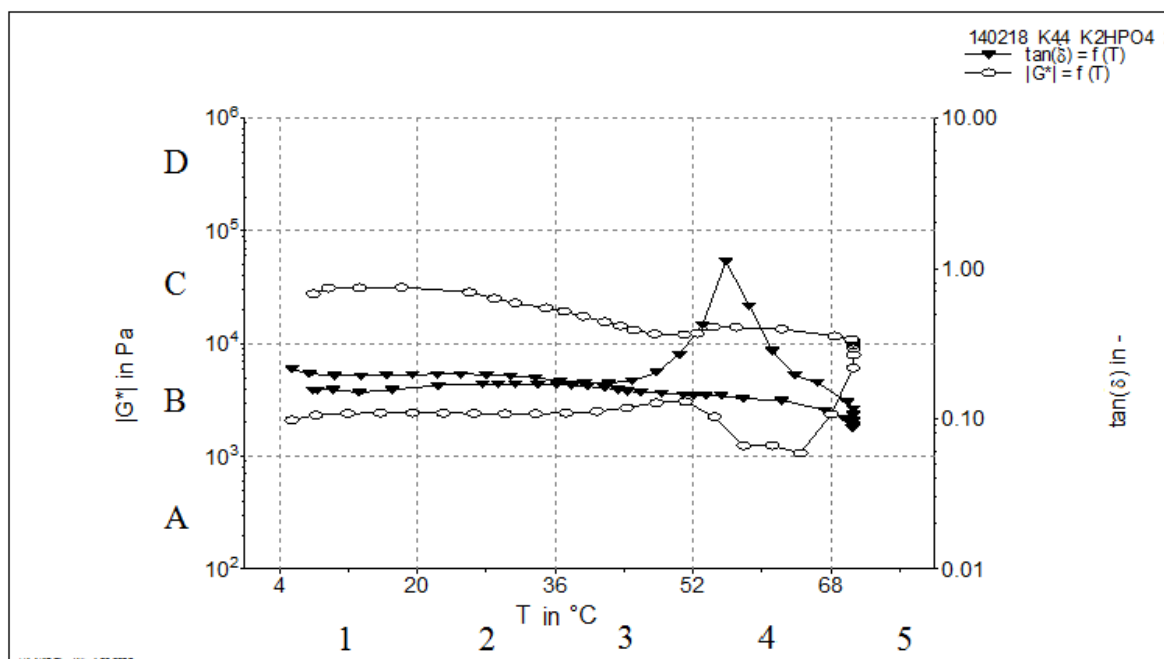
7.7 Aplikace difosforečnanu draselného

Z křivky $\tan \delta$ je viditelné nepatrné vypuzení vody, které ovšem nemělo zásadní vliv na výslednou pevnost gelu. Přídavkem difosforečnou draselného (50 %) došlo ke vzniku pevného gelu.



Graf 14 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (50 %)

Přídavkem difosforečnou draselného (25 %) sice dochází během tepelného procesu k určitému vypuzení vody, ovšem křivka $\tan \delta$ nepřesahuje hodnotu 1, to znamená, že během zahřívání převládá stále elastické chování. Na druhou stranu difosforečnan draselný (25 %) neumožní vznik dostatečně tuhého gelu ve srovnání s difosforečnanem sodným (25 %). Tento vzorek s nižší koncentrací fosforečnanu poskytuje opět o něco horší výsledky než vzorek s vyšší koncentrací fosforečnanu.



Graf 15 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (25 %)

7.8 Aplikace ostatních fosforečnanů

Přídavek ostatních fosforečnanů má vždy podobný vliv na průběh viskoelastických změn ve srovnání s již prezentovanými výsledky. To znamená, že sodné fosforečnany poskytují o něco pevnější gely než draselné fosforečnany. V kyselé oblasti pH nedochází ke vzniku dostatečně pevných gelů, zatímco v zásadité oblasti vznikají dostatečně pevné gely. Průběh změn viskoelastických vlastností ostatních fosforečnanů je zachycen v grafech, které jsou součástí přílohy.

8 DISKUSE

Llorenç Freixanet ze společnosti Metalquimia ve své studii uvádí, že fosforečnany ovlivňují pH, ale ne víc než o 0,5 stupně. V rámci této práce bylo měřeno pH u rozmrazené suroviny (bez přídavku fosforečnanu) a následně po masírování (přídavek fosforečnanu). Bylo zjištěno, že fosforečnany opravdu ovlivňují pH, což je obecně platné, ovšem nelze souhlasit s tím, že změna pH je v rozmezí max. 0,5 viz tabulka naměřených hodnot v příloze. Ve Freixanetově studii se dále píše o tom, že pufrací a chelatační účinky fosforečnanů nejsou tak zásadní, jak se často udává a že fosforečnany mají jen malý vliv na zadržování vody a rozpustnost aktinu a myosinu. Ale na druhou stranu uvádí, že fosforečnany mohou mít podobnou funkci, jakou plní ATP v živém svalu. Toto tvrzení se pravděpodobně nepatrně vylučuje, protože ATP se v živém svalu po kontrakci váže na koncové můstky myosinu a tím dojde k oddálení aktinu a myosinu. V případě zpracovávané svaloviny je oddálení aktinu a myosinu žádoucí. Xiong ve své práci potvrzuje, že účinek fosforečnanů je opravdu podobný jako účinek ATP v živém svalu, což naznačuje spíše pozitivní technologický vliv fosforečnanů [50]. Navíc z výsledků naměřených dat v rámci této diplomové práce je vliv fosforečnanů více než patrný.

Freixanet dále uvádí, že účinně fungují pouze difosforečnany. A vzhledem k tomu, že se difosforečnany hůře rozpouští ve vodě (a ještě hůř v solných roztocích), tak se při výrobě dušené šunky běžně používá směs trifosforečnanu, hexametafosforečnanu a difosforečnanu. První dva fosforečnany hydrolyzují ve vodných roztocích a postupně uvolňují difosforečnan. V závislosti na vlastnostech právě vyráběného produktu, jsou údajně používány různé kombinace těchto fosforečnanů, v některé z jejich forem (sodný nebo draselný). Freixanet také píše o tom, že monofosforečnan nemá prakticky žádný vliv na zadržování vody údajně kvůli tomu, že se dvě molekuly monofosforečnanu nemohou spojit do jedné molekuly difosforečnanu. Tyto informace jsou nepřesné, protože v rámci tohoto experimentu, bylo provedeno měření s monofosforečnany. Monofosforečnany měly zásadní vliv na tvorbu gelu. Pokud se jednalo o kyselé monofosforečnany, tak vznikaly málo pevné gely a pokud se jednalo o zásadité monofosforečnany, pak vznikaly pevné gely. Faktem je že difosforečnany mohou být upřednostňovány, protože poskytují pevnější gely.

Dong Sun ve své práci píše, že se v průběhu tepelné denaturace a rozvíjení myofibrilárních proteinových molekul při různých hodnotách pH, může povaha elektrostatických interakcí změnit. Uvádí také, že při pH blízkém pI myofibrilárních proteinů (pH 5,3), elektrostatická

přitažlivost mezi molekulami, kvůli celkově téměř neutrálnímu čistému náboji, bránila gelovatění bílkovin. Dále také, že optimální pH pro tepelně vyvolané gelovatění myosinu je 6 [18]. S tímto tvrzením se na základě naměřených dat v rámci této diplomové práce dá souhlasit.

Ve zdrojovém článku [18] se píše, že fosforečnany, zejména s vyšším počtem atomu fosforu (di-, tri-), mají v zásadité oblasti pozitivní vliv na vznik gelu. Ale nikde už se nepíše o tom, že se účinek polyfosforečnanů (s délkou řetězce 5 a více atomů fosforu) snižuje, což naznačují výsledky této práce. Možným vysvětlením je pravděpodobně hydrolyza polyfosforečnanů, kdy dochází k rozpadu molekuly a snížení funkčních vlastností tak, jak popisuje ve své knize Molins.

Molins ve své knize dále popisuje výsledky práce Yasui, který tvrdí, že fosforečnany s relativně nízkou molekulovou hmotností (di- a trifosforečnany) reagovaly s myosinem bez přítomnosti soli tak, jak by reagovala sama sůl. Rozpustnost myofibrilárních bílkovin bez přídavku chloridu sodného za vzniku gelové matrice bude patrně ještě dále zkoumána, zejména v souvislosti s vlivem NaCl na zdraví člověka. Pokud by k rozpuštění myofibrilárních proteinů nedošlo, znamenalo by to, že se účinek fosforečnanů za nepřítomnosti chloridu sodného zcela vytrácí. Na druhou stranu je třeba také zohlednit, že některé fosforečnany (např. trifosforečnan draselný) síťují samy o sobě.

ZÁVĚR

V rámci předložené diplomové práce jsou popsány výsledky spojené s přidavkem různých fosforečnanových solí k modelovému vzorku homogenizované kuřecí svaloviny.

Celkem bylo proměřeno sedm sodných a pět draselných solí v koncentracích 25 % a 50 % NPM stanoveného jako P_2O_5 . Jednotlivé fosforečnany se lišily svou kyselostí a počtem atomů fosforu v molekule. V tomto experimentu byly proměřeny jak kyselé tak zásadité fosforečnany z důvodu komplexnosti výsledků. Ovšem nutno podotknout, že kyselé fosforečnany se v technologii zpracování masa příliš nepoužívají.

Výsledky ukázaly, že zásadité fosforečnany mají mnohem lepší vliv na vznik gelové matrice, než kyselé fosforečnany. Také počet atomů fosforu v molekule měl značný vliv na vlastnosti vzniklé gelové struktury. Fosforečnany, které měly ve své struktuře dva nebo tři atomy fosforu, poskytovaly pevnější gely než fosforečnany s jedním atomem fosforu. Ovšem na druhou stranu polyfosforečnany s vyšším počtem atomů fosforu v molekule (5 a více) poskytovaly slabší gely. Lepší vliv na pevnost gelu měly také sodné fosforečnany než draselné.

V závěru lze tedy říci, že k výrobě masných výrobků, za účelem zvýšení kapacity zadržované vody jsou mnohem výhodnější sodné fosforečnany zvyšující pH s větším počtem atomů fosforu v molekule, konkrétně se jedná o di- a trifosforečnany. U fosforečnanů s vyšším počtem atomů fosforu (4 a více) účinnost klesá.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TOLDRÁ, Fidel. *Handbook of meat processing*. Wiley-Blackwell. ISBN 978-081-3821-825.
- [2] VARNAM, A a Jane P SUTHERLAND. *Meat and meat products: technology, chemistry, and microbiology*. 1st ed. New York: Chapman, 1995. ISBN 04-124-9560-0.
- [3] REECE, William O. a [přeložili Jiří Cibulka ... et]. AL]. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. 1. české vyd. Praha, 2011. ISBN 80-247-3282-3.
- [4] Kolektiv autorů. 3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY. *Histologie pro bakalářské studium* [online]. [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://www.lf3.cuni.cz/cs/pracoviste/histologie/vyuka/studijni-materialy/histologie-pro-fyzioterapeuty.pdf>
- [5] ČERNÝ, Hugo. *Studijní opora do Anatomie a fyziologie: Stavba a funkce svalu* [online]. [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: boss.ped.muni.cz/vyuka/material/magi/chemie/Svaly.pdf
- [6] SUN, Xiang Dong a Richard A. HOLLEY. Factors Influencing Gel Formation by Myofibrillar Proteins in Muscle Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2011, vol. 10, issue 1, s. 33-51. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00137.x.
- [7] Kolektiv autorů. 3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY. *Funkce buněk a lidského těla: Svalová kontrakce* [online]. [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://fb.lt.cz/skripta/iv-pohybova-soustava/6-svalova-kontrakce/>
- [8] TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*. 2005, vol. 70, issue 3, s. 493-508. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.11.021. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174005000434>
- [9] Výukový materiál: Pohybová soustava. GYMNÁZIUM MILADY HORÁKOVÉ. [online]. [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://www.gymh.cz/vyuka/biologie/biologie.htm>
- [10] KLOUDA, Pavel. *Základy biochemie*. 2. přeprac. vyd. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 2005, 144 s. ISBN 80-863-6911-0.

- [11] BERNACIKOVÁ, Martina, Stanislav BERNACIK a Jan NOVOTNÝ. *Fyziologie* [online]. první vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2012 [cit. 2014-04-13]. ISBN 978-80-210-5841-5. Dostupné z: www.fsps.muni.cz/~tvodicka/data/reader/book-3/04.html
- [12] PIPEK, Petr. *Základy technologie masa*. 1.ed. VVŠPV Vyškov 1998, 104 s. ISBN 80-7231-010-0
- [13] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin I*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 328 s. ISBN 80-902-3912-9.
- [14] STRAKA, Ivan. *Chemické vyšetření masa: (klasické laboratorní metody)*. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 2006, 328 s. ISBN 80-866-5909-7.
- [15] LÜLLMANN-RAUCH, Renate. *Histologie*. 1. české vyd. Překlad Radomír Čihák. Praha: Grada, 2012, xx, 556 s. ISBN 978-802-4737-294.
- [16] ZAYAS, Joseph F. *Functionality of proteins in food*. New York: Springer, c1997, x, 373 p. ISBN 35-406-0252-6.
- [17] LAGARES, Josep. Manufacturing process for whole muscle cooked meat products V: Cooking. In: [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://en.metalquimia.com/articles/technological-documents/manufacturing-process-for-whole-muscle-cooked-meat-products-v-cooking/>
- [18] SUN, Xiang Dong a Richard A. HOLLEY. Factors Influencing Gel Formation by Myofibrillar Proteins in Muscle Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2011, vol. 10, issue 1, s. 33-51 [cit. 2014-04-21]. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00137.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2010.00137.x>
- [19] XARGAYÓ, Marta. Manufacturing process for whole muscle cooked meat products III: Massage. In: [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://en.metalquimia.com/articles/technological-documents/manufacturing-process-for-whole-muscle-cooked-meat-products-iii-massage/>
- [20] WICHTERLE, Kamil. FAKULTA METALURGIE A MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ. *Chemická technologie: Fosfor* [online]. VŠB - Technická univerzita v Ostravě, 2009 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: homen.vsb.cz/~wih15/Technologie/Chem_Tech.pdf

- [21] RICHTER, Miroslav. *Chemie a technologie sloučenin fosforu: Výroba kyseliny fosforečné* [online]. Ústí n.L., 2007 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/.../Chemie_a_tehnologie_sloucenin_fosforu.pdf
- [22] KAMENÍČEK, Jiří. *Anorganická chemie*. 4. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2387-6.
- [23] MOLINS, Ricardo A. *Phosphates in food*. Boca Raton. ISBN 08-493-4588-X.
- [24] Ammonium phosphate. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ammonium_phosphate.png
- [25] Uživatelská příručka SYNTRONY: Komplexotvorné přípravky. LUČEBNÍ ZÁVODY DRASLOVKA A.S. KOLÍN. [online]. Kolín, 2003 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: www.draslovka.cz/data/File/SYNTRONBUP.pdf
- [26] Chelatace. In: *VELKÝ LÉKAŘSKÝ SLOVNÍK* [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/chelatace>
- [27] Vyhláška č. 326 Ministerstva zemědělství ze dne 30. srpna 2001, kterou se provádí § 18 písm. a), d), 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
- [28] BABIČKA, Luboš. PRŮVODCE SVĚTEM POTRAVIN: Rady spotřebitelům, na co si dát pozor při nakupování a manipulaci s potravinami. In: *Resortní portál Ministerstva zemědělství* [online]. 2012 [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: eagri.cz/public/web/file/212408/Pruvodce_svetem_potravin_web.pdf
- [29] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu
- [30] KATINA, Jan. *Označování masných výrobků*. 1. vyd. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, c2010, 8 s. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-904633-0-1.
- [31] vyhlášky 4/2008 Sb. ze dne 3. ledna 2008, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin

- [32] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 342 s. ISBN 80-902-3912-9
- [33] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1129/2011 ze dne 11. listopadu 2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 vytvořením seznamu potravinářských přídatných látek Unie
- [34] VRBOVÁ, Tereza. *Víme, co jíme?: aneb: průvodce "Éčky" v potravinách*. EcoHouse. ISBN 80-238-7504-3.
- [35] Směrnice Komise 2002/82/ES ze dne 15. října 2002, kterou se mění směrnice 96/77/ES, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu potravinářských přídatných látek jiných než barviva a sladidla.
- [36] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 304 s. ISBN 80-902-3912-9.
- [37] RACIOLA Uherský Brod, s.r.o. [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://www.raciola.cz>
- [38] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- [39] FREIXANET, Llorenç. Additives and ingredients in the manufacture of whole muscle cooked meat products. In: en.metalquimia.com [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://en.metalquimia.com/articles/technological-documents/additives-and-ingredients-in-the-manufacture-of-whole-muscle-cooked-meat-products/>
- [40] PIPEK, Petr, Josef BRYCHTA, Michaela PETROVÁ, Anna ŠIMONIOVÁ a Bo-Anne ROHLÍK. *Jak rozlišit zmrazené/rozmrazené maso od čerstvého*. Praha, 2010. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- [41] Konzervace a balení potravin, distanční text, cepac 2007
- [42] KAMENÍK, Josef. ÚSTAV HYGIENY A TECHNOLOGIE MASA. *Hygiena a technologie masa: Trvanlivé masné výrobky* [online]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2012 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Kamenik-skripta-web.pdf

[43] KLOFÁČ, Jiří. *Studie bobtnání a uvolňování vybraného polymerního materiálu pro řízené uvolňování látek v medicíně: Charakterizace gelu: Studie visko-elastických vlastností*. Zlín, 2013 [cit. 2014-04-22]. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Pavel Bažant.

[44] Měření reologických vlastností hyaluronanu. *Chempoint: Vědci pro průmysl a praxi* [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/mereni-reologicky-ch-vlastnosti-hyaluronanu>

[45] *Viskoelasticita materiálů* [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_06.pdf. Studijní materiál. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

[46] *Fyzikální vlastnosti potravin: Viskoelasticita* [online]. Praha [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: tresen.vscht.cz/tmt/ESO/FVP/pFVP04print.pdf. Studijní materiál. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

[47] *Měření tokových vlastností: rotační reometry* [online]. Zlín [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_pol/FP_05.pdf. Studijní materiál. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

[48] http://www.rheologysolutions.com/wp-content/uploads/2011/05/ts_rheostress1.jpg

[49] PATRASCU, Livia, Florin CERCEL a Petru ALEXE. Influence of the extraction method on the rheological properties of myofibrillar proteins from different sources. [online]. 2009 [cit. 2014-04-22].

[50] XIONG, Youling L. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. *Food Research International*. 2005, vol. 38, issue 3, s. 281-287. DOI: 10.1016/j.foodres.2004.03.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996904002479>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PE Polyetylen

NPM Nejvyšší povolené množství

WHC Kapacita vázané vody (z angl. Water Holding Capacity)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Podélný řez svalem	13
Obrázek 2 Příčný řez svalovým vláknem	13
Obrázek 3 Konformační změny aktinového vlákna po navázání vápníku	14
Obrázek 4 Přísun Ca^{2+} iontů k myofibrilám	15
Obrázek 5 Cyklus kontrakce a relaxace svalového vlákna	15
Obrázek 6 Odštěpení P_i a uvolnění energie	16
Obrázek 7 Produkce ATP ve svalu	18
Obrázek 8 Průběh změny struktury během tepelného opracování	23
Obrázek 9 Tvorba gelové sítě myosinem.....	23
Obrázek 10 Průběh změn myofibrilárních bílkovin v průběhu masírování	26
Obrázek 11 Princip tumbleru a třecí masírky	26
Obrázek 12 Fosforečnanový aniont	28
Obrázek 13 Průběh vzniku polyfosforečnanů	28
Obrázek 14 Hydrolytické štěpení lineárních polyfosforečnanů I.....	29
Obrázek 15 Hydrolytické štěpení lineárních polyfosforečnanů II.....	30
Obrázek 16 Chelátové prstence	32
Obrázek 17 Schematické znázornění rotačního reometru s geometrií deska - deska	46

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Síla gelu myofibril izolovaných z <i>pre-</i> a <i>post-rigor</i> kuřecí svaloviny	25
Graf 2 Průběh změn viskoelastického chování - modelový graf	48
Graf 3 Průběh změn viskoelastického chování - kontrolní vzorek	50
Graf 4 Průběh změn viskoelastického chování - hydrogenfosforečnan sodný (50 %).....	51
Graf 5 Průběh změn viskoelastického chování - hydrogenfosforečnan sodný (25 %).....	51
Graf 6 Průběh změn viskoelastického chování - dihydrogenfosforečnan sodný (50 %).....	53
Graf 7 Průběh změn viskoelastického chování - dihydrogenfosforečnan sodný (25 %).....	53
Graf 8 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (50 %).....	54
Graf 9 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (25 %).....	55
Graf 10 Průběh změn viskoelastického chování - trifosforečnan sodný (50 %)	56
Graf 11 Průběh změn viskoelastického chování - trifosforečnan sodný (25 %)	56
Graf 12 Průběh změn viskoelastického chování - polyfosforečnan sodný (50 %).....	57
Graf 13 Průběh změn viskoelastického chování - polyfosforečnan sodný (25 %).....	58
Graf 14 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (50 %).....	58
Graf 15 Průběh změn viskoelastického chování - difosforečnan sodný (25 %).....	59

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Faktory ovlivňující tvorbu gelu	24
Tabulka 2 Definice spojené s kuřecím masem	33
Tabulka 3 Požadavky na složení a smyslové požadavky na šunky.....	34
Tabulka 4 Limity Fosforečnanů	35
Tabulka 5 Výčet použitých fosforečnanů	42

SEZNAM PŘÍLOH

Tabulka naměřených výsledků

Grafy naměřených výsledků

PŘÍLOHA P I: TABULKA NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ

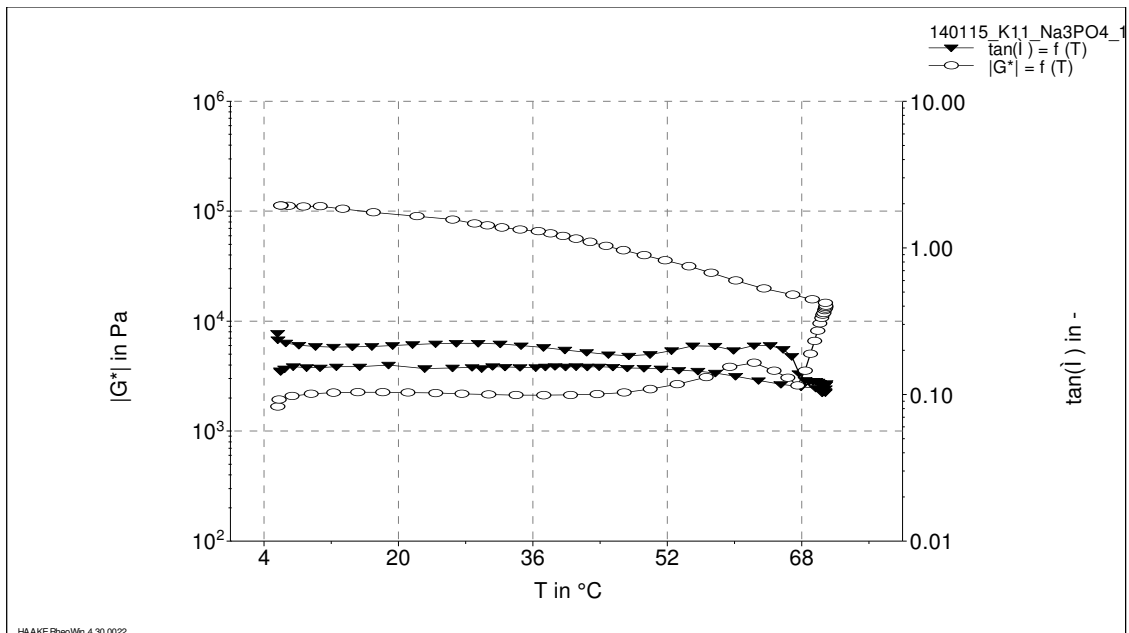
vzorek	*pH ₁	** pH ₂	S.D.
K1 S1			
NaH ₂ PO ₄ (25 %)	5,68	5,88	0,10
K1 S2			
NaH ₂ PO ₄ (25 %)	5,76	5,98	0,11
K6 S1			
Na ₂ HPO ₄ (25 %)	6,06	6,00	0,03
K6 S2			
Na ₂ HPO ₄ (25 %)	6,02	5,99	0,01
K8 S1			
Na ₂ HPO ₄ (50 %)	6,15	6,00	0,07
K8 S2			
Na ₂ HPO ₄ (50 %)	6,20	6,00	0,10
K11 S1			
Na ₃ PO ₄ (25 %)	6,05	6,00	0,02
K11 S2			
Na ₃ PO ₄ (25 %)	6,05	6,10	0,02
K12 S1			
Na ₃ PO ₄ (50 %)	6,60	6,00	0,30
K12 S2			
Na ₃ PO ₄ (50 %)	6,70	6,00	0,35
K14 S1			
Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇ (25 %)	5,72	6,05	0,16
K14 S2			
Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇ (25 %)	5,75	6,00	0,12
K15 S1			
Na ₄ P ₂ O ₇ (25 %)	6,11	6,08	0,01
K15 S2			
Na ₄ P ₂ O ₇ (25 %)	6,10	6,05	0,02
K17 S1			
Na ₄ P ₂ O ₇ (50 %)	6,25	6,01	0,12
K17 S2			
Na ₄ P ₂ O ₇ (50 %)	5,54	5,85	0,15
K20 S1			
Na ₅ P ₃ O ₁₀ (25 %)	5,97	6,01	0,02
K20 S2			
Na ₅ P ₃ O ₁₀ (25 %)	5,97	5,94	0,01
K22 S1			
Na ₅ P ₃ O ₁₀ (50 %)	6,08	5,94	0,07
K22 S2			
Na ₅ P ₃ O ₁₀ (50 %)	6,05	6,06	0,05
K31 S1			
K ₃ PO ₄ (25 %)	5,82	5,67	0,07
K31 S2			
K ₃ PO ₄ (25 %)	5,82	5,96	0,07
K33 S1			
	5,80	5,92	0,06

K ₄ P ₂ O ₇ (25 %)			
K33 S2			
K ₄ P ₂ O ₇ (25 %)	5,90	5,67	0,11
K35 S1			
K ₃ PO ₄ (50 %)	6,25	6,12	0,06
K35 S2			
K ₃ PO ₄ (50 %)	6,26	5,96	0,15
K38 S1			
K ₄ P ₂ O ₇ (50 %)	6,24	6,20	0,02
K38 S2			
K ₄ P ₂ O ₇ (50 %)	6,32	6,25	0,03
K40 S1			
K ₅ P ₃ O ₁₀ (25 %)	6,18	6,16	0,01
K40 S2			
K ₅ P ₃ O ₁₀ (25 %)	6,25	6,06	0,09
K42 S1			
K ₅ P ₃ O ₁₀ (50 %)	6,45	6,02	0,21
K42 S2			
K ₅ P ₃ O ₁₀ (50 %)	6,10	6,25	0,07
K44 S1			
K ₂ HPO ₄ (25 %)	6,40	6,14	0,13
K44 S2			
K ₂ HPO ₄ (25 %)	6,16	6,24	0,04
K46 S2			
K ₂ HPO ₄ (50 %)	6,14	6,28	0,07
K47 S1			
KH ₂ PO ₄ (25 %)	5,98	6,07	0,04
K47 S2			
KH ₂ PO ₄ (25 %)	5,94	6,11	0,08
K49 S1			
KH ₂ PO ₄ (50 %)	5,50	5,92	0,21
K49 S2			
KH ₂ PO ₄ (50 %)	5,79	6,05	0,13
K52 S1			
NaH ₂ PO ₄ (50 %)	5,90	6,15	0,12
K52 S2			
NaH ₂ PO ₄ (50 %)	5,90	6,15	0,12
K56 S1			
Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇ (50 %)	5,70	6,06	0,18
K56 S2			
Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇ (50 %)	5,66	5,94	0,14

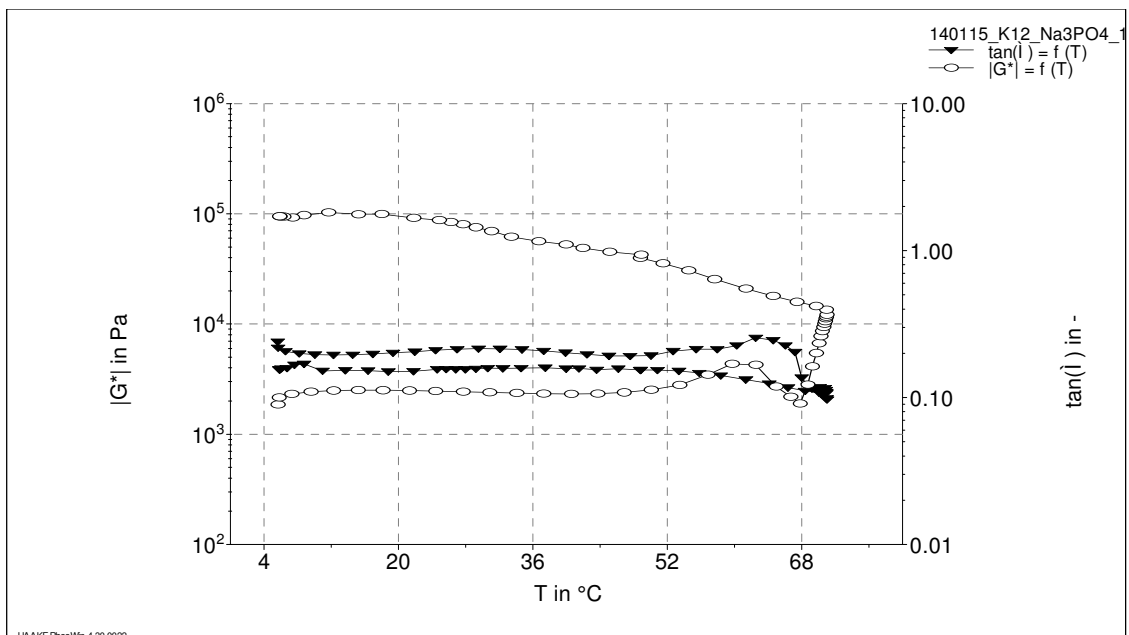
* pH₁ ...pH naměřené po rozmrazení suroviny

** pH₂ ...pH naměřené po masírování

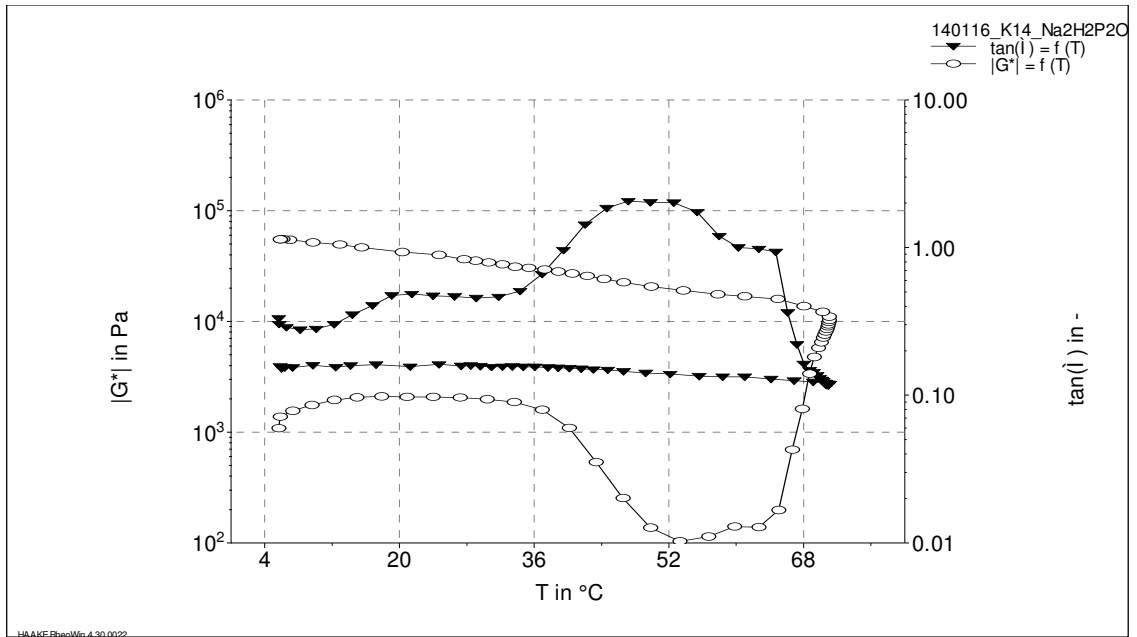
PŘÍLOHA P II: REOGRAM 1 – Na_3PO_4 (25 %)



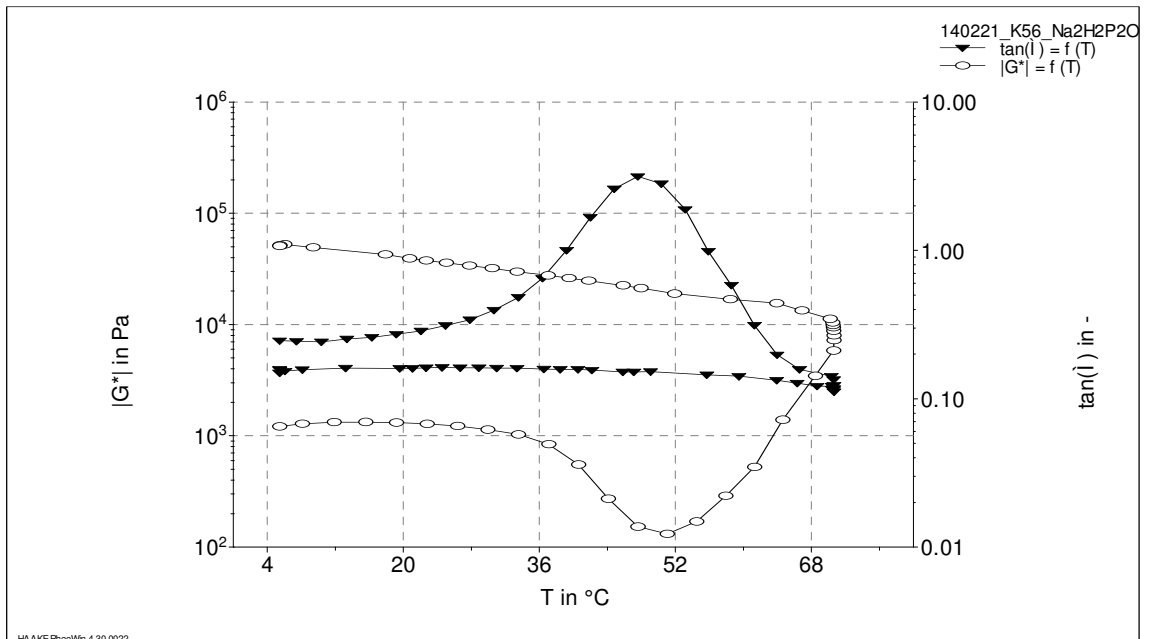
REOGRAM 2 – Na_3PO_4 (50 %)



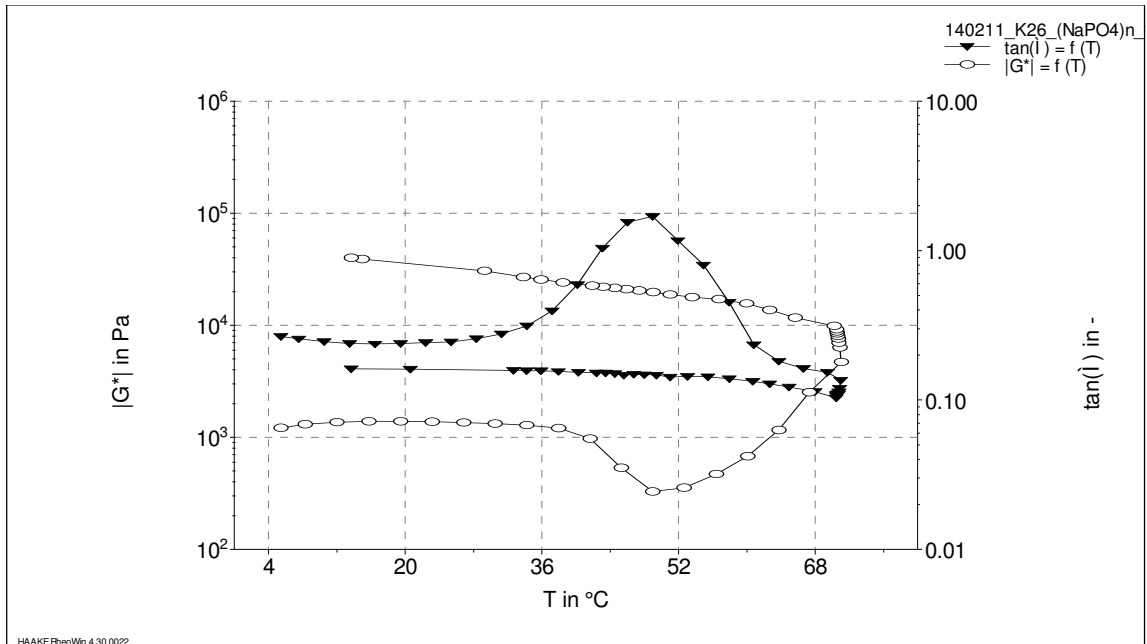
REOGRAM 3 – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (25 %)



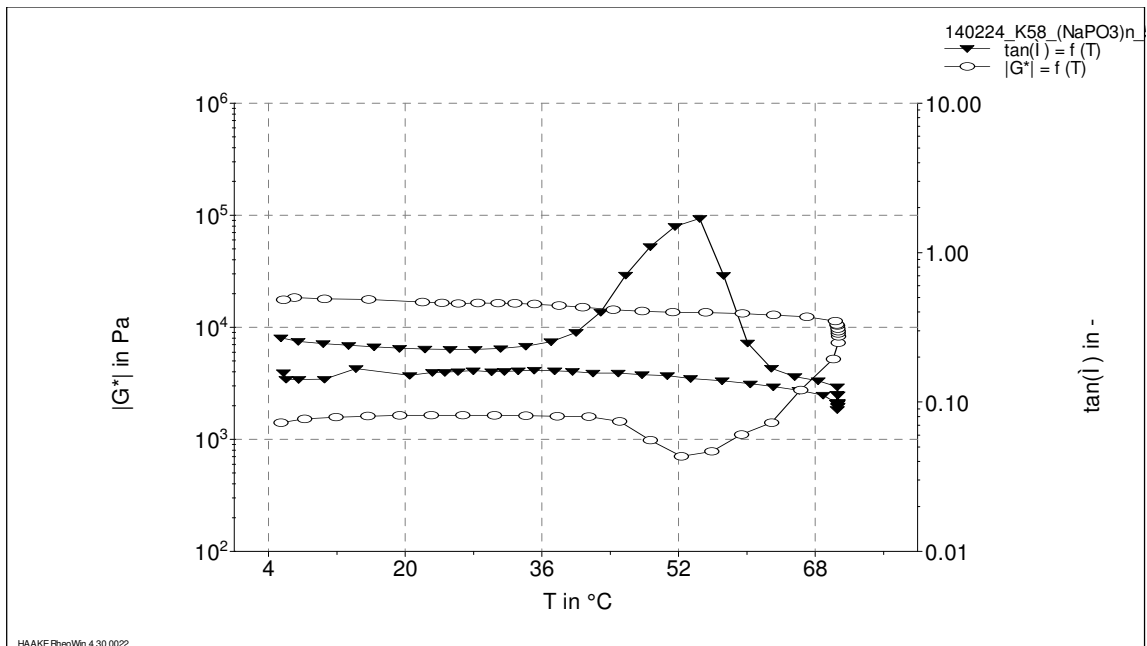
REOGRAM 4 – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (50 %)



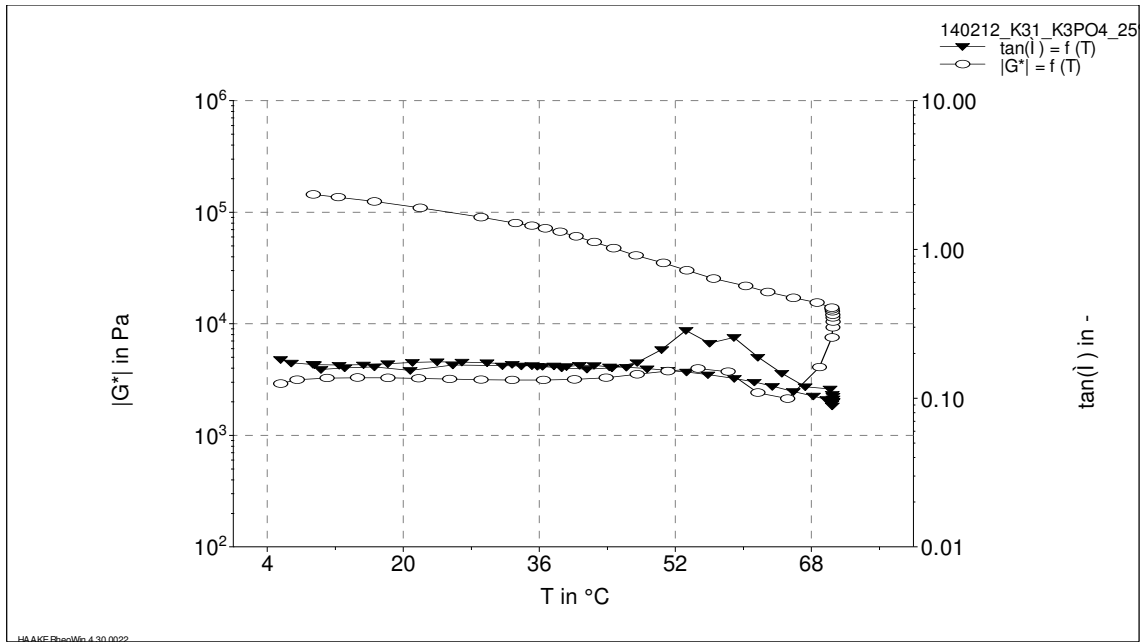
REOGRAM 5 – (Na₃PO₄)₂₀ (25 %)



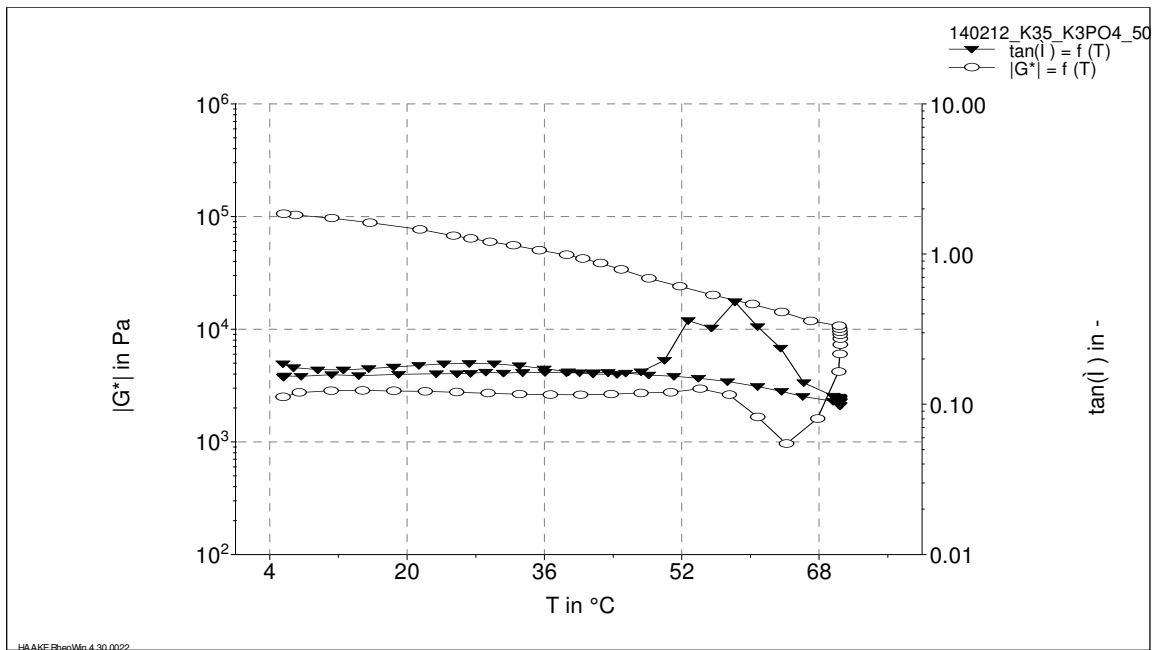
REOGRAM 6 – (Na₃PO₄)₂₀ (50 %)



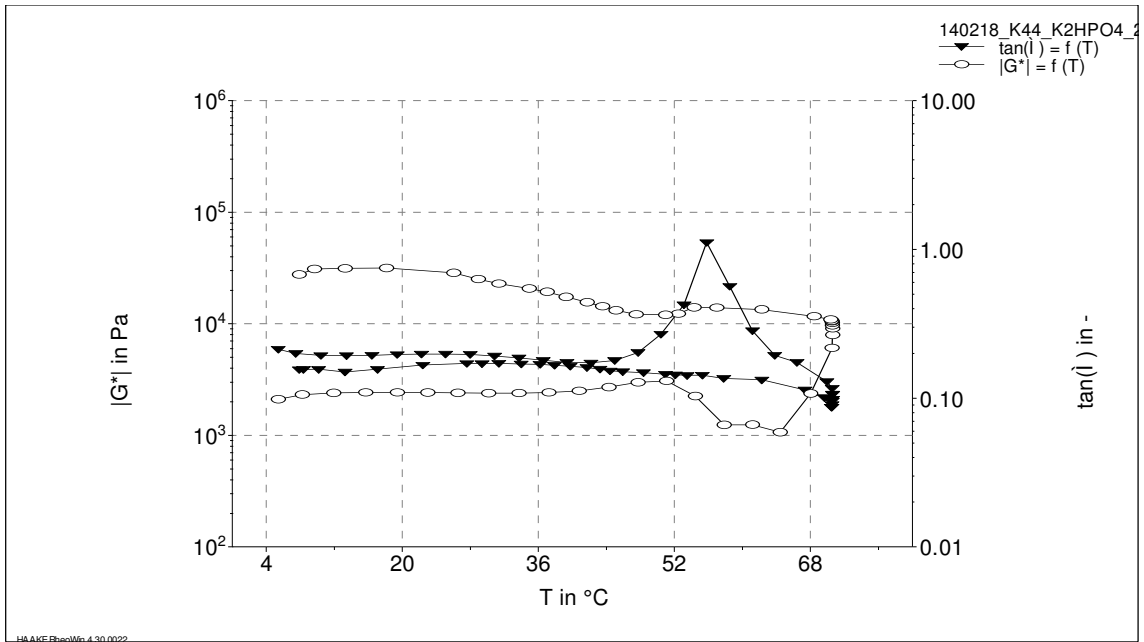
REOGRAM 7 – K₃PO₄ (25 %)



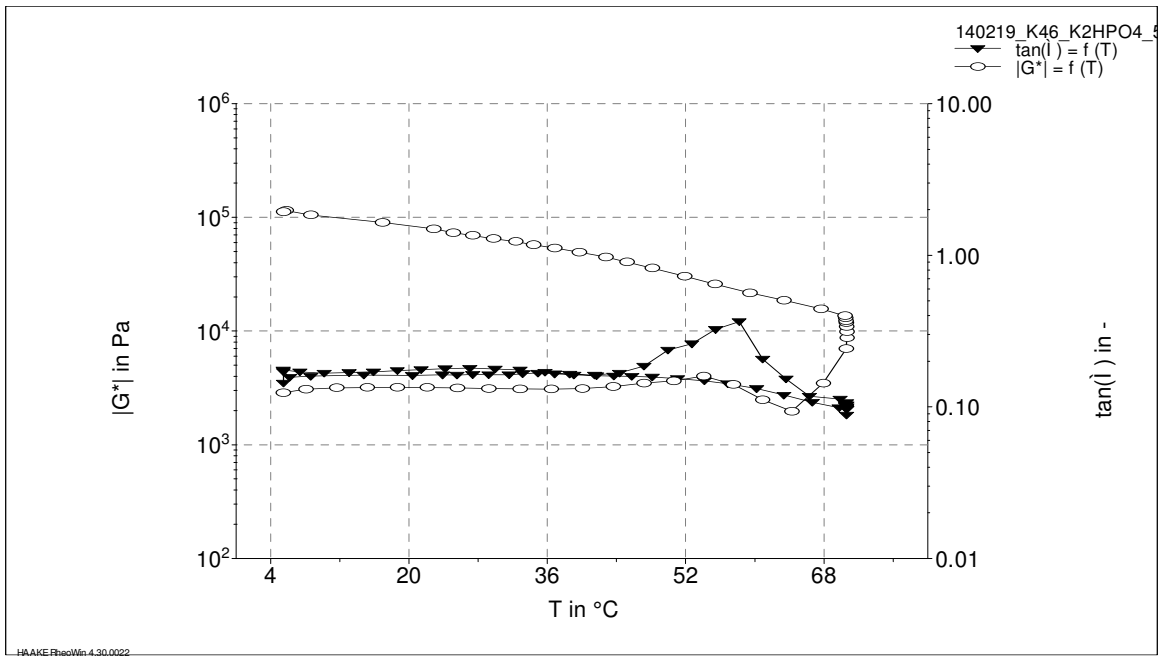
REOGRAM 8 – K₃PO₄ (50 %)



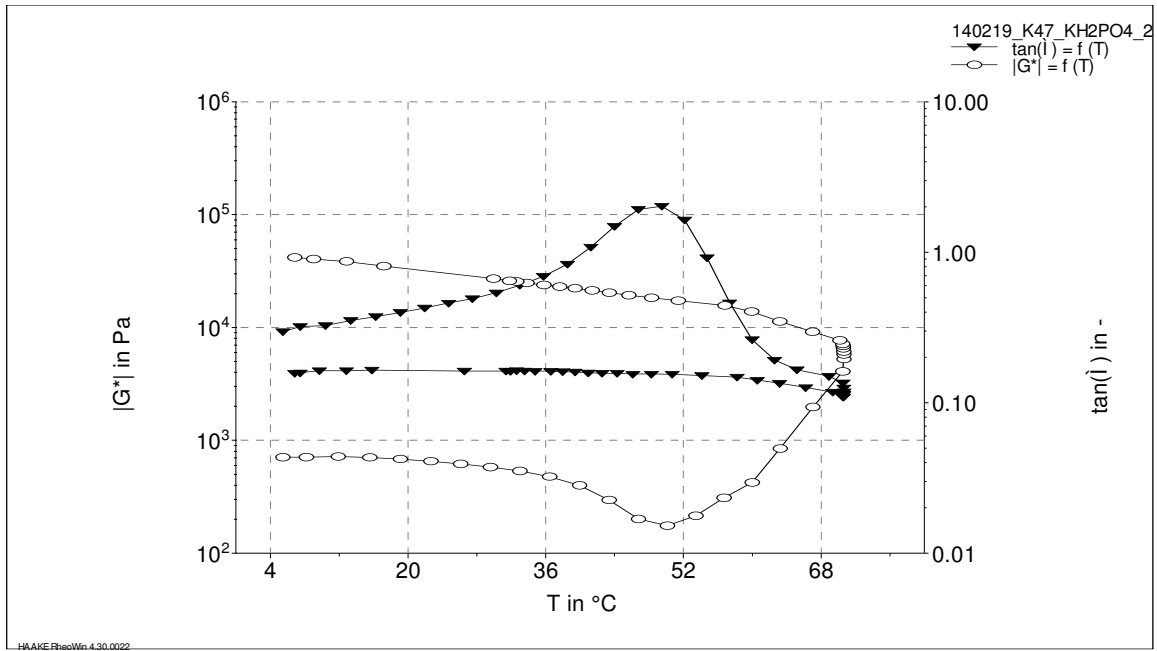
REOGRAM 9 – K₂HPO₄ (25 %)



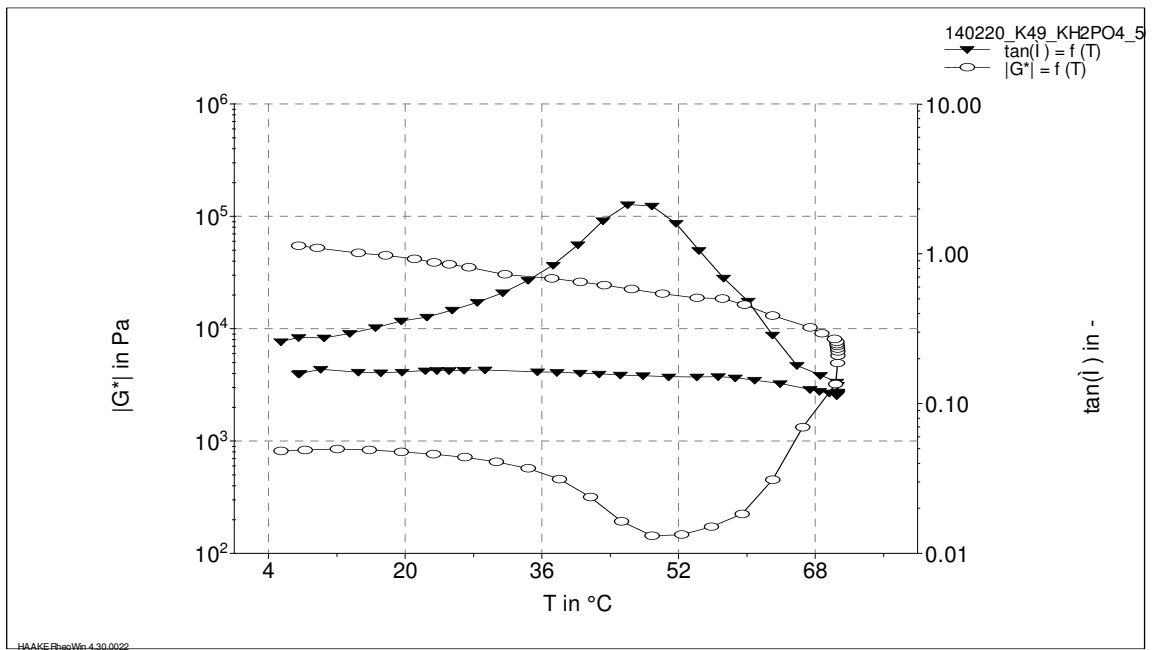
REOGRAM 10 – K₂HPO₄ (50 %)



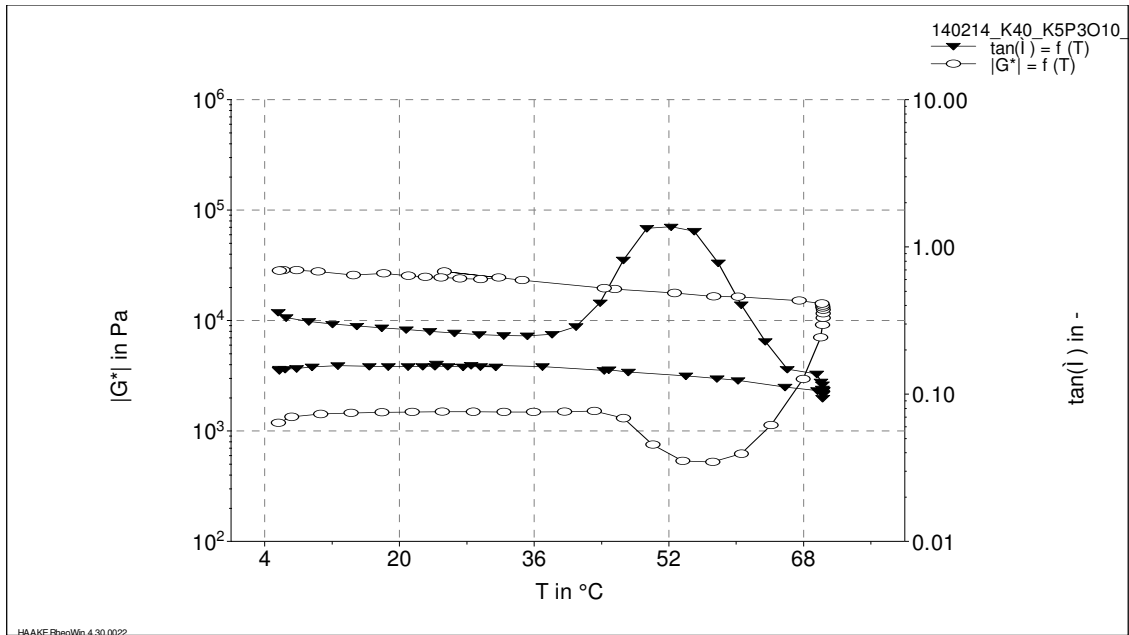
REOGRAM 11 – KH₂PO₄ (25 %)



REOGRAM 12 – KH₂PO₄ (50 %)



REOGRAM 13 – $K_5P_3O_{10}$ (25 %)



REOGRAM 14 – $K_5P_3O_{10}$ (50 %)

