

# **Vliv fosforečnanových solí na reologické vlastnosti modelového vepřového masného výrobku v průběhu tepelného opracování**

Bc. Nikola Koníčková

---

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 Koníčková**  
Osobní číslo: **T12826**  
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 vepřového masného výrobku v průběhu tepelného opracování**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakteristika vepřového masa a jeho zpracování.
2. Popis viskoelastických vlastností a způsoby měření.
3. Definice fosforečnanů a jejich vliv na bílkovinné emulze.

### II. Praktická část

1. Výroba disperze, která se svým složením blíží k masným výrobkům.
2. Pozorování změny viskoelastických vlastností homogenizované svaloviny v průběhu tepelného opracování .
3. Vyhodnocení výsledků a formulace závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] STEINHAUSER, Ladislav. Hygiena a technologie masa. 1. vyd. Brno: LAST, 1995, 643 s. ISBN 80-900260-4-4.

[2] PIPEK, Petr. Technologie masa. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991, 174 s.

[3] MOLINS, Ricardo A. Phosphates in food. Boca Raton, Florida, CRC Press, 1991.

[4] LINDSAY R.C. Food Additives. In: FENNEMA O.R., editor. Food Chemistry. New York: Marcel Dekker. 1996.

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

Vedoucí diplomové práce:

**MVDr. Zdeněk Polášek**

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

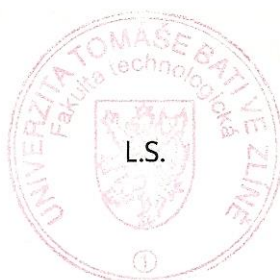
**10. ledna 2014**

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: NIKOLA KONIČKOVÁ

Obor: THE VP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 28. 4. 2014



---

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

(1) Vysoká škola nevydělčně 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.

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce byla zaměřena na použití fosforečných solí v masných výrobcích a sledování vlivu těchto solí na viskoelastické vlastnosti vepřové svaloviny. Ke stanovení bylo použito vepřové maso – vepřová kýta (*musculus semimembranosus*), které pocházelo z Jatek Holešov. V praktické části jsme se zaměřili na přípravu modelových výrobků, do kterých byly aplikovány fosforečné soli (sodné a draselné). Vliv těchto solí na reologické vlastnosti vepřové svaloviny byl sledován reometricky.

Klíčová slova:

fosforečnany, vepřová svalovina, pH, vaznost

## **ABSTRACT**

The master thesis was focused on using phosphoric salts in fatty products. I did use for determination pork meat - pork ham from Jatek Holesov. In practical part, we focused on preparation of prototypes into which we applied phosphoric salts (sodium phosphate and potassium phosphate). Impact of these salts on rheological characteristics of pork musculature was studied rheometry.

Keywords:

phosphates, pork muscle, pH, water holding capacity

Ráda bych poděkovala MVDr. Zdeňku Poláškově za odborné vedení v průběhu celé diplomové práce a za seznámení s praktickou částí výzkumu. Děkuji za cenné rady a připomínky.

Také bych chtěla poděkovat Ing. Ludmile Zálešákové za její pomoc při zpracování vzorků.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA MASA</b> .....	<b>13</b>
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MASA .....	13
1.1.1 Bílkoviny.....	13
1.1.2 Lipidy.....	14
1.1.3 Extraktivní látky .....	16
1.1.3.1 Sacharidy.....	16
1.1.3.2 Organické fosfáty .....	17
1.1.3.3 Dusíkaté extraktivní látky .....	17
1.1.4 Minerální látky .....	17
1.1.5 Vitaminy .....	17
1.1.6 Voda.....	18
1.2 SVALOVÁ KONTRAKCE, POSMRTNÉ ZMĚNY V MASE .....	19
1.2.1 Svalové kontrakce .....	19
1.2.2 Posmrtné změny svaloviny .....	20
1.3 TECHNOLOGICKÉ VLASTNOSTI MASA .....	21
1.3.1 Barva masa .....	21
1.3.2 Vaznost .....	22
1.3.3 Chutnost .....	23
1.3.4 Textura .....	24
<b>2 MASNÉ VÝROBKY</b> .....	<b>25</b>
2.1 PORÁŽENÍ A JATEČNÉ OPRACOVÁNÍ MASA .....	25
2.1.1 Přisun zvířat k omračování .....	25
2.1.2 Omračování .....	25
2.1.3 Vykrvování.....	26
2.1.4 Vnější a vnitřní opracování .....	26
2.1.5 Konečná úprava jatečně opracovaných těl.....	27
2.2 BOURÁNÍ MASA.....	27
2.2.1 Bourání vepřového masa na výsek .....	27
2.2.2 Bourání masa pro výrobní účely .....	27
2.3 VÝROBA MASNÝCH VÝROBKŮ.....	28
2.3.1 Struktura masných výrobků .....	30
2.3.2 Příprava díla .....	30
2.3.3 Mělnění a míchání díla .....	31
2.3.4 Narážení díla .....	32
2.3.5 Uzení.....	32
2.3.6 Tepelné opracování.....	33
2.3.7 Sušení.....	34
2.3.8 Solení .....	34
2.3.8.1 Solící směsi .....	35
<b>3 FOSFOREČNANY</b> .....	<b>37</b>



3.1	FOSFOREČNANY V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	38
3.2	CHARAKTERISTIKA FOSFOREČNANŮ.....	39
3.3	VÝROBA FOSFOREČNANŮ .....	39
3.4	ROZDĚLENÍ FOSFOREČNANŮ VYUŽÍVANÝCH V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	40
3.4.1	Fosforečnany sodné .....	40
3.4.1.1	Dihydrogenfosforečnan sodný - $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .....	40
3.4.1.2	Hydrogenfosforečnan sodný – $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .....	41
3.4.1.3	Fosforečnan sodný – $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .....	41
3.4.1.4	Dihydrogendifosforečnan sodný – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , difosforečnan sodný - $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 41	41
3.4.1.5	Trifosforečnan sodný – $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ .....	41
3.4.1.6	Sodná sůl polyfosforečnanu se střední délkou řetězce $n=5$ (HEXA 62) 41	41
3.4.2	Fosforečnany draselné .....	42
3.4.2.1	Dihydrogenfosforečnan draselný – $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .....	42
3.4.2.2	Hydrogenfosforečnan draselný – $\text{K}_2\text{HPO}_4$ .....	42
3.4.2.3	Fosforečnan draselný – $\text{K}_3\text{PO}_4$ .....	42
3.4.2.4	Difosforečnan draselný – $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .....	42
3.4.2.5	Trifosforečnan draselný – $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ .....	43
3.5	VLASTNOSTI FOSFOREČNANŮ .....	43
3.5.1	Vaznost vody.....	43
3.5.2	pH .....	44
<b>4</b>	<b>REOLOGIE.....</b>	<b>45</b>
4.1	REOLOGIE .....	45
	Látky elastické .....	45
	Látky viskózní.....	45
	Látky viskoelastické .....	46
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>CÍL PRÁCE.....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>PŘÍSTROJE, ZAŘÍZENÍ A POMŮCKY.....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA.....</b>	<b>50</b>
7.1	PŘÍPRAVA VZORKU.....	50
7.1.1	Standardizace suroviny .....	50
7.1.2	Výroba modelového vzorku.....	50
7.1.3	Homogenizace vzorku .....	54
7.2	REOMETRICKÉ MĚŘENÍ .....	56
7.2.1	HAAKE Rheo Stress 1 .....	56
7.2.2	Reometrické měření.....	57
7.2.3	Vyhodnocení reometrického měření .....	57
<b>8</b>	<b>VÝSLEDKY.....</b>	<b>58</b>
8.1	VYHODNOCENÍ REOGRAMU.....	58
8.2	KONTROLNÍ VZOREK .....	60
8.3	ZÁSADITÉ FOSFOREČNANY .....	61
8.3.1	Fosforečnan sodný ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )– 25% .....	61
8.3.2	Fosforečnan sodný ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )– 50% .....	62
8.3.3	Hydrogenfosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) – 25% .....	63
8.3.4	Hydrogenfosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) – 50% .....	63
8.3.5	Difosforečnan sodný ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 25% .....	64

8.3.6	Difosforečnan sodný ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 50% .....	65
8.3.7	Trifosforečnan sodný ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) – 25% .....	66
8.3.8	Trifosforečnan sodný ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) – 50% .....	66
8.3.9	Fosforečnan draselný ( $\text{K}_3\text{PO}_4$ ) – 25% .....	67
8.3.10	Fosforečnan draselný ( $\text{K}_3\text{PO}_4$ ) – 50% .....	68
8.3.11	Hydrogenfosforečnan draselný ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) – 25% .....	69
8.3.12	Hydrogenfosforečnan draselný ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) – 50% .....	69
8.3.13	Difosforečnan draselný ( $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 25% .....	70
8.3.14	Difosforečnan draselný ( $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 50% .....	71
8.3.15	Trifosforečnan draselný ( $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) – 25% .....	71
8.3.16	Trifosforečnan draselný ( $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) – 50% .....	72
8.4	KYSELÉ FOSFOREČNANY.....	72
8.4.1	Dihydrogendifosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 25% .....	73
8.4.2	Dihydrogendifosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 50% .....	73
8.5	SODNÉ SOLI POLYFOSFOREČNANU.....	74
8.5.1	HEXA 62 ( n=5) - 25% .....	74
8.5.2	HEXA 62 ( n=5) - 50% .....	75
8.6	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	76
<b>9</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>78</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>82</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>89</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>91</b>

## ÚVOD

Maso a masné výrobky patří k nejdůležitějším složkám výživy člověka. Pod pojmem „masný výrobek“ se rozumí technologicky opracovaný výrobek obsahující jako převažující základní surovinu maso, o jehož použitelnosti bylo rozhodnuto orgány státní veterinární správy.

Do masných výrobků se přidávají látky, které prodlužují trvanlivost, zvýrazňují barvu, regulují kyselost, zahušťují nebo látky dodávající sladkou chuť. Všechny tyto látky se řadí mezi aditivní látky. Patří sem i fosforečnany, které v potravinách slouží jako pufrы, emulgátory, maskovací činidla, srážedla apod.

Fosforečnany plní v masných výrobcích několik důležitých funkcí. Jsou schopny stabilizovat (pufrы) nebo měnit pH suroviny, zvyšují schopnost zadržovat vodu, čímž se sníží ztráty během vaření. Také zlepšují senzorické vlastnosti a strukturu výrobku.

Použití fosforečnanů je regulováno vyhláškou a to tak, aby příjem nepřesáhl nejvyšší povolené množství (udává se jako  $P_2O_5$ ). V masném průmyslu se využívají alkalické fosforečnany, které zvyšují vaznost vody a tím zlepšují texturní a senzorické vlastnosti.

Cílem této práce bylo zjistit, jaký vliv mají různé fosforečné soli na viskoelastické vlastnosti vepřové svaloviny. Dále jsme se zaměřili na sledování změn těchto vlastností v průběhu změny teplot. V rámci praktické části byly nejprve vyrobeny modelové vepřové výrobky, do kterých byly aplikovány vybrané fosforečné soli. Následně byly tyto vzorky podrobeny reometrickému měření a výsledky vyhodnoceny.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CHARAKTERISTIKA MASA

Maso a masné výrobky patří k nejdůležitějším složkám výživy člověka, v níž tvoří nenahraditelný podíl jak pro své nutriční hodnoty, tak i pro spotřebitelské vlastnosti. [1] Spotřeba masa v ČR byla za rok 2011 78,6 kg/na obyvatele za rok. Z toho bylo 42,1 kg vepřového masa. [54]

Zpracování masa pro lidskou výživu se řadí mezi nejstarší výrobní odvětví a dodnes zaujímá v potravinářském průmyslu významnou pozici. [2]

Maso je oblíbenou složkou stravy, lidé jej konzumují především pro organoleptické vlastnosti, přičemž výživové aspekty jsou nezanedbatelné. Maso je z nutričního hlediska velmi cenným zdrojem plnohodnotných bílkovin, vitaminů (zejména skupiny B), nenasycených mastných kyselin a minerálních látek. [3]

### 1.1 Chemické složení masa

Chemické složení masa je obtížné jednoznačně charakterizovat. Je ovlivněno nejenom typem svaloviny, ale i řadou intravitálních faktorů a technologickým procesem výroby a zpracování. [4] Složení masa se liší podle druhu zvířete, plemene, pohlaví, věku, způsobu výživy a liší se i jednotlivé svaly u téhož jedince. Struktura a složení svaloviny (svalové tkáně) je ovlivněna způsobem zpracování, které ovlivňuje jeho biochemické, organoleptické a technologické vlastnosti. [6]

Samotná libová svalovina se skládá z vody, bílkovin, tuků, minerálních látek, vitaminů a extraktivních látek. Na rozdíl od jiných potravin obsahuje velmi málo sacharidů, které se zahrnují mezi tzv. bezdusíkaté extraktivní látky. [4]

#### 1.1.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou primární zdroj dusíku v potravě, v průměru tvoří 16% jejich hmotnosti. Dodávají organismu hmotu potřebnou k výstavbě a obnově tkání. Minimální denní potřeba plnohodnotného proteinu u dospělého člověka činí 0,5-0,6 g na 1 kg hmotnosti těla. Při nižším příjmu mohou vznikat závažné poruchy - duševního a tělesného vývoje nebo snižují funkci imunitního systému. [6]

Bílkoviny masa jsou z nutričního hlediska mezi velmi významné. Obsah ve svalovině kolísá od 12 do 22% i výše. [5] Rozdělení bílkovin v masu do jednotlivých skupin vychází z jejich rozpustnosti. Toto třídění se zároveň shoduje s tříděním podle umístění v jednotlivých svalových strukturách. Rozdílná rozpustnost bílkovin má zásadní význam pro masnou výrobu.

- Bílkoviny sarkoplazmatické – jsou rozpustné ve vodě, patří sem globulární bílkoviny - myoglobin a hemoglobin.
- Bílkoviny myofibrilární – jsou rozpustné v roztocích solí, v samotné (deionizované) vodě jsou nerozpustné. [4] Myofibrilární bílkoviny patří mezi technologicky nejvýznamnější, zejména aktin a myosin - uplatňují se při svalové kontrakci, postmrtných změnách a i při vytváření struktury masných výrobků tvorbou gelů. [5]
- Bílkoviny stromatické – se označují jako bílkoviny pojivových tkání. Za běžných podmínek nejsou rozpustné ani ve vodě, ani v solných roztocích a jsou obsaženy ve vlákních pojivových tkání. [4] Patří sem zejména kolagen, elastin a keratin. [6]

### 1.1.2 Lipidy

Lipidy se obvykle definují jako přírodní sloučeniny, obsahující esterově vázané mastné kyseliny o více než 3 atomech uhlíku v molekule. [7]

Lipidy se dělí podle své chemické struktury na následující skupiny:

- Homolipidy – jsou to estery mastných kyselin a alkoholů neobsahující žádné další složky
  - Vosky – estery vyšších mastných kyselin a jednosytných alkoholů, např. vyšších alifatických alkoholů.
  - Tuky a oleje - estery vyšších mastných kyselin a glycerolu.
  - Estery vyšších mastných kyselin a glykolů.
- Heterolipidy – jsou sloučeniny vyšších mastných kyselin obsahující vedle alkoholů i další složky, např. vázanou kyselinu fosforečnou, sírovou, různé dusíkaté deriváty aj.

- Fosfolipidy – obsahují vázané mastné kyseliny, glycerol nebo jiné alkoholy, kyselinu fosforečnou a často i další látky, např. dusíkaté deriváty,
  - Sulfáty lipidů – obsahují esterově vázanou kyselinu sírovou,
  - Sulfolipidy – obsahují vázanou kyselinu sulfanovou,
  - Lipamidy – v nich se nachází amidově vázané mastné kyseliny, a to obvykle na sfingosin.
- Komplexní lipidy – obsahují vedle kovalentně vázaných mastných kyselin i další složky vázané vedlejšími nebo fyzikálními vazbami.
    - Lipoproteiny, proteolipidy – kromě lipidového podílu je zde také bílkovinný nebo polypeptidový podíl,
    - Komplexní glykolipidy – obsahují polysacharidy vázané na lipidovou část
    - Mukolipidy – jejich součástí je sialová kyselina. [8]

Tuky jsou pro organismus energeticky výhodnější než sacharidy nebo bílkoviny. Složení tuku je charakteristické pro živočišný druh, může však být ovlivněno potravou (zejména monogastří). [2] Mezi lipidy masa vysoce převažují tuky (triacylglyceroly), a to podílem zhruba 99%. V mase jsou lipidy zastoupeny z největší části jako tuky (estery mastných kyselin a glycerolu), v menší míře jsou přítomny polární lipidy (fosfolipidy), doprovodné látky aj. [8] a pozornost zaujímá i cholesterol, což je sterol doprovázející tuky nebo barviva rozpustná v tucích – hlavně karoteny a xantofyly. [9]

Malá část tuku je uložena přímo uvnitř svaloviny (intramuskulární, vnitrosvalový) a dále tvoří tuk základ samostatné tukové tkáně. Důležitý pro chuť a křehkost masa je tuk intramuskulární, zejména jeho intercelulární podíl, který je rozložen mezi svalovými vlákny ve formě žilek a tvoří tzv. mramorování masa. [4] Na druhé straně je vyšší podíl tuku v mase hodnocen negativně pro jeho vysoký energetický obsah a převahu nasycených mastných kyselin, zejména palmitové a stearové. Z nenasycených převládá monoenoová kyselina olejová, zatímco nutričně významných polyenových mastných kyselin (linolová, linoleová, arachidonová) je obsaženo poměrně málo. [9]

### 1.1.3 Extraktivní látky

Název této skupiny látek je odvozen od extrahovatelnosti vodou. Pro stanovení těchto látek se využívá voda o teplotě 80°C. [6] Obsah těchto látek v mase je poměrně malý a je ovlivňován věkem zvířete. Jsou součástí enzymů, mají však i jiné specifické funkce v metabolismu. Co se chemického složení týká, jedná se o nesourodou skupinu složek důležitých pro vytvoření typické chuti a aroma masa. Tyto látky vznikají zejména v průběhu posmrtných změn. Aby došlo k těmto přeměnám v dostatečné míře a vytvořila se tak plná chutnost masa, je potřeba maso nechat zrát dostatečně dlouho. [8]

#### 1.1.3.1 Sacharidy

V živočišných tkáních jsou sacharidy, na rozdíl od rostlinných pletiv, obsaženy v malém množství. Mají však význam jak z hlediska strukturálního, tak i z hlediska metabolických funkcí in vivo i post mortem. V mase je zastoupen především glykogen, dále pak produkty jeho odbourávání, dextriny, maltosa, glukosa a všechny meziprodukty aerobní a anaerobní glykolýzy a dále také ribosa z nukleotidů. [49]

Sacharidy se dělí podle počtu vázaných jednoduchých cukrů na následující skupiny:

- A. MONOSACHARIDY jsou složeny jen z jedné cukerné jednotky a dělí se podle počtu uhlíků v řetězci na *triosy, tetrosy, pentosy, hexosy* atd.
- B. OLIGOSACHARIDY jsou složeny ze dvou až deseti stejných nebo také různých monosacharidů spojených glykosidovými vazbami. Podle počtu monosacharidových jednotek se dělí na *di-, tri-, tetra-, penta- až na dekasacharidy*.
- C. POLYSACHARIDY jsou složeny z více než deseti stejných nebo různých monosacharidů, běžně se skládají z většího počtu molekul monosacharidů. Z polysacharidů živočišného původu má velký potravinářský význam zásobní homopolysacharid glykogen.

#### Glykogen

Glykogen je obsažen v myofibrilách a sarkoplazmě a je významným zdrojem energie pro svalovou práci. Hraje důležitou roli při postmortálních změnách svaloviny. Anaerobní glykolýzou se z glykogenu tvoří kyselina mléčná, které snižuje pH masa, zvyšuje jeho křehkost a působí antimikrobiálně, čímž se prodlužuje údržost masa při skladování. [7]



Ve svalovině jatečných zvířat je obsaženo 0,3-0,9% glykogenu, nejvíce je v koňském mase. Nejvyšší obsah je v játrech - 3%. [9] Primární strukturou a funkčně se podobá složce škrobu amylopektinu, a proto se také nazývá živočišným škrobem. Skládá se z molekul D-glukosy spojených vazbami  $\alpha$ -(1→4), je tedy  $\alpha$ -glukanem. Molekulová hmotnost se pohybuje v tisících kDa. [7]

### **1.1.3.2 Organické fosfáty**

Do skupiny organických fosfátů patří nukleotidy a nukleové kyseliny a jejich rozkladné produkty. Nukleotid ATP je hlavním článkem přenosu energie.

### **1.1.3.3 Dusíkaté extraktivní látky**

Tyto látky jsou zastoupeny v první řadě *aminokyselinami* a dílem některými *peptidy*. Z peptidů je významný zejména karnosin, anserin, balenin a glutation. Při rozkladu masa nebo při některých technologických operacích vznikají také biogenní aminy. Tak při rozkladu masa (hnilobě) vzniká putrescin a kadaverin. Při zrání fermentovaných salámů vzniká histamin, tyramin a tryptamin dekarboxylací příslušných aminokyselin. [9]

### **1.1.4 Minerální látky**

Minerálie tvoří zhruba 1% hmotnosti masa. Obvykle bývají pod pojmem minerální látky řazeny všechny látky, které zůstávají v popelu po mineralizaci masa, tedy i mineralizované prvky (síra a fosfor), které byly před spálením složkou organických látek. [4] Maso je významným zdrojem K, Ca, Mg, Fe, Se a dalších prvků. Hovězí maso je také důležitým zdrojem zinku a maso mořských ryb je zdrojem jodu. Jednotlivé minerální prvky jsou významné pro metabolismus jatečných zvířat, ale i pro technologické a nutriční vlastnosti masa. [9]

### **1.1.5 Vitaminy**

Vitamíny jsou esenciální složky potravy. Maso je významným zdrojem vitamínů skupiny B, ale i D, E a A. Vitaminy skupiny B jsou bohatě obsaženy ve svalovině a vnitřnostech jatečných zvířat. Významný je obsah vitamínu B<sub>12</sub>, který se vyskytuje pouze v potravinách živočišného původu. Obecně jsou bohatším zdrojem vitamínů játra než kosterní svalovina. [9] Lipofilní vitaminy A, D a E jsou obsaženy v tukové tkáni a játrech. V zanedbatelném množství se vyskytuje vitamin C. [4]

### 1.1.6 Voda

Voda je nejvíce zastoupenou hmotnostní složkou masa. Má velký význam pro sensorickou, kulinární a hlavně technologickou jakost masa. [9]

Voda je v libové svalovině vázána různým způsobem a různě pevně. Nejpevněji je vázána hydratační voda, další podíly jsou imobilizovány mezi jednotlivými strukturálními částmi svaloviny, zbytek je volně pohyblivý v mezibuněčných prostorech. Z hlediska technologie se rozlišuje voda volná a vázaná, a to podle toho, zda z masa volně vytéká za daných podmínek, či nikoliv. Imobilita vody je závislá na nábojích v molekule bílkoviny. Náboje ovlivňují poměr přitažlivých a odpudivých sil mezi jednotlivými molekulami bílkovin, čímž dochází k tomu, že se zvětšuje nebo naopak zmenšuje prostor, do kterého se pak může imobilizovat určité množství vody. Uvnitř tohoto prostoru jsou molekuly vody navzájem propojeny vodíkovými můstky. [10]

Za různých podmínek zpracování a skladování potravin se může obsah vody měnit. Obsah vody klesá zpravidla při tepelném zpracování (pražení, pečení, vaření, sušení). Ztráty vody činí např. při pečení a vaření masa jatečných zvířat až 70%, největší jsou v teplotním intervalu 45-55°C. Na těchto ztrátách se značnou měrou podílejí bílkoviny, které uvolňují jisté množství vody při denaturaci. Výjimkou jsou bílkoviny kolagenní, jsou schopny vázat malé množství vody. [8]

Obsah vody v mase závisí hlavně na obsahu tuku a také na živočišném druhu (původu). Díky relativně vysokému obsahu tuku mívá nejnižší obsah vody vepřové maso (syrové vepřové sádlo obsahuje asi 13% vody), vyšší obsah vody má hovězí maso, následuje kuřecí maso. Játra obsahují 67-72% vody. Obsah vody v masných výrobcích je značně proměnlivý, nejčastěji se pohybuje od 30 do 70%. [7]

Tabulka 1 - celkové množství vody v g na 100 g jednotlivých druhů masa [11]

<b>HOVĚZÍ MASO</b>	<b>VODA</b>	<b>VEPŘOVÉ MASO</b>	<b>VODA</b>
výsekové přední	70	výsekové	56
výsekové zadní	76	plec	52
roštěnec vysoký	79	bok	59
roštěnec nízký	82	krkovice	63
svíčková	69	<b>DRŮBEŽÍ MASO</b>	<b>VODA</b>
bok	81	prsa	63
plec	76	hřbet	56
		stehno	59

## 1.2 Svalová kontrakce, posmrtné změny v mase

O kvalitě masa rozhoduje kromě jiných faktorů i průběh posmrtných změn, kdy se nativní svalová tkáň přeměňuje na maso.

### 1.2.1 Svalové kontrakce

V organismu slouží svaly k přeměně energie chemických vazeb na mechanickou práci. Dvěma nejdůležitějšími bílkovinami, které se podílejí na kontrakci svalu, jsou aktin a myosin. Energie pro svalovou kontrakci se získává štěpením ATP. Při působení nervového vzruchu dojde k uvolnění  $\text{Ca}^{2+}$  iontů do prostoru myofibril, čímž se aktivuje ATPáza. Následně dojde ke štěpení ATP, a tím se získá potřebná energie pro kontrakci. Aby byl sval schopen nové kontrakce, je nutné ATP resyntetizovat. Potřebná energie se získá štěpením sacharidů přítomných ve svalech. V případě dostatečného množství kyslíku ve svalech je glykogen odbouráván aerobně až na oxid uhličitý a vodu v Krebsově cyklu. Kromě toho se uvolňuje i teplo, které slouží k udržení tělesné teploty. Při silné, vyčerpávající práci je spotřebováno více kyslíku, než může krev do svalu dodávat. V tom případě je glykogen anaerobně enzymově odbouráván na kyselinu mléčnou. Tato anaerobní glykolýza nastává také po smrti zvířete, kdy je přerušena krevní oběh.

### 1.2.2 Posmrtné změny svaloviny

V této fázi začínají ve svaích převládat anaerobní pochody a vzniká kyselina mléčná. Glykogen je odbouráván, kyselina mléčná se hromadí ve svalu a způsobuje okyselování. Obsah ATP po smrti zvířete klesá.

Postmortální změny probíhají ve čtyřech stádiích:

- *Prae rigor* – tento jev je charakterizován přítomností dostatečného množství ATP, takže aktin a myosin jsou disociované. Maso má vysokou vaznost, nevolňuje vodu, je velmi nevhodné pro zpracování na mělněné masné výrobky.
- *Rigor mortis* – poklesne-li koncentrace ATP pod určitou hladinu, nestačí se již udržovat aktin a myosin v disociovaném stavu a ireversibilně se spojí tenká a tlustá filamenta, nastává posmrtná ztuhlost. Rozhodující je koncentrace ATP, pH je závislé na řadě dalších faktorů a může mít v tomto okamžiku značně odchylnou hodnotu. Při poklesu koncentrace ATP na zmíněnou úroveň se vytváří aktinomyosinový komplex. Svalovina ztrácí svoji průtažnost, stává se postupně pevnější. Hodnota pH klesá až do úplného rigoru mortis. Pokles pH závisí na teplotě, zásobě glykogenu v době porážky, druhu zvířete aj. Důsledkem poklesu pH je zvýšení údržnosti masa, negativně je ovlivněna vaznost. [10]
- *Zrání masa* – je třetí fází. V této fázi se v mase dosahuje degradací bílkovin požadovaných užitných vlastností. [12] Zde se uvolňuje ztuhlost svalu, zlepšuje se vaznost, mírně roste pH a výrazně se zlepšují organoleptické vlastnosti. Uvolnění rigoru mortis souvisí s proteolýzou myofibrilárních bílkovin. [10] Zvyšuje se rozpustnost bílkovin a tvoří se typické aroma zralého masa, na čemž se podílejí hlavně rozkladné produkty nukleotidů a bílkovin.
- *Hluboká autolýza* – zrání masa přechází při delší skladování v hlubokou autolýzu. Je to děj vyloženě nežádoucí, kdy dochází ke štěpení peptidů na oligopeptidy a aminokyseliny, rozkladu tuku a je zde možné i mikrobiální napadení. [12]

### 1.3 Technologické vlastnosti masa

Technologické požadavky na kvalitu masa vycházejí ze dvou základních hledisek: kvalita musí umožnit dosažení ekonomických předpokladů produkce masných výrobků (výtěžnost, rentabilita, zisk, sortiment) a musí umožnit dosažení výrobků takové jakosti, aby byly konkurence schopné. Proto mají v technologii největší význam tyto vlastnosti masa:

- podíl svalové tkáně
- podíl celkových bílkovin
- schopnost vázat vlastní i technologicky přidanou vodu
- průběh autolytických změn
- barva typická pro daný druh masa a jeho anatomickou část
- stabilita tukového podílu masa vůči oxidaci
- typická chuť a vůně masa bez nepříjemných a cizích pachutí a pachů. [13]

Stavba masa a jeho chemické složení ovlivňuje jeho technologické a sensorické vlastnosti. Mezi nejvýznamnější vlastnosti patří barva, vaznost, křehkost a chutnost. [3]

#### 1.3.1 Barva masa

Barva masa souvisí zejména s obsahem hemových barviv, myoglobinu (svalové barvivo) a hemoglobinu. Hemová barviva tvoří bílkovinný řetězec (globin) a barevná skupina (hem, obsahující atom dvojmocného železa, komplexně vázaný v porfyrinovém skeletu). Podíl hemoglobinu přitom závisí na tom, jak kvalitně je maso vykřveno a činí 10-30%. Při vyšším obsahu barviv je maso tmavší. Výrazně tmavší barvu má maso hovězí v porovnání s vepřovým, velmi světlé je maso drůbeže a většiny ryb. Koňské maso obsahuje dvojnásobné množství svalového barviva proti masu hovězímu, osminásobné ve srovnání s vepřovým a padesátinásobné ve srovnání s drůbežím masem. [14]

Myoglobin je svalové barvivo, které slouží jako zásobárna kyslíku ve svalech. Od hemoglobinu se liší větší afinitou ke kyslíku. Hemoglobin je krevní barvivo, které zprostředkuje přenos kyslíku z plic do svalů a opačným směrem transport oxidu uhličitého

z tkání. [10] Obsah hemových barviv v mase různých živočichů leží obvykle v rozmezí 100-10000 mg·kg<sup>-1</sup> a závisí na intravitálních vlivech.

Změny barvy masa souvisejí s reakcemi na atomu železa. Buď dochází k vazbě (donor-akceptorovou vazbou) některých molekul na tento centrální atom, aniž by přitom došlo ke změně valence železa, nebo naopak dochází k oxidaci na trojmocnou formu. Jako ligand se může na železo vázat molekulární kyslík (vzniká rumělkově červený oxymyoglobin), který chrání atom železa před oxidací. Dochází k tomu při vysokém parciálním tlaku kyslíku (za podmínek atmosférického tlaku), naopak při sníženém parciálním tlaku kyslíku převládne oxidace železa na Fe<sup>III</sup> a myoglobin se změní na hnědý až šedohnědý metmyoglobin. [15]

Při tepelném opracování masa (v nepřítomnosti dusitanů) dochází k denaturaci globinu, po níž zpravidla následuje oxidace železa v hemové skupině. V důsledku toho dochází ke změně barvy na hnědou nebo šedohnědou. Této oxidaci nezabrání ani redukční podmínky, které se vytvářejí v mase při tepelné denaturaci uvolněním SH- skupin, ani přídavek redukčních látek (např. kyselina askorbová).

Stejně jako kyslík se mohou na myoglobin vázat i jiné látky. Přitom vznikají sloučeniny stálejší proti oxidaci. Jednou z takových látek je oxid dusnatý (NO), který vzniká rozkladem dusitanu při jeho styku s masem. Právě na vlastnostech tohoto plynu je založen princip vybarvování masných výrobků. Za přítomnosti oxidu dusnatého v redukčním prostředí vznikne nitroxymyoglobin (NO-Mb), který při tepelném opracování přejde v růžovou, poměrně stálou sloučeninu denaturovaného nitroxymyoglobinu - nitroxychromogen. To se dosáhne používáním dusitanů nebo dusičnanů při solení masa. Oxid dusnatý vzniká v mase redukcí přidaného dusičnanu a dusitanu. [1]

### 1.3.2 Vaznost

Vaznost masa je definována jako schopnost poutat vodu v něm přirozeně obsaženou a jako jeho schopnost přijmout během zpracování určité další množství vody a tuto vodu udržet ve výrobku i v průběhu tepelného opracování. [4] Voda je v libové svalovině vázaná různým způsobem a různě pevně. Nejpevněji je vázán podíl imobilizované vody, dále intracelulární a nejméně je vázána voda volně pohyblivá v mezibuněčných prostorech. [10]

Vaznost se obvykle vyjadřuje jako podíl vázané (tj. hydratační a imobilizované) ku celkovému obsahu vody v mase. Závisí na pH, obsahu solí, průběhu posmrtných změn, rozmělnění masa a dalších faktorech.

Při hodnotě pH isoelektrického bodu (pH 5-5,3) je vaznost minimální, protože je vyrovnán počet kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny, opačně nabitě skupiny se přitahují maximální silou. Úpravou pH svaloviny směrem od isoelektrického bodu dochází ke změně disociace funkčních skupin bílkovin, změní se rozložení kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny. [15]

Okyselením suroviny se pH blíží isoelektrickému bodu bílkovin (náboje jsou téměř vyrovnány) a elektronegativita slábne. Vazby se přestanou odpuzovat a mají tendenci se víc přitahovat. Z toho důvodu je voda vytlačována a dojde k agregaci a tím k uvolnění vody z výrobku. V tomto okamžiku dojde k uvolnění vázané vody a systém začne mít charakter kapaliny.

Naopak, při alkalickém pH suroviny (pH nad 6) dochází pouze k hydrataci a ke ztekucení suroviny nedochází. Vazby se začnou odpuzovat a rozšíří se prostory v aktinomyozinovém komplexu. Prostor se zvětší a může přijmout větší množství vody.

Při změně pH suroviny (okyselením nebo zalkalizováním) tak dochází ke změně disociace funkčních skupin bílkovin. Rozštěpí se tak některé příčné elektrostatické vazby mezi peptidovými řetězci a zvýšením koncentrace stejně nabitých skupin se vytvářejí mezi vlákny odpudivé síly. Jejich působením tak dochází k oddalování peptidových řetězců, v prostoru mezi nimi se imobilizuje více vody. [10]

Vaznost se zjišťuje několika metodami. Klasickou metodou je lisovací metoda podle Grauhama, od níž byly odvozeny novější modifikace. Byl vyvinut i tzv. kapilární volumetr pro zjištění objemu uvolněné masné šťávy. Praktickým aspektům je patrně nejbližší hodnocení ztráty masné šťávy samovolným odkapáváním (tzv. metoda Dripverlust). [9]

### 1.3.3 Chutnost

Chutnost masa se zásadně hodnotí z důvodu hygienických až po jeho tepelné úpravě, která by měla být typická a nejobvyklejší pro daný druh a výsekovou část masa. Při hodnocení chutnosti masa se posuzuje celá řada významných nejenom texturních vlastností, kterými jsou křehkost, měkkost, tuhost, tvrdost, jemná či hrubá vláknitost a šťavnatost. Dominantní znaky sensorické jakosti tepelně upraveného masa jsou jeho chuť a vůně. [4]

#### 1.3.4 Textura

Pro zpracování masa se stávají stále významnější texturní vlastnosti masa (tuhost, křehkost, vláknitost, jemnost a další) a s nimi související reologické vlastnosti mělněného masa, které ovšem závisejí i na základním složení suroviny. [4]

Texturní vlastnosti masa mají význam hlavně pro jeho senzorické hodnocení, ale i pro jeho technologické zpracování. Nejčastěji se hodnotí odpor či pevnost masa ve střihu Warner-Bratzlerovým přístrojem nebo v tlaku (různými typy penetrometrů). Pro hodnocení texturních vlastností masa byly konstruovány i přístroje napodobující kousání a žvýkání masa v ústní dutině člověka. Texturní vlastnosti se hodnotí v souvislosti s reologickými parametry v jednotlivých fázích mechanického zpracování (mělnění, míchání, plnění) a také v průběhu teplotních změn. [9]



## 2 MASNÉ VÝROBKY

Masné výrobky lze charakterizovat jako druh bílkovinných potravin, vyráběných z opracovaného syrového nebo předvařeného masa s přísadou pomocných ochucujících látek. Tyto výrobky mají typický tvar a specifické organoleptické vlastnosti. [1]

### 2.1 Porážení a jatečné opracování masa

Porážení je první fází zpracování jatečných zvířat. Do jatečného zpracování vstupuje živé zvíře a výsledkem je jatečně upravené tělo (JUT) jako hlavní produkt. [16] Jatečné opracování se ve vyspělých státech dnes uskutečňuje téměř výhradně na vysoce mechanizovaných nebo automatizovaných porážecích linkách. [4]

Aby mohlo být jatečné zvíře přijato k porážení, musí být podrobena veterinární prohlídce před porážením (ante mortem) a splnit podmínky Zákona č. 166/1999 Sb., ze dne 13. července 1999 o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon).

#### 2.1.1 Přisun zvířat k omračování

Přisun zvířat k omračení je rozdílný u prasat a skotu. U výkonnějších vepřových porážek se používají pásové dopravníky, na nichž jsou zvířata obkročmo fixována. U menších porážek se zvířata pohánějí do místa omračování. Jatečný skot se nahání uličkou do omračovací kóje, jejichž stěnami je prostorově fixován. [16]

#### 2.1.2 Omračování

Vlastní porážka jatečných zvířat začíná omračením. Přitom většinou nedochází k usmrcení, naopak je snaha uchovat zvíře i po omračení při životě, zejména zachovat činnost srdce, která pak usnadní fázi vykrvení. [4] Omračování je ze zákona povinné z humánního hlediska, aby zvíře nevnímalo bolest při usmrcení (vykrvování). [16] Při omračení je třeba dbát na to, aby zvíře bylo vystaveno co nejmenšímu psychickému a fyzickému zatížení. [4] Zároveň se usiluje i o zachování činnosti center v prodloužené míše, která řídí činnost srdce důležitou pro správné vykrvení. Srdce totiž působí jako přirozená pumpa, která z těla vyčerpává krev. Naopak v případě, že po omračení následuje ihned (řádově jednotky sekund) vykrvení, je omračování se zástavou srdce nejen možné, ale dokonce i výhodné.

K omračování jatečných zvířat se používají tři základní způsoby – mechanické, elektrické a chemické. [13]

### 2.1.3 Vykrvování

Při vykrvování dochází k usmrcování zvířete. Svaly a orgány se přitom zbavují krve, která by jinak značně snižovala jejich údržnost a zhoršovala vzhled masa. [4] Vykrvení omráčených zvířat je nutno provést bezprostředně po omráčení. Je-li provedeno dostatečně rychle, využije se ještě srdeční činnosti a tonických křečí k dokonalému vykrvení, což příznivě ovlivní postmortální procesy ve svalovině porážených zvířat. [16] Vykrvování má začít nejpozději do 20 sekund po omráčení zvířete. [1]

Nejběžnější způsob vykrvování prasat je ve visu. Omráčená zvířata jsou pomocí speciálních závěsných háků vytažena za zadní končetinu na plocháčovou nebo trubkovou dráhu. [13] Ve visu se vykrvuje nožem s délkou čepele 15 až 20 cm. Špička ostří směřuje k páteři a přeřízne hlavový a končetinový kmen tepen, to je asi v místě úrovně prvního žebra. [1]

V případě využití krve k potravním účelům se vykrvuje dutými noži za přísných hygienických podmínek a krev musí zachovávat identitu až do výsledného veterinárního rozhodnutí o mase. [16]

### 2.1.4 Vnější a vnitřní opracování

Po vykrvení jatečných zvířat je nezbytné, aby další jateční operace následovaly co nejrychleji. Před otevřením tělních dutin je třeba nejdříve opracovat povrch těla vykrvených zvířat. [13] Toto opracování je rozdílné u jednotlivých druhů zvířat. U skotu a ovcí se vždy stahuje kůže, a to několika způsoby, odděluje se hlava, končetiny a oháňka od trupu. U prasat zůstává kůže součástí JUT, ale provádí se paření a odštětínování prasat. [16]

Vnitřním opracováním se rozumí vykolení, což představuje evisceraci tělních dutin porážených zvířat. [9] Při vykolování prasat se postupně otevírají dutiny pánevní, břišní a hrudní. Uvolní se pohlavní orgány a vyjme se močový měchýř. Obřízne se konečník, který se uvolní současně se střevním kompletem, tj. se střevy, žaludkem a se slezinou a předá se k veterinární prohlídce. Jícen se oddělí 5 až 7 cm od žaludku. V další fázi se provede rozhrudění, tj. podélné rozříznutí prsní kosti a svaloviny, podkožního tuku a kůže

až k úhlu bradovému. Po rozříznutí bránice se vyjme úplný kořínek, tj. játra, plíce (včetně průdušnice), srdce, jazyk a jícen a jako celek se předloží k veterinární prohlídce.

### **2.1.5. Půlení**

U skotu, prasat a koní se jatečná těla dělí na dvě půlky. Ovce, kozy a savá telata se nepůlí. Půlení usnadní veterinární prohlídku, umožňují snadnější manipulaci s jatečně opracovanými kusy a také umožňují vyjmutí mozku a míchy. [4] Půlí se středem páteře nejčastěji diskovou pilou, případně v malých provozovnách a na domácích porážkách ručně sekáčkem. Poté se provádí veterinární prohlídka. [16]

### **2.1.5 Konečná úprava jatečně opracovaných těl**

Po ukončení veterinární prohlídky se provádí konečná úprava jatečně opracovaných těl, tzv. toaleta. Spočívá v úpravě estetického vzhledu jatečně opracovaného těla odřezáváním třásní nebo nežádoucích a znečištěných částí. [13]

## **2.2 Bourání masa**

Druhou výrobní fází zpracování masa je bourání, kdy dochází k rozdělení jatečných těl na menší části a k jejich různým úpravám. [17] Podle účelu se člení na bourání pro výsekové účely, bourání pro výrobu a bourání masa pro mrazírenské skladování. Bourání je prováděno převážně manuálně. [16]

### **2.2.1 Bourání vepřového masa na výsek**

Jatečně opracovaná těla jsou přijímána k bourání v půlkách. Obvykle jsou na začátku bourárenské linky děleny diskovou pilou na větší celky, které se dále detailně zpracovávají. Vepřová půlka se dělí na následující části: hlava, lalok, krkovice, plec, pečeně, bok, kýta, paždík, ocásek, přední kolínko, zadní kolínko, přední nožka, zadní nožka. [17]

### **2.2.2 Bourání masa pro výrobní účely**

Toto bourání masa představuje dělení půlek a čtvrtí na jednotlivé anatomické celky masa podle konkrétního dalšího uplatnění masa. Bourání zahrnuje ve většině případech i vykostování masa, pouze pro některé druhy uzených mas se vepřové maso nevykostuje.

Úprava masa pro další zpracování většinou vyžaduje zbavení tukových tkání a vazivových tkání. [13]

Kategorie vepřových výrobních mas:

**V1** - libové z kýty zbavené vmezeřeného i povrchového tuku,

**V2** - libové z kýty a libové ořezy s 5% viditelného tuku,

**V3** - libové ořezy s podílem povázek, měkkých šlach a 5% viditelného tuku,

**V4** - libové ořezy s podílem měkkých šlach, povázek, kůží a viditelného tuku do 25%,

**V5** - tuhé boky a ořezy bez kůže s viditelným tukem až 60%,

**V6** - laloky bez kůže,

**V7** – hřivky bez kůže a tuhé sádlo,

**V8** – hřbetní sádlo bez kůže,

**V9** – tučné ořezy z kýty, plecí a krku,

**V10** – měkký tuk z paždíků, plstě. [12]

### **2.3 Výroba masných výrobků**

Masnou výrobou se zabývá Vyhláška 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i) a j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby a ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. Tato vyhláška stanovuje kritéria pro zařazení masných výrobků do jednotlivých skupin podle technologického opracování a složení, označování, požadavky na jakost nebo technologické požadavky. [18]

Pro účely této vyhlášky se rozumí:

- a) masným výrobkem technologicky opracovaný výrobek obsahující jako převažující základní surovinu maso, o jehož použitelnosti bylo rozhodnuto podle zvláštního právního předpisu,
- b) tepelně opracovaným masným výrobkem - výrobek, u kterého bylo ve všech částech dosaženo minimálně tepelného účinku odpovídajícího působení teploty plus 70 °C po dobu 10 minut,
- c) tepelně neopracovaným masným výrobkem - výrobek určený k přímé spotřebě bez další úpravy, u něhož neproběhlo tepelné opracování surovin ani výrobku,
- d) trvanlivým tepelně opracovaným masným výrobkem - výrobek, u kterého bylo ve všech částech dosaženo minimálně tepelného účinku odpovídajícího působení teploty plus 70 °C po dobu 10 minut a navazujícím technologickým opracováním (zráním, uzením nebo sušením za definovaných podmínek) došlo k poklesu aktivity vody s hodnotou  $a_w(\max.) = 0,93$  a k prodloužení minimální doby trvanlivosti na 21 dní při teplotě skladování plus 20 °C,
- e) fermentovaným trvanlivým masným výrobkem - výrobek tepelně neopracovaný určený k přímé spotřebě, u kterého v průběhu fermentace, zrání, sušení, popřípadě uzení za definovaných podmínek došlo ke snížení aktivity vody s hodnotou  $a_w(\max.) = 0,93$ , s minimální dobou trvanlivosti 21 dní při teplotě plus 20 °C,
- f) kuchyňským masným polotovarem - částečně tepelně opracované upravené maso nebo směsi mas, přídatných a pomocných látek, popřípadě dalších surovin a látek určených k aromatizaci,
- g) technologickým obalem - obal, ve kterém probíhá technologické opracování výrobku a který obvykle zůstává jeho součástí,
- h) vložkou - krájená nebo zrněná část díla,
- i) technologickým opracováním - jakákoliv úprava masa mimo použití chladu,
- j) konzervou - výrobek neprodyšně uzavřený v obalu, sterilovaný,
- k) polokonzervou - výrobek neprodyšně uzavřený v obalu, pasterovaný,

l) čistou svalovou bílkovinou - bílkovina bez bílkoviny pojivové tkáně a bílkovin rostlinného původu. [18]

Masnou výrobou se zabývá také velké množství evropských legislativních předpisů. Mezi nejvýznamnější patří Hygienický balíček. Ten je jedním z klíčových prvků v nových právních předpisech EU a pro maso a výrobky z něj platí následující:

- Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin.
- Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. Toto nařízení stanovuje zvláštní pravidla pro: maso a výrobky z něj, živočišný tuk a škvarky a želatinu a kolagen.
- Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 854/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní pravidla pro organizaci úředních kontrol produktů živočišného původu určených k lidské spotřebě.

Výrobní suroviny, které se používají při výrobě masných výrobků, jsou maso, tuk a droby jatečných zvířat, dále pomocné a přídatné látky, tj. pitná voda, sůl, solící směsi, koření, vejce, stolní olej, mléko, mléčné a sójové bílkoviny, pšeničná mouka, bramborový, kukuřičný a rýžový škrob, krupice, ječmenné kroupy, pšeničné pečivo, kořenová zelenina, vývary z masa a kostí a krev. [19]

### **2.3.1 Struktura masných výrobků**

Podle vnitřní stavby výrobku rozlišujeme kusové výrobky (uzená masa, šunky) a mělněné masné výrobky, u kterých je jejich vnitřní struktura zásadně pozměněna použitou technologií zpracování. [14]

### **2.3.2 Příprava díla**

Dílo je směs masa promíchaného s vodou a solí, případně s kořením a jinými přísadami. Dílo může být složeno z větších částí svaloviny (šunkové), nebo mělněné na různou zrnitost. Po naražení do střeva či jiného vhodného obalu a případném tepelném opracování tvoří masný výrobek. Dílo se může skládat ze spojky a vložky. [10]

Vložku mohou tvořit různě velké kousky masa, syrového sádla, zeleniny nebo jiných složek, které se (obvykle ve formě kostek) vmíchávají do spojky a tvoří pak mozaiku výrobku. [15]

Spojka je jemně mělněné vazné maso, do něhož se míchá méně vazné maso (i tučné vepřové) s přísadami. Z fyzikálně chemického hlediska je spojka velmi složitá polydispersní soustava. Velikost dispergovaných částic závisí na způsobu a intenzitě rozmělnování a na podílu jednotlivých složek, zejména na poměru tuku, bílkovin a vody. [14]

Základní strukturální změny bílkovin při tepelné denaturaci můžeme charakterizovat uvolňováním části původních vazeb a tvorbou některých vazeb nových. Počet a místo vzniku nově vytvořených vazeb závisí na intenzitě destrukce původní struktury bílkovin, tj. na výši teploty a délce jejího působení. [1]

Na stabilizaci struktury se u tepelně opracovaných výrobků podílí i kolagen, který při záhřevu přechází na želatinu, čímž se zvýší viskozita spojky a po ochlazení želatina ztuhne. U vařených masných výrobků bývá struktura často stabilizována právě gelem nabobtnané želatiny. [10]

Přídavek pojivové tkáně (kolagenu) má za následek pevnější strukturu salámů konzumovaných za studena. Po ohřátí však takové výrobky změknou v důsledku tekutosti gelu želatiny. [14]

### **2.3.3 Mělnění a míchání díla**

Základem většiny masných výrobků je dílo vyrobené z několika druhů rozmělněného masa, smíchaného s kořením a dalšími přísadami. Mělněním se zmenšují kousky masa na různě veliké částice a jejich mícháním pak dochází k vyrovnání chemického složení i dalších vlastností celého objemu díla. Při mělnění svaloviny dochází k uvolňování a rozpouštění svalových bílkovin. Aby se tyto bílkoviny staly alespoň částečně rozpustnými, je třeba přidat určité množství soli. [10]

Principy mělnění lze rozdělit do několika skupin podle požadovaného stupně rozmělnění a podle použitého zařízení. Nejhrubší rozmělnění se provádí krájením nebo řezáním buď ručně nebo strojově. [4] Nejrozšířenějším mělnicím zařízením jsou v dnešní době řezačky. Mělněné maso je podáváno šnekem nebo pásovým podavačem do vlastní řezací části. Mělnění na řezačce je komplexní pochod, při kterém dochází k přímému řezání, ke

strouhání, hnětení, trhání a drcení. Při drcení se narušují buněčné membrány, čímž se uvolní více bílkovin. Moderní řezačky mívají zařízení na odstraňování tuhých částí (šlach, chrupavek, úlomků kostí), které zhoršují senzory jakost masných výrobků. [10]

Míchání se využívá v různých etapách masné výroby k vyrovnání jakosti (zejména chemického složení) ve velkém objemu výrobních mas, k promíchání s přidanou vodou, solí nebo lákem při předsolování, dále pro smíchání různých druhů masa, tukové tkáně a dalších surovin při přípravě díla. [17]

Současného mletí a míchání se dosahuje na kutrech. Kutr je zařízení, které se skládá z otočné mísy, v níž se na hřídeli otáčí srpovitá nože, které rozsekávají masitou surovinu a zároveň vznikající dílo i promíchávají. Pomocí kutru se vyrábí dílo širokého sortimentu masných výrobků. Je výhodný zejména pro výrobky, kde se požaduje pěkná mozaika. [4] Během kutrování dochází k zahřátí hmoty, proto se může přidávat šupinkový led z pitné vody. [19]

#### **2.3.4 Narážení díla**

Hotové dílo se plní do vhodných technologických obalů, které dodávají hotovým výrobkům konečný tvar a velikost. Jako obal mohou sloužit jednak přírodní střeva (vyčištěná, zbavená nežádoucích vrstev a upravená), dále tzv. klihovková střeva a střeva vyrobená z plastických hmot nebo celulosy. [3]

Vzhled finálního výrobku je ve značné míře ovlivněn i způsobem narážení díla do obalu. Především je to pevnost narážení. Nevhodným způsobem narážení nebo použitím nevhodného druhu narážky může dojít k řadě závad, které mají za následek nejen zhoršení vzhledu výrobku, ale snižují i výtěžnost. Při nedostatečném narážení obalu je hotový výrobek po tepelném opracování svařetý, obal se často uvolňuje a mezi obalem a náplní vznikají dutiny, které se naplní uvolněnou šťávou. Naproti tomu při přílišném narážení obalu může obal značným pnutím popraskat. [1]

Narážení je dnes mechanizováno, ruční plnění přichází v úvahu jen u některých speciálních výrobků, popř. u tlačenek, kde se obtížně dávkuje kousky masa a vývar tak, aby se dodržel správný poměr. [10]

#### **2.3.5 Uzení**

Uzení můžeme definovat jako způsob konzervace a aromatizace některých potravin, hlavně masa a masných výrobků, antimikrobiálními a antioxidačními složkami kouře,



který vzniká pyrolýzu dřeva (buku). Udí se studeným kouřem o teplotě cca 20°C (tepelně neopracované výrobky), teplým kouřem asi 60°C (slanina a uzená masa) a horkým kouřem s teplotou 80-90°C (drobné masné výrobky, měkké a trvanlivé salámy).

Složení chemicky účinných složek kouře je velmi proměnlivé v závislosti na podmínkách vyvíjení kouře, druhu a složení dřeva. V běžných udících médiích lze nalézt hlavně alkoholy, karbonylové sloučeniny, karboxylové kyseliny, fenoly, terpenické uhlovodíky, aromatické uhlovodíky a heterocyklické uhlovodíky. [17] Kouř obsahuje i škodlivé kancerogeny, hlavně polycyklické aromatické uhlovodíky, formaldehyd apod. Při vyvíjení správného udírenského kouře (do 350°C) vzniká jen minimální množství těchto látek. [4]

### 2.3.6 Tepelné opracování

Tepelné opracování má zajistit údržnost výrobku, vytvořit příslušnou strukturu i upravit chuť, vůni, barvu a celkový vzhled výrobku. [3]

Při tepelném opracování se mění struktura bílkovin, bílkoviny denaturují. Záhřevem se zvyšuje tepelný pohyb molekul, tedy i peptidových řetězců, uvolňují se vodíkové můstky, a tím se mění struktura bílkovinné molekuly. Téměř se však nepřerušují příčné vazby mezi karboxyly a aminoskupinami, ani se nerozrušují disulfidické můstky cystinu. Po ochlazení se sice vodíkové můstky zase vytvoří, jsou však již jinak orientovány než před záhřevem, a tím je struktura bílkovinné molekuly porušena. Pro uvolňování vodíkových vazeb je potřeba přítomnost vody – jinak nevyvolá denaturaci ani záhřev nad 100°C. [17]

Tepelná denaturace nastává při určité teplotě charakteristické pro každou bílkovinu. Při ohřevu masa na 45°C až 47°C začíná denaturace myosinu, při vyšší teplotě denaturují další bílkoviny. Při teplotě 60°C denaturuje již 90% bílkovin. [17]

Významné jsou změny kolagenu. Zatímco při pouhém záhřevu na teplotu 60-70°C dochází ke smrštění kolagenu a zvýšení jeho pevnosti, zahřívání v přítomnosti vody, a to zejména dlouhodobé, vede k denaturaci kolagenních struktur. Kolagen se rozváří za vzniku želatiny a vyluhuje se z masa. [10]

Masné výrobky se tepelně opracovávají buď během uzení, nebo při vaření ve vodě nebo v páře, případně pečením v horkém vzduchu. Výjimečně se využívá odporového ohřevu při přímém průchodu proudu masným výrobkem nebo mikrovlnného ohřevu. [10]

Kritériem na hodnocení účinku tepelného opracování je dosažení teploty 70°C v jádře výrobku po dobu 10 minut. Teplota lázně anebo prostředí má být 80°C. [19]

### 2.3.7 Sušení

Sušení se v technologii masa využívá při výrobě trvanlivých salámů i kusových výrobků, v některých zemích má velkou tradici sušení masa a ryb. [17]

V technologii živočišných neúdržných surovin se snížení aktivity vody využívá jako konzervační metoda při výrobě trvanlivých salámů, při výrobě sušených šunek, některých typů sušeného masa a při zpracování ryb. Kromě vlastního konzervačního účinku má sušení vliv i na organoleptické vlastnosti sušeného masa a salámů, výsledkem je obohacení sortimentu masných výrobků. [10]

Obsah vody ve výrobcích rozhoduje o jejich trvanlivosti. Vyhláška 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i) a j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby a ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich definuje, že trvanlivé tepelně opracované masné výrobky a fermentované trvanlivé masné výrobky musí mít hodnotu aktivity vody 0,93. [18]

Při obsahu vody menším než 20% se zastavuje růst bakterií ve výrobku, obsah vody pod 15% zabrzdí rozvoj plísní. S ubývajícím množstvím vody vzrůstá ve výrobku obsah soli. [2]

### 2.3.8 Solení

Solení masa plní několik významných funkcí – zlepšuje sensorické vlastnosti tepelně upraveného masa a masných výrobků, zvyšuje jejich údržnost, příznivě ovlivňuje vaznost masa a přispívá k udržení a stabilizaci barvy výrobků z masa. Při výrobě tepelně neopracovaných masných výrobků sůl také slouží k tomu, že podporuje difundaci vody z výrobku a tím se sníží aktivita vody ve výrobku. [9]

Pod pojmem solení masa a masných výrobků rozumíme přidavek chloridu sodného, popřípadě solících směsí, a to buď přímo do díla (mělněné výrobky), nebo ve formě láku (větší kusy svaloviny). Přídavek soli, solících směsí a dalších přísad dodává výrobkům chuť, vůni, barvu a další organoleptické vlastnosti. [10]

Způsoby jak dostat sůl či další přísady do masných výrobků, se liší podle použitých přísad, druhu výrobků a požadované rychlosti nasolení. U výrobků, které se vyrábějí mělněním masa, se solící směs přidává přímo do díla při míchání nebo do předřezaného masa při předsolování. Tím, že je maso rozmělněno, směs je po přidavku soli zamíchána, nastává

prosolení velmi rychle. U kusových výrobků je difundace soli podstatně delší. Je možno solit na sucho nebo použitím solného láku. Do láku se maso nakládá, nebo se jím může nastříknout, někdy se využívá i tzv. mechanické aktivace bílkovin. [17]

### 2.3.8.1 Solící směsi

Jednou z technologicky významných přísad při solení jsou dusitany a dusičnany. [17] Dusitany v kombinaci s přírodními sekundárními aminy (aminokyseliny, aroma, aj.) mohou tvořit nitrosaminy, silné rakovinotvorné látky. [20] N-nitrosaminy vznikají reakcí sloučenin (dusičnanů, dusitanů a oxidu dusíku), které jsou do masa dodávány jako konzervační látky. Jejich tvorba v masných výrobcích závisí hlavně na teplotě vaření, koncentraci zbytkových nebo přidaných dusitanů a obsahu různých katalyzátorů nebo inhibitorů. [21] Na jejich vznik může mít vliv i kyselé pH, které je pro tuto reakci naprosto optimální. Nitrosaminy jsou velmi nebezpečné karcinogenní látky. Nitrosaminy se tvoří při teplotě 120°C a vyšší a při teplotě pod 100°C tvorba nebyla prokázána. [22]

Dusitan sodný nebo dusitan draselný se používá jako podíl dusitanové solící směsi k solení masa a masných výrobků. Obsah dusitanů stanovuje Nařízení komise (EU) č. 1129/2011 ze dne 11. listopadu, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 vytvořením seznamu potravinářských přídatných látek Unie (viz tabulka 2). [23]

Tabulka 2 - povolené dávkování dusitanů a dusičnanů v masných výrobcích [23]

Číslo označení E	Název	Maximální množství (mg/kg)	Poznámky	Omezení/výjimky
<b>Tepelně neopracované zpracované maso</b>				
E 249- 250	Dusitany	150	(7)	
E 251 - 252	Dusičnany	150	(7)	
<b>Tepelně opracované zpracované maso</b>				
E 249- 250	Dusitany	150	(7) (59)	kromě sterilovaných masných výrobků ( $F_0 > 3,00$ )
E 251 - 252	Dusičnany	150	(7) (58) (59)	pouze sterilované masné výrobky ( $F_0 > 3,00$ )

(7) – maximální množství, které lze přidat v průběhu výroby

(58) – hodnota FO 3 se rovná 3 minutám tepelného ošetření při 121°C (snížení množství bakterií z jedné miliardy spor v každých 1 000 plechovkách na jednu sporu v tisíci plechovkách)

(59) – dusičnany mohou být obsaženy v některých tepelně opracovaných masných výrobcích v důsledku přirozené přeměny dusitanů na dusičnany v slabě kyselém prostředí

### 3 FOSFOREČNANY

Do potravin se běžně přidávají látky, které např. prodlužují trvanlivost potravin, zvýrazňují nebo obnovují barvu potravin, zvyšují nebo regulují kyselost, mají zahušťovací vlastnosti, případně dodávají potravinám sladkou chuť bez použití řepného cukru. Všechny tyto látky se souhrnně nazývají přídatné látky (aditiva).

Jsou členěny do kategorií v souladu s funkcí, kterou v potravině vykonávají. Přítomnost látek přídatných, které byly v potravině použity, musí být uvedena na obale, a to v sestupném pořadí podle toho, v jakém množství jsou v potravině obsaženy. Přítomnost látky přídatné se označuje uvedením názvu látky nebo číselného kódu E (E čísla). [24]

Fosforečnany souhrnně řadíme mezi emulgátory. Emulgátory jsou látky, které umožňují tvorbu stejnorodé směsi dvou nebo více nemísitelných kapalných fází nebo které tuto směs udržují. [7]

#### Seznam fosforečnanů:

- Dihydrogenfosforečnan sodný – E 339(i)
- Hydrogenfosforečnan sodný - E 339 (ii)
- Fosforečnan sodný – E 339 (iii)
- Dihydrogendifosforečnan sodný - E 450 (i)
- Difosforečnan sodný – E 450 (iii)
- Trifosforečnan sodný – E 451 (i)
- Sodná sůl kyseliny polyfosforečné -  $n=5$ ,  $n=20$
- Dihydrogefosforečnan draselný – E 340(i)
- Hydrogenfosforečnan draselný –E 340 (ii)
- Fosforečnan draselný – E 340 (iii)
- Difosforečnan draselný – E 450 (v)
- Trifosfrečnan draselný – E 451 (ii) [48]

### 3.1 Fosforečnany v potravinářství

Fosforečnany se v potravinářském průmyslu používají během výroby potravin. Uplatňují se zde jako pufrы, emulgátory, maskovací činidla, okyselující látky, zásady, látky dodávající příchuť, gelové akcelerátory, živiny, srážedla nebo např. protispěkové látky.

Reakce fosforečnanů ovlivňují chemické kynutí těsta (dorty, palačinky, sušenky, koblíhy). Fosforečnany také taví sýry, dodávají strukturu masným výrobkům, ovlivňují tekutost kondenzovaného mléka, dodávají výraznou chuť kolovým nápojům, přidávají minerály do izotonických nápojů, a také jsou příčinou světlé barvy před smažených bramborových lupínků. [25]

V masném průmyslu aplikace fosforečnanů umožňuje zlepšit vaznost vody a emulgační schopnosti masa. Při zmrazování mořských ryb jsou fosforečnany používány k zabránění úbytku vody během manipulace. Také se přidávají do sušených výrobků (např. polévek, koření), zmrzlin a mražených krémů, kolových nápojů, jemného trvanlivého pečiva a cukrářských výrobků, majonéz, moučkového cukru (fosforečnan vápenatý proti spékání) a dalších potravin. [26] Využívá se hlavně jejich schopnost odštěpení vápenatých iontů z proteinové matické a jejich následné navázání do své struktury. [53]

Použití fosforečnanů v potravinách je regulováno tak, aby příjem nepřesáhl nejvyšší povolené množství a nemohlo dojít ke škodlivým účinkům. Přesto se ale vedou diskuze o jejich nezávadnosti a dochází k opakovanému prověřování. Někdy je zmiňovaná možnost hyperaktivity dětí nebo poruchy zažívání. Příjem lze regulovat omezením výše uvedených potravin. [26]

V masném průmyslu se fosforečnany používají z několika důvodů. Základním důvodem je zvýšení výnosu, což je dosaženo tím, že se zvýší pH masa a to následně umožňuje, aby bílkoviny zadržely více vody. Při použití fosforečnanů zásadité povahy dojde ke zvýšení pH masa. [27]

V masném průmyslu se většinou využívají alkalické fosforečnany. Tripolyfosforečnan sodný je běžně používaný, lineární polymer obsahující 3 fosfátové jednotky. Ostatní fosforečnany s delším řetězcem se mohou také používat, ale pufráční schopnost fosforečnanů se snižuje s rostoucí délkou řetězce. Po přidavku alkalického fosforečnanu do masného výrobku se zvyšuje hodnota pH od isoelektrického bodu proteinů, a tím se zvyšuje schopnost vázat vodu. Dále se mohou používat pyrofosforečnany (difosforečnany).

Je to nejúčinnější forma používající se pro zvýšení vaznosti vody a emulgačních schopností. [28]

### 3.2 Charakteristika fosforečnanů

Fosforečnany jsou soli kyseliny fosforečné a hojně se využívají v potravinářském, hlavně masném průmyslu. Tyto soli se vyrábějí z pozitivně nabitých kovových iontů a záporně nabitých fosfátových iontů. [29]

### 3.3 Výroba fosforečnanů

Výroba fosforečnanů se provádí několika způsoby. Nejčastěji se kyselina fosforečná získává se surového fosforu, obvykle s pomocí chemických látek. Aby se tato kyselina mohla použít v potravinářském průmyslu, tak se musí v několika fázích čistit. Tato kyselina se neutralizuje tak, že se míchá se silnou alkálií. [29]

V moderním průmyslu při výrobě fosforečnanů se vyrábí dvoustupňovou reakcí. Anhydrid kyseliny fosforečné, nazývaný také oxid fosforečný, se vyrábí spalováním elementárního fosforu ve vzduchu. Bezprostředně následuje reakce s vodou za vzniku kyseliny fosforečné.



Tento proces je vysoce exotermní a získá se kyselina fosforečná o 80-90% čistotě. Pro použití v potravinářství se taková kyselina musí čistit. Nejčastěji se odstraňují nečistoty arzenu reakcí se sirovodíkem. Získaný sulfid arzenu se následně odstraní filtrací. Vyčištěná kyselina fosforečná se může později ředit na komerční standartní koncentraci (75-85%) nebo na koncentraci extrafosforečné kyseliny (105%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) s obsahem  $\text{P}_2\text{O}_5$  75-77%. [30]

Monofosforečnany jsou výsledek reakce mezi silnou kyselinou a zásadou. Voda se v průběhu procesu odstraní. Monofosforečnany obsahují 1 atom fosforu uvnitř molekuly.

Difosforečnany se vyrábějí pomocí kondenzační reakce při teplotě 600 až 800 °C. Během této reakce dochází k tavení jednotlivých monofosforečnanů, které spolu tvoří difosforečnany. Adicí dalšího monofosforečnanu vzniká trifosforečnan, případně fosforečnany o delším řetězci.

Jsou známy tři základní formy fosforečnanů: cyklické, řetězové (lineární) a kombinace kruhových a lineárních fosforečnanů. Při zpracování masa a mořských plodů je většině zemí povoleno používat pouze lineární fosforečnany. [29]

### 3.4 Rozdělení fosforečnanů využívaných v potravinářství

Fosforečnany využívané v masném průmyslu jsou soli kyseliny fosforečné a sodíku nebo draslíku. V závislosti na počtu fosforů v molekule se název mění:

- 1 fosfor – monofosforečnany,  $(\text{PO}_4)_3$
- 2 fosfory – difosforečnany (dříve pyrofosforečnany),  $(\text{P}_2\text{O}_7)_4$
- 3 atomy fosforu – tripolyfosforečnany,  $(\text{P}_3\text{O}_{10})_5$
- více než 3 atomy fosforu – polyfosforečnany,  $(\text{P}_n\text{O}_{3n+1}) (n+2)$  [31]

#### 3.4.1 Fosforečnany sodné

Fosforečnan sodný je sodná sůl kyseliny fosforečné. Používá se k úpravě kyselosti, jako emulgátor, stabilizátor nebo se přidává do tavených sýrů jako tavící sůl. Průmyslově se vyrábí přidáním hydroxidu sodného do kyseliny fosforečné.

Můžeme je najít hlavně v tavených sýrech, masných výrobcích, nealkoholických nápojích, práškových nápojích nebo ve šlehačce ve spreji. Odstraňuje nežádoucí účinky kovů a používá se také jako pěnidlo v čistících prostředcích. Nežádoucí účinky nejsou známy, ale při zvýšeném příjmu může dojít k poruchám metabolismu. Bezvodá forma také může dráždit pokožku. Maximální přípustné množství je 70 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  na kg tělesné hmotnosti. V ČR je použití povoleno v nezbytném množství v potravinách a při výrobě dětských příkrmů. [20]

##### 3.4.1.1 Dihydrogenfosforečnan sodný - $\text{NaH}_2\text{PO}_4$

Dihydrogenfosforečnan sodný se vyskytuje ve dvou formách – ve formě krystalu a také v bezvodé formě. Krystalický dihydrogenfosforečnan se vyskytuje ve formě bílých krystalů nebo bílého krystalického prášku. Bezvodý  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  se vyskytuje ve formě bílého prášku nebo v granulích. [32]



Je to nehořlavá látka o sypké hmotnosti  $650-850 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . V potravinářském průmyslu působí jako pufr, stabilizátor zbarvení výrobků z vajec, projímadlo, činidlo pro úpravu pitné vody a také se přidává do zubních past. [33]

#### **3.4.1.2 Hydrogenfosforečnan sodný – $\text{Na}_2\text{HPO}_4$**

Hydrogenfosforečnan sodný se vyrábí se sloučeninou sodíku. Konečným produktem je granulovaný prášek, který se používá jako přídatná látka v potravinářství. Zlepšuje texturu potravin, zvyšuje trvanlivost, slouží jako pufr. Můžeme ho najít v želé, masných výrobcích, konzervách (mléko, omáčky). Mimo potravinářství se přidává do čistících prostředků, pesticidů nebo se používá jako inhibitor koroze. [34]

#### **3.4.1.3 Fosforečnan sodný – $\text{Na}_3\text{PO}_4$**

Fosforečnan sodný je nehořlavá, netěkavá látka, bez zápachu, rozpustná ve vodě, Vyskytuje se ve dvou skupenstvích – jak bílá, pevná, bezbarvá látka nebo bezbarvá kapalina. [35]

#### **3.4.1.4 Dihydrogendifosforečnan sodný – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , difosforečnan sodný - $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$**

Dihydrogenfosforečnan sodný a difosforečnan sodný se zařazují pod souhrnný název - difosforečnany. Mají podobné účinky a jsou rozpustné ve vodě. Působí jako látky, které upravují kyselost, kypřící látky, stabilizátory, emulgátory a tavící soli. Mezi jejich další schopnost využívanou v potravinářství patří to, že zabraňují nežádoucím reakcím přítomných kovů a vázání šťáv při výrobě masných výrobků. Z toho důvodu se používá v uzeninách, masných a pekařských výrobcích, tavených sýrech nebo směsích, které slouží pro výrobu čokoládových nápojů. Zařazují se pod označení E450. [20]

#### **3.4.1.5 Trifosforečnan sodný – $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$**

Trifosforečnany se označují kódem E 451. Slouží hlavně jako regulátor kyselosti, zahušřovadlo. Nejčastěji se vyskytují v masných výrobcích, protože mají schopnost v nich vázat a udržovat vodu. V malých dávkách se považují za bezpečné látky. [36]

#### **3.4.1.6 Sodná sůl polyfosforečnanu se střední délkou řetězce $n=5$ (HEXA 62)**

### 3.4.2 Fosforečnany draselné

Fosforečnany draselné jsou draselné soli kyseliny fosforečné. Vyrábí se přidáním hydroxidu draselného do kyseliny fosforečné. Využívají se hlavně jako regulátory kyselosti, emulgátory nebo stabilizátory.

Můžeme je nalézt v sýrech, masných výrobcích nebo práškových nápojích. Používají se také v pivovarnictví nebo při výrobě šampaňského a ostatních šumivých vín. Odstraňují nežádoucí účinky kovů. Obsahují draslík, který se využívá k doplňování potravin těmto prvkem. Jejich uplatnění je i v lékařství, kde se využívají k úpravě pH moči. [37]

Vysoké dávky fosforečnanů mohou narušit rovnováhu mezi vápníkem a fosforem v těle a zapříčinit tak nedostatek vápníku.

#### 3.4.2.1 Dihydrogenfosforečnan draselný – $KH_2PO_4$

Dihydrogenfosforečnan draselný je ve vodě vysoce rozpustná látka, bílá práškovitá sůl bez zápachu. Může se používat i jako hnojivo a používá se jako přídatná látka (aditivum) do potravin (E 340) a cigaret, fungicid a pufruční činidlo. Je běžným zdrojem fosforu a draslíku. [38]

#### 3.4.2.2 Hydrogenfosforečnan draselný – $K_2HPO_4$

Hydrogenfosforečnan draselný se používá v potravinářství jako přídatná látka a slouží ke snížení hladiny kyseliny v potravinách a také působí jako stabilizátor a snižuje hladiny sodíku. [39]

#### 3.4.2.3 Fosforečnan draselný – $K_3PO_4$

Fosforečnan draselný se v potravinářství využívá hlavně k úpravě kyselosti. Také zabraňuje nežádoucím reakcím kovů přítomných ve stopových množstvích v potravinách a účinkují jako emulgátory a stabilizátory. Používají se při výrobě masných výrobků, sýrů a sypkých nápojů a náhražek mléka do kávy. [40]

#### 3.4.2.4 Difosforečnan draselný – $K_4P_2O_7$

Difosforečnany se řadí pod označení E 450. Upravují kyselost, používají se jako kypřící látky, stabilizátory, emulgátory, tavicí soli. Přidávají se do masných a pekařských výrobků, tavených sýrů. [20]

#### 3.4.2.5 *Trifosforečnan draselný – $K_5P_3O_{10}$*

Trifosforečnany mají široké využití a v potravinách jsou bezpečné. Používají se v uzeninách, majonézách i bonbónech, protože mají schopnost vázat vodu. Přidatné množství je omezeno u náhražek šlehané smetany, tavených sýrů a mléka do teplých nápojů. Najdeme je pod označení E 451. [41]

### 3.5 Vlastnosti fosforečnanů

Fosforečnany plní v masných výrobcích několik funkcí. Mezi hlavní funkce patří změna nebo stabilizace pH, zvyšují schopnost zadržovat vodu, a tím se zvyšují výnosy a snižují ztráty během vaření. Také zlepšují strukturu a sensorické vlastnosti výrobku. Používají se i kvůli své schopnosti prodlužovat trvanlivost a slouží jako zdroj fosforu pro člověka. [31] Různé typy fosforečnanů se mohou přidávat do masných výrobků jako náhražka solí. Také pomáhají snižovat hladinu sodíku (u lidí, kterým je doporučeno sodík omezit). [43] Využívá se jejich schopnost odštěpení vápenatých iontů z proteinové matricke a jejich následné navázání do své struktury. [53]

Ruší můstky mezi aktinem a myozinem, které se tvoří během rigor mortis a podporují disociaci aktomyozinu do samostatných vláken. Pouze fosforečnany jsou schopné oddělit od sebe aktin a myozin po rigor mortis, což je hlavní důvodem širokého používání fosforečnanů. Oddělení aktinu a myozinu probíhá v důsledku vazby záporně nabitých fosfátových iontů s pozitivně nabitými  $Mg^{2+}$  nebo  $Ca^{2+}$  ionty, které důležitou roli při svalové kontrakci a uvolnění. [29]

#### 3.5.1 Vaznost vody

Přídavek soli společně s fosforečnany do masného výrobku způsobí, že svalová bílkovina se stane rozpustnou a aktivní. Taková bílkovina může imobilizovat vysoké množství přidané vody, stejně tak může emulgovat velké množství tuku. Hydratovaná bílkovina je vynikající emulgátor tuku. [29] Fosforečnany zlepšují schopnost vázat vodu a také zvyšují šťavnatost masa. Zároveň snižují chladírenské a mrazírenské ztráty a ztráty během vaření. Do masných výrobků se v kombinaci s fosforečnany také může přidávat hydroxid sodný (4 díly fosforečnanu a 1 díl hydroxidu sodného), aby se zvýšila schopnost vázat vodu a také snižují smršťování výrobku během vaření.

Přidání fosforečnanů vede také ke zvýšení iontové síly, což vede k vyššímu stupni bobtnání a aktivaci bílkovin. Vyšší hladiny aktivních a nabobtnaných bílkovin podporují imobilizaci přidané vody a emulgaci tuků. [29]

Jednotlivé fosforečnany podporují iontovou výměnu. Schopnost iontové výměny jednotlivých skupin fosforečnanů se liší v závislosti na počtu fosforů v molekule. Platí, že afinita ke kationtům roste se zvyšujícím se počtem fosforů. S rostoucí hodnotou pH směsi narůstá i schopnost iontové výměny. [42]

### 3.5.2 pH

Téměř všechny fosforečnany, stejně tak jejich směsi, využívané v masném průmyslu jsou alkalické fosforečnany a přidavek takových aditiv vede k úpravě pH suroviny. [29] Čím více se pH vzdaluje od isoelektrického bodu aktinomyozinového komplexu ( $\text{pH} = 5,3$ ), tím se zvýší schopnost vázat vodu, protože větší elektronegativita zvětšuje prostory mezi aktinem a myozinem. [31] Přidavek zvyšuje výnos a výrobek je snadněji krájitelný. [28]

## 4 REOLOGIE

### 4.1 Reologie

Při působení vnějších sil dochází k různým deformacím látek. Studium vztahů mezi napětím a deformací látek se zabývá reologie. [44] Zabývá se deformací a tokovými vlastnostmi tuhých i kapalných materiálů. Reologické chování potravinářských materiálů je v přímé souvislosti s jejich texturními vlastnostmi. Konzument například posuzuje tvrdost ovoce na základě deformace, která je důsledkem působení tlaku ruky anebo prstů. Houževnatost nebo křehkost masa se subjektivně hodnotí podle námahy, resp. síly, která se musí vynaložit při odhryznutí a žvýkání masových vláken. [45] Reologické měření má za úkol objektivizovat metody měření reologických vlastností. V případě hodnocení potravin bylo dosud hodně sensorických metod částečně nebo zcela subjektivních. Pro některé potravinářské materiály ale existuje velký počet speciálních přístrojů měřících objektivně. [44]

Podle mechanických vlastností materiálů kvalitativně rozlišujeme tři základní skupenství: plynné, kapalně a pevné. Nevazký ideální plyn, nestlačitelná (vazká) kapalina a izotropní pružné (hookovské) těleso představují nejjednodušší matematické popisy jejich mechanických vlastností, tzv. konstitutivní modely. Limitním případem vazké nestlačitelné kapaliny je kapalina ideální (s nulovou viskozitou). Limitním případem pružného materiálu (tělesa) je těleso tuhé (s nekonečně velkým modulem pružnosti). [46]

Obecná reologie je jedním z odvětví fyziky a zabývá se fyzikálním a matematickým popisem chování látek za deformace, jak za podmínek dynamických (v průběhu deformování), tak statických (deformovaný stav se nemění).

#### Látky elastické

Mechanickými vlastnostmi dokonale elastických látek se zabývá klasická teorie pružnosti. Působením vnější síly na tato tělesa dochází k elastické (vratné) deformaci. Platí, že napětí je vždy přímo úměrné deformaci, ale nezávisí na rychlosti deformace. Vztah mezi deformací a napětím je dán Hookovým zákonem. [45]

#### Látky viskózní

Viskozitu můžeme definovat jako vnitřní tření kapaliny, které klade odpor trvalé deformaci – toku. Ideálně viskózní kapalina se odlišuje od ideálně pružného tělesa tím, že se zde

nesetkáváme s deformací, ale s rychlostí deformace, která je úměrná napětí. Deformace, nebo přemístění, které se vytvoří na konci určitého časového úseku, je nevratné po odstranění aplikovaného napětí. [42]

### **Látky viskoelastické**

Potravinářské materiály mají v mnohých případech reologické vlastnosti jednak pružných těles a jednak vlastnosti viskózních kapalin. V takových případech mluvíme o viskoelastických látkách. [45]

Krajní případ tečení bez jakékoliv deformace reprezentují látky ideálně viskózní. Napětí je pro tyto látky nezávislé na konečné velikosti deformace a je vždy přímo úměrné rychlosti deformace. Matematicky bylo toto chování popsáno Newtonovou rovnicí. [44]

Při deformaci viskoelastických materiálů se část energie rozptýlí jako nevratná energie a část energie můžeme považovat za práci, která je využita na porušení těch strukturních elementů, které se nevrátí do původního stavu. [45]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjištění vlivu různých fosforečnanových solí na viskoelastické vlastnosti vepřové svaloviny a sledování změn viskoelastických vlastností homogenizované svaloviny v průběhu změny teplot.

Pro zpracování diplomové práce byly stanoveny následující postupy:

- vyrobit modelové vepřové výrobky
- do jednotlivých modelových výrobků aplikovat sodné a draselné fosforečnanové soli
- sledovat vliv fosforečnanů na viskoelastické vlastnosti



## **6 PŘÍSTROJE, ZAŘÍZNÍ A POMŮCKY**

Spar mixer SP-100 AD-B, Spar food machines, MF.CO., LTD , Taiwan

Třecí marinovací buben – model MM 001, Thane INC, China

Hlubokomrazící box – MDF – U3286S, Sanyo, Česká Republika

pH tester s pevnou vpichovou elektrodou, Spear Eutech, Holandsko

Haake Rheo Stress 1

## 7 MATERIÁL A METODIKA

Během této práce bylo od 80 prasat odebráno 80 svalů - vepřová kýta (*musculus semimembranosus*). Surovina, která byla zpracována pro přípravu modelových vzorků, pocházela z Jatek Holešov z jedné porážky a z jednoho chovu. Průměrná hmotnost prasete byla 110 kg a průměrné stáří prasat (plemeno Rattlerow Seghers), od kterých se svaly odebíraly, bylo 140 dnů.

### 7.1 Příprava vzorku

Surovina musí být v co nejkratší době zpracována, aby nedošlo k žádným kvalitativním změnám.

#### 7.1.1 Standardizace suroviny

V prvním kroku je důležité provést standardizaci suroviny. Svalovina byla nařezána a poté homogenizována na části o průměru 5 mm a následně byl materiál rozdělen po 550g hluboce zamrazen na teplotu  $-80^{\circ}\text{C}$ . Tímto krokem bylo zabráněno tvorbě velkých krystalů ledu a následným změnám ve struktuře masa.

#### 7.1.2 Výroba modelového vzorku

Těsně před výrobu modelového vzorku byla surovina o hmotnosti 550g rozmrazena. Následně byla ke každému vzorku přidána odpovídající hmotnost pitné, neupravené vody z vodovodního řádu, dále byla přidána dusitanová solící směs a fosforečnanová sůl. Pravidelně byl připravován také kontrolní vzorek. Tento vzorek neobsahoval fosforečnanovou sůl, ale pouze dusitanovou solící směs a pitnou vodu. Takto připravené vzorky byly 8 hodin masírovány.

Obrázek 1- masírování vzorku



Celkový nástřik představoval 50% ve vztahu ke hmotnosti suroviny, tzn. že každé masírování vyprodukovalo 750 g vymasírovaného materiálu.

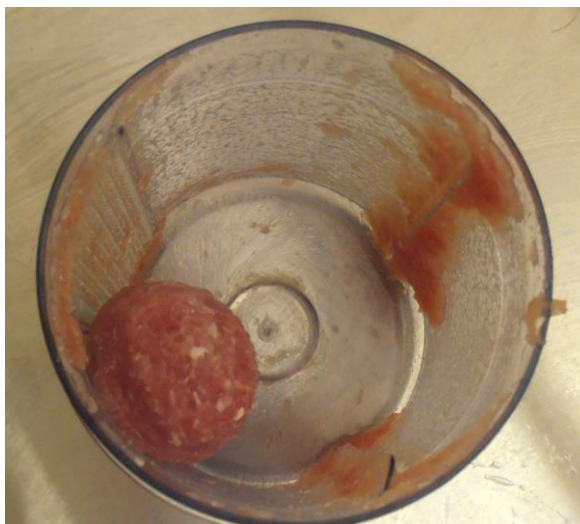
U všech vzorků byl přírůdek dusitanové solící směsi ve výši 2%, tj. při udávaném procentuálním množství 0,6% dusitanu sodného ve směsi, byl jeho standardní obsah ve všech vzorcích 90 mg/750g (120 mg/1 kg).

Použité množství fosforečnanových solí vycházelo z nejvyššího povoleného množství stanoveného Vyhláškou 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. Tato vyhláška udává, že nejvyšší povolené množství pro použití kyseliny fosforečné a jejich solí je stanoven na 5000 mg/kg hotového výrobku, přepočteno na  $P_2O_5$ .

Vybrané sodné a draselné fosforečné soli byly přidávány v koncentracích 25% a 50% nejvyššího povoleného množství. (viz tabulka 3-6)

Po ukončení masírování bylo u každého vzorku změřeno pH.

Obrázek 2 – vzorek po masírování



Tabulka 3 – složení vzorků (g) pro koncentraci 25% (m/m) NPM P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

	Svalovina	Dusitanová solící směs	Fosforečná sůl	Pitná voda	Hmotnost vzorku
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	1,58	233,42	750
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	500	15	1,88	233,12	750
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	2,15	232,85	750
Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	500	15	1,76	233,24	750
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	500	15	1,46	233,54	750
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	500	15	1,61	233,39	750
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	500	15	1,35	233,65	750

Tabulka 4 - složení vzorků (g) pro koncentraci 50% (m/m) NPM P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

	Svalovina	Dusitanová solící směs	Fosforečná sůl	Pitná voda	Hmotnost vzorku
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	3,15	231,85	750
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	500	15	3,75	231,25	750
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	4,31	230,69	750
Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	500	15	3,53	231,47	750
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	500	15	2,93	232,07	750
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	500	15	3,22	231,78	750
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	500	15	2,70	232,30	750

Tabulka 5 - složení vzorků (g) pro koncentraci 25% (m/m) NPM P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

	Svalovina	Dusitanová solící směs	Fosforečná sůl	Pitná voda	Hmotnost vzorku
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	1,80	233,20	750
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	500	15	2,31	232,69	750
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	2,81	232,19	750
K <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	500	15	2,18	232,82	750
K <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	500	15	1,97	233,03	750

Tabulka 6 - složení vzorků (g) pro koncentraci 50% (m/m) NPM P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

	Svalovina	Dusitanová solící směs	Fosforečná sůl	Pitná voda	Hmotnost vzorku
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	3,60	231,40	750
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	500	15	4,61	230,39	750
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	500	15	5,63	229,37	750
K <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	500	15	4,350	230,650	750
K <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	500	15	3,937	231,063	750

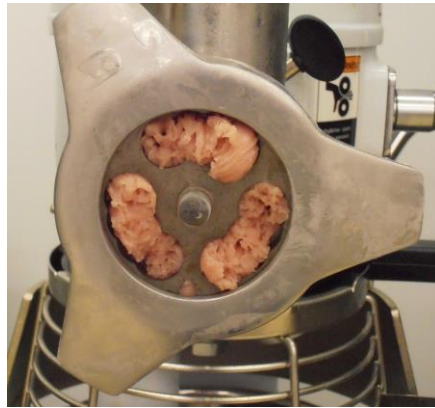
### 7.1.3 Homogenizace vzorku

Z vymasírované hmoty byl homogenizován vzorek pro reometrické měření. Toto měření vyžaduje homogenitu měřeného vzorku (aby výsledek vypovídal o chování celého vzorku), a proto je během homogenizace svalovina nařezána na části o průměru nepřesahujícím 0,5 mm. Z důvodu toho, že při teplotě 12°C dochází ke změnám konformace a také může dojít k urychlení enzymatických a mikrobiálních pochodů, je důležité, aby se teplota homogenizovaného materiálu v průběhu této operace nezvýšila o více jak 2°C. Proto kovové části homogenizačního zařízení byly před použitím uloženy v mrazícím boxu. Také proto byla homogenizace prováděna při nízkých otáčkách řezacího nože.

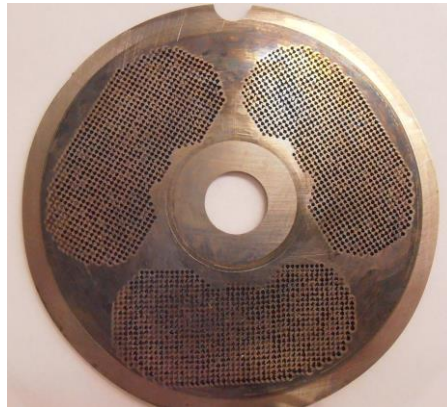
Obrázek 3 – homogenizace vzorku



Obrázek 4 – homogenizace vzorku



Obrázek 5 - řezná deska homogenizátoru

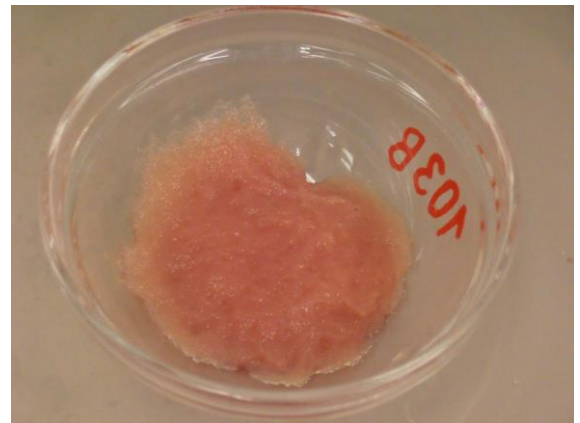


V průběhu homogenizace je do vzorku mechanicky vmícháván vzduch, jehož zvýšená přítomnost v měřeném materiálu může způsobovat změny parametrů homogenizovaného materiálu. Z tohoto důvodu byl vzorek po homogenizaci evakuován.

Obrázek 6 - vzorek před evakuací



Obrázek 7 - vzorek po evakuaci



## 7.2 Reometrické měření

### 7.2.1 HAAKE Rheo Stress 1

Cílem experimentu bylo sledovat změny viskoelastických vlastností modelových emulzí v průběhu změny teplot. K měření byl použit rotační reometr HAAKE Rheo Stress 1, kdy bylo využito experimentální měření v oscilačním módu pomocí geometrie deska-deska.

Pro sledování tepelně indukované koagulace bílkovin a tvorbu gelu bylo zvoleno měření v rozsahu smykového napětí 25 Pa a konstantní frekvence 1 Hz. Model změn teplotního režimu, který je měřen od 5°C do 70°C (rychlost zahřívání byla 3,90°C/minuta) s výdrží 10 min s následným chlazením na původní teplotu 5°C (rychlost chlazení – 1,22°C/minuta), byl přizpůsoben podmínkám, které simulují charakteristiky průmyslového zpracování.

Obrázek 8 – HAAKE Rheo Stress 1 [47]

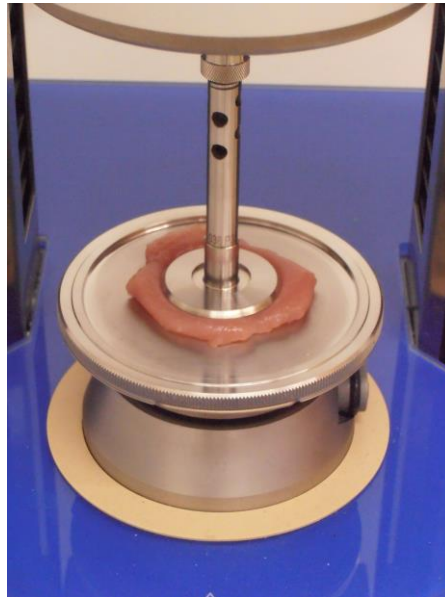




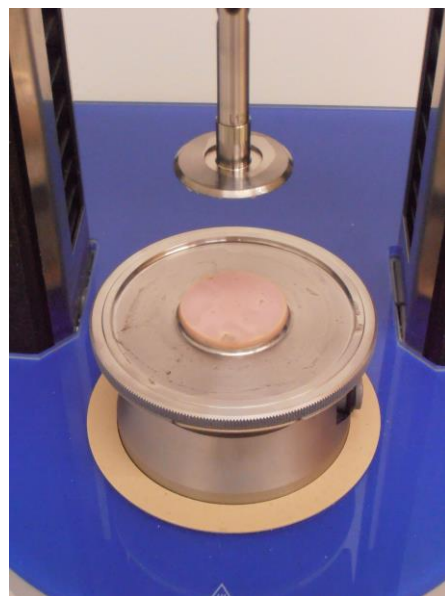
### 7.2.2 Reometrické měření

Pro reometrické měření bylo nanесeno asi 20g homogenizovaného materiálu na desku reometru. Materiál byl začištěn a povrch volného materiálu byl ošetřen silikonovým olejem z důvodu zamezení uniku vodních par při zahřívání. Poté následovalo vlastní reometrické měření.

Obrázek 9 – vzorek na začátku reometrického měření



Obrázek 10 – vzorek po ukončení reometrického měření



### 7.2.3 Vyhodnocení reometrického měření

Výstupem ze softwaru Rheowin byly křivky elastického a ztrátového modulu.

## 8 VÝSLEDKY

Cílem této diplomové práce bylo pozorovat vliv přísad vybraných fosforečnanových solí na viskoelastické vlastnosti vepřové svaloviny a sledovat změny těchto vlastností v průběhu změny teplot (které odpovídají tepelnému opracování masných výrobků).

Textura masných výrobků je závislá na tvorbě gelu z myofibrilárních proteinů. Pro tvorbu gelu je nezbytná přítomnost myosinu, ostatní proteiny (aktin, tropomyozin, troponin, nebulin a titin) mají velký vliv na viskoelastické vlastnosti gelů. [48]

Výsledky jednotlivých přísad fosforečnanových solí můžeme pozorovat na reogramech.

### 8.1 Vyhodnocení reogramu

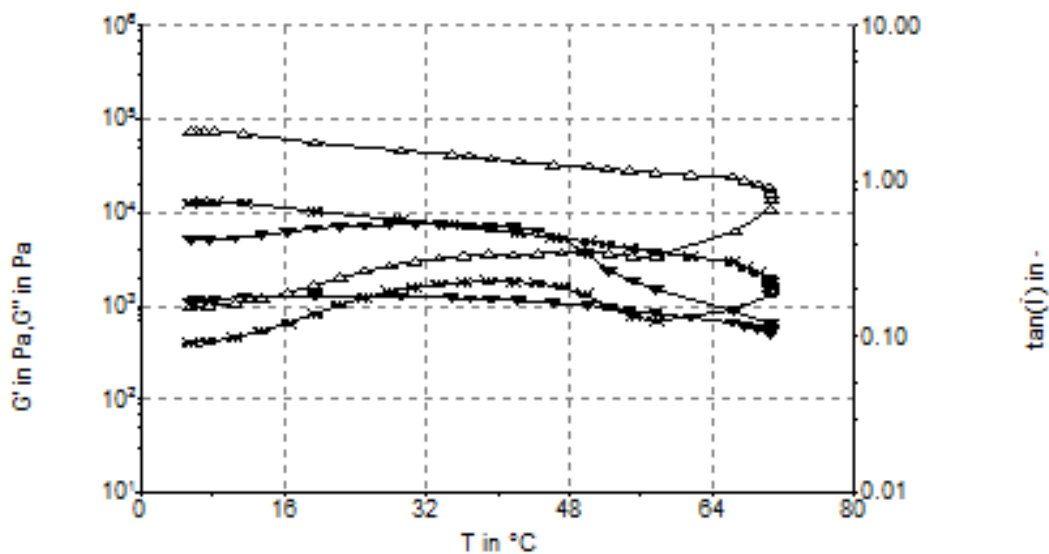
Výstupem našeho měření je komplexní modul pružnosti, který se skládá z elastického modulu ( $G'$ ) a ztrátového modulu ( $G''$ ). Komplexní modul nám udává tuhost materiálu vyjádřenou v komplexním stavu. Vyjadřuje se vztahem:

$$G^* = G' + i \cdot G''$$

$$I^2 = -1$$

Na obr. č. 11 můžeme pozorovat elastický modul, který je označen  $\triangle$  i ztrátový modul, který se značí  $\ast$ . Pod značkou  $\blacktriangledown$  je vyjádřen úhel fázového posunu.

Obrázek 11 – vzorový reogram I



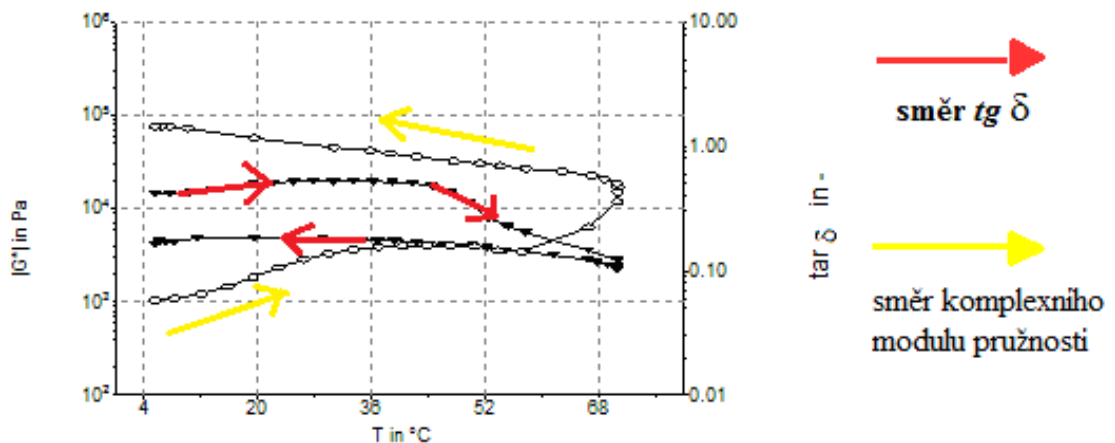
Pro nás bude výchozí úhel fázového posunu. Ten je udáván jako poměr elastického modulu a ztrátového modulu a značí se jako  $\tan \delta$ :

$$\tan \delta = G' / G''$$

Na obr. č. 12 můžeme pozorovat komplexní modul pružnosti, který se vyjadřuje  $\square$  a pod označením  $\blacktriangleright$  můžeme vidět úhel fázového posunu.

Tangens delta je parametr, který nám lépe poukazuje na pevnost gelu a změny vlastností gelu v průběhu zahřívání (označen červenou šipkou na obr. č. 12) a při sledování změn tuhosti gelu v průběhu chlazení až do výsledné tuhosti je průběh lépe patrný při sledování pomocí komplexního modulu pružnosti (směr je označen na obr. č.12 žlutou šipkou). Vyšší hodnota  $G'$  ukazuje na to, že se tvoří převážně pevnější gely a systém má charakter pevné látky. [48] Na ose y můžeme sledovat parametr, na základě kterého můžeme srovnávat tuhost vzorku a na ose x je vyznačena teplota.

Obrázek 12 – vzorový reogram II



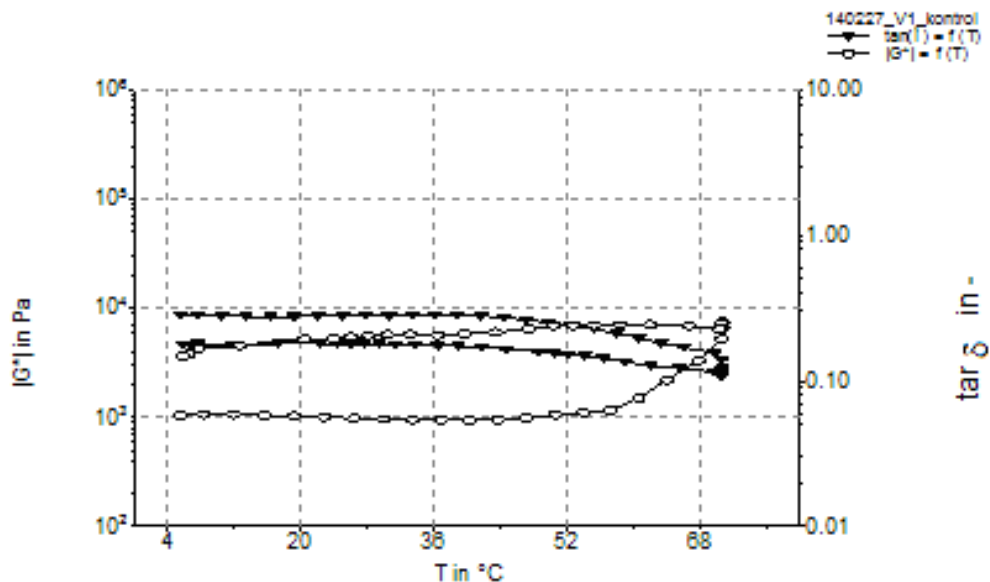
## 8.2 Kontrolní vzorek

Při porovnávání reogramu a při zhodnocení vlivu fosforečnanů na vepřovou svalovinu můžeme vycházet z pohledu na pH fosforečnanu, použitou koncentraci fosforečnanu a také na počtu atomů fosforu v molekule použitého fosforečnanu.

Za výchozí budeme považovat kontrolu, která je bez přídavku fosforečnanu a obsahuje pouze 2% roztok dusitanové solící směsi. Homogenizovaná svalovina po masírování s pitnou vodou a dusitanovou solící směsí měla pH 5,57.

Na obr. č. 13 můžeme vidět, že homogenizovaná svalovina v průběhu změny teplot vykazuje minimální změny viskoelastických vlastností. Výsledná tuhost gelu je na velice nízké úrovni ( $10^3$  Pa). Nedochozí zde k výraznému ztekucení ani k tunutí gelu při chlazení. To je způsobeno postupným unikáním vody z materiálu. Vlivem nepatrného množství rozpuštěných miofibrilárních bílkovin se nemohou tvořit pevné gely. Proto výsledný systém není soudržný a hmota má malou pevnost.

Obrázek 13 – reogram – kontrolní vzorek



### 8.3 Zásadité fosforečnany

Během experimentu byly použity následné zásadité fosforečnany:

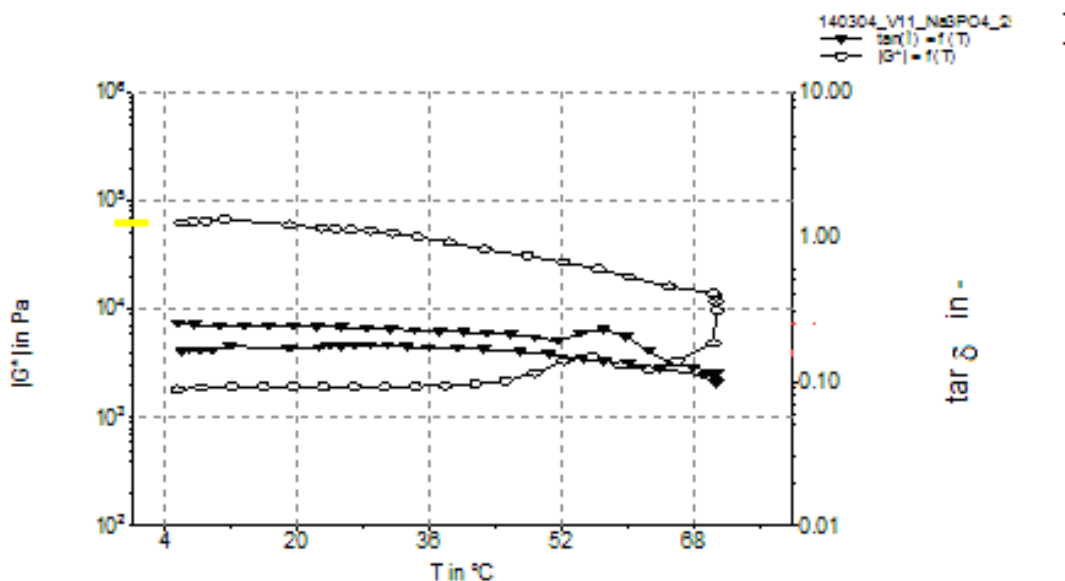
- $\text{Na}_3\text{PO}_4$
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
- $\text{K}_3\text{PO}_4$
- $\text{K}_2\text{HPO}_4$
- $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$
- $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$

Roztoky z těchto fosforečnanů mají hodnotu pH nad 6. Jejich působením dochází k vyvázání  $\text{Ca}^{2+}$  iontů a ke zvýšení elektronegativity. Z toho důvodu dochází k odpuzování vazeb a zvýší se prostory v atinoyozinovém komplexu, do kterých se může navázat více vody. Vlivem přidání takového fosforečnanu do suroviny dochází k tvorbě gelu.

#### 8.3.1 Fosforečnan sodný ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) – 25%

Fosforečnan sodný patří mezi monofosforečnany. Na obr. č. 14 můžeme vidět, že v průběhu zvyšování teplot se vlastnosti systému nemění až do dosažení teploty  $52^\circ\text{C}$ , kdy dochází ke ztuhnutí. V rozmezí teplot  $52\text{--}60^\circ\text{C}$  došlo ke ztekucení systému. To je způsobeno denaturací bílkovin vlivem teploty. Působením fosforečnanu došlo k vyvázání vápníku a fibrilární bílkoviny byly dostatečně hydratovány a ztekucená fáze, která je tvořena bílkoviny rozpuštěnými v roztoku  $\text{NaCl}$ , vytvoří gel o solidní pevnosti. Maximum ztekucení bylo dosaženo při teplotě  $58^\circ\text{C}$  a následovalo tuhnutí gelu až do  $70^\circ\text{C}$ . Na křivce komplexního modulu pružnosti můžeme také vidět, že tuhnutí pokračuje i během chlazení, a to až do teploty  $11^\circ\text{C}$  (výsledná tuhost je označena žlutou barvou).

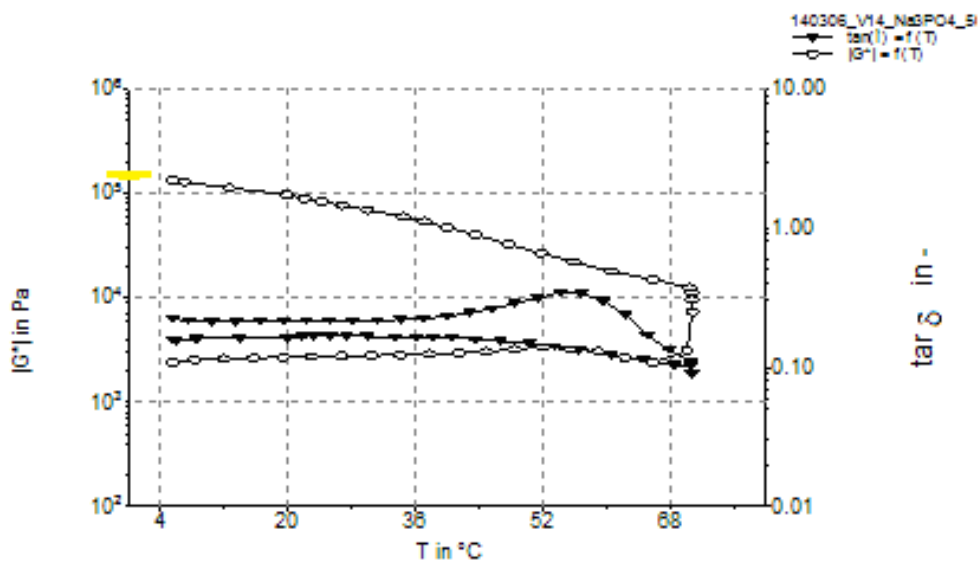
Obrázek 14 – reogram  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – 25%



### 8.3.2 Fosforečnan sodný ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) – 50%

U použití fosforečnanu sodného v koncentraci 50% můžeme pozorovat, že dochází k výraznějšímu ztekucení, a to od působení teploty  $45^{\circ}\text{C}$  do  $60^{\circ}\text{C}$ . Poté nasává tuhnutí gelu, které pokračuje neustále i během chlazení až do do teploty  $5^{\circ}\text{C}$ . Výsledná tuhost gelu je výrazně vyšší než při použití stejného fosforečnanu o nižší koncentraci (25%).

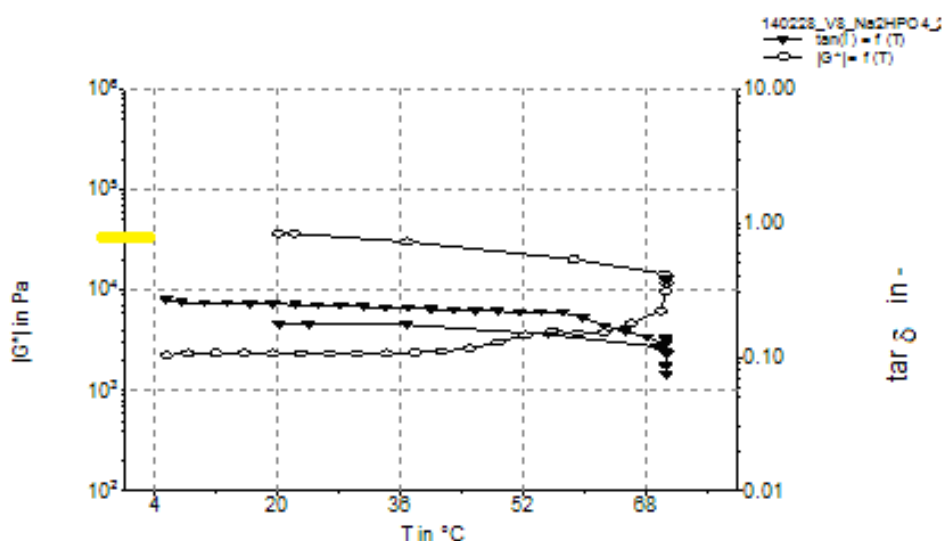
Obrázek 15 – reogram -  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – 50%



### 8.3.3 Hydrogenfosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) – 25%

Na obr. č. 16 můžeme vidět, jak na systém působí hydrogenfosforečnan sodný v koncentraci 25%. V průběhu zvyšování teplot nedochází k výraznějším změnám ve struktuře, ty se objevují až při dosažení teploty  $58^\circ\text{C}$ . Od této teploty nastává tuhnutí gelu, které trvá i během chlazení. Tuhnutí je pozvolné a tuhost výsledného gelu můžeme pozorovat na křivce komplexního modulu pružnosti.

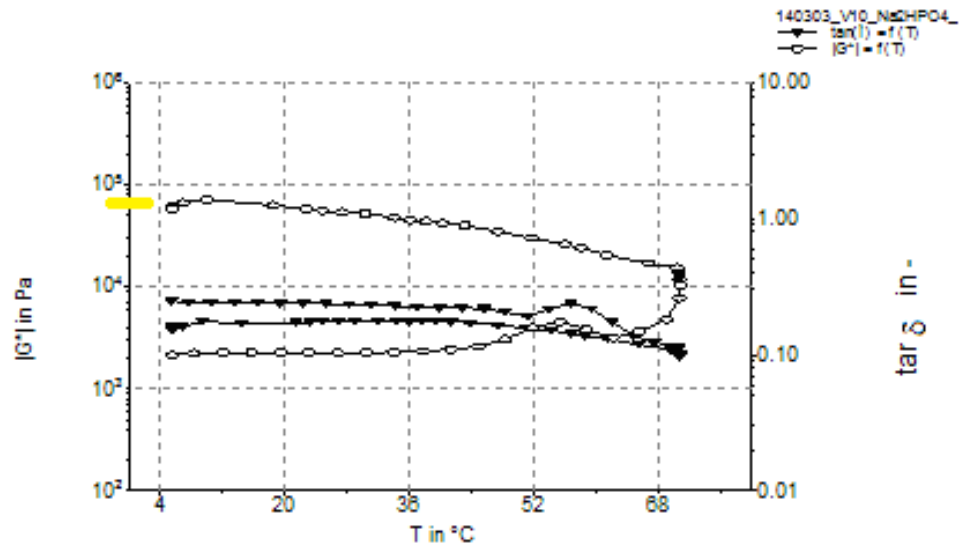
Obrázek 16 - reogram –  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 25%



### 8.3.4 Hydrogenfosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) – 50%

Při použití hydrogenfosforečnanu sodného v koncentraci 50% se objevují mírné odchylky v porovnání s použitím stejného fosforečnanu, ale v nižší koncentraci. Na reogramu (obr. č. 17) je patrné, že kolem teploty  $52^\circ\text{C}$  dochází k mírnému ztuhnutí a následně se systém vrací do původního stavu. Trvalé tuhnutí nastává až od teploty  $58^\circ\text{C}$ . Výsledný gel je pevnější než v případě použití nižší koncentrace.

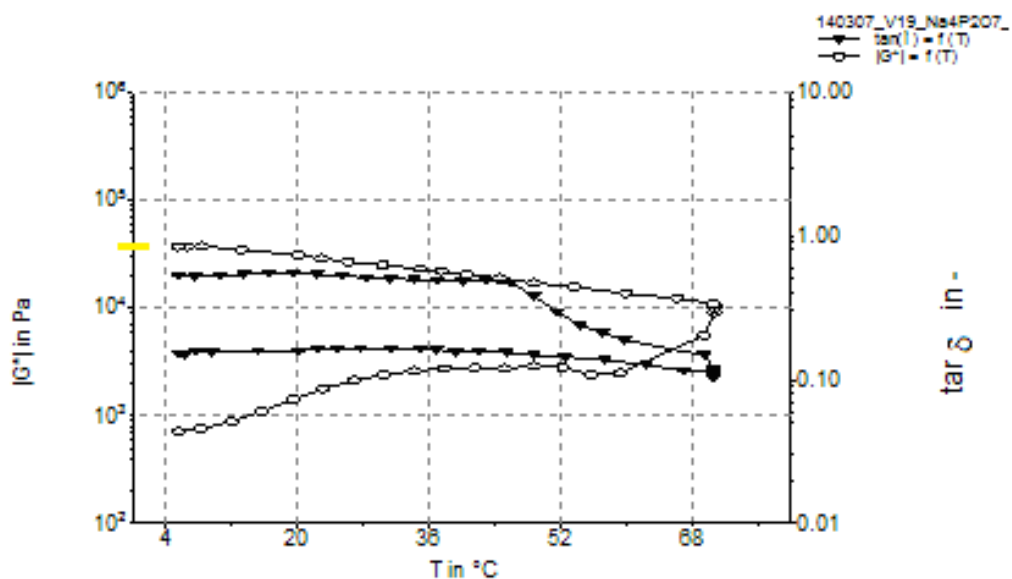
Obrázek 17 - reogram – Na<sub>2</sub>HO<sub>4</sub> – 50%



### 8.3.5 Difosforečnan sodný (Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) – 25%

Difosforečnan sodný vykazuje určité rozdíly v porovnání použití monofosforečnanu sodného. Z reogramu (obr. č. 18) můžeme vypočítat, že během zahřívání až do teploty 46°C nedochází k výrazným změnám viskoelastických vlastností. Po dosažení této teploty dochází k výraznému tuhnutí gelu., který tuhne i během chlazení až do teploty 15°C.

Obrázek 18 – reogram – Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – 25%

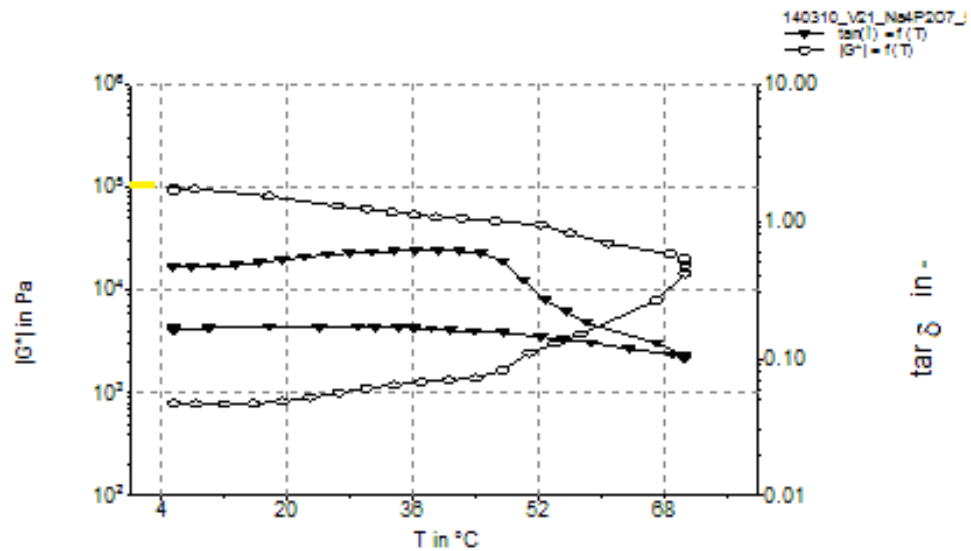




### 8.3.6 Difosforečnan sodný ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 50%

Difosforečnan sodný v koncentraci 50% tvoří pevný gel ( $10^5\text{Pa}$ ), což můžeme pozorovat na obr. č. 19 na ose y. Na reogramu je také patrné, že už od začátku působení teplot dochází k mírnému ztekucení systému. Tuhnutí gelu nastává dříve než u monofosforečnanů a to už při dosažení teploty  $47^\circ\text{C}$  (u monofosforečnanů –  $64^\circ\text{C}$ ). Tuhnutí pokračuje i během chlazení až do teploty  $7^\circ\text{C}$ .

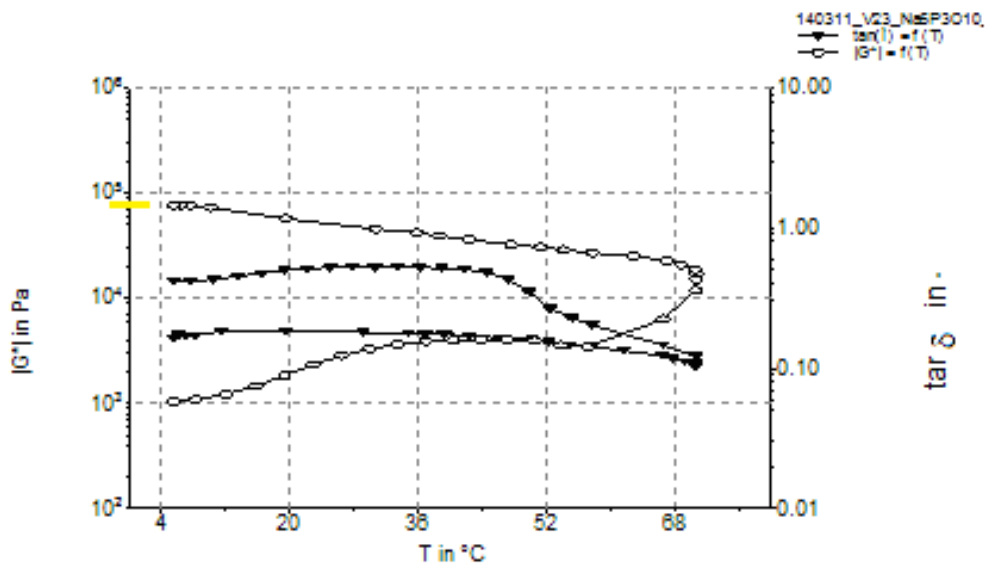
Obrázek 19 – reogram –  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – 50%



### 8.3.7 Trifosforečnan sodný ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) – 25%

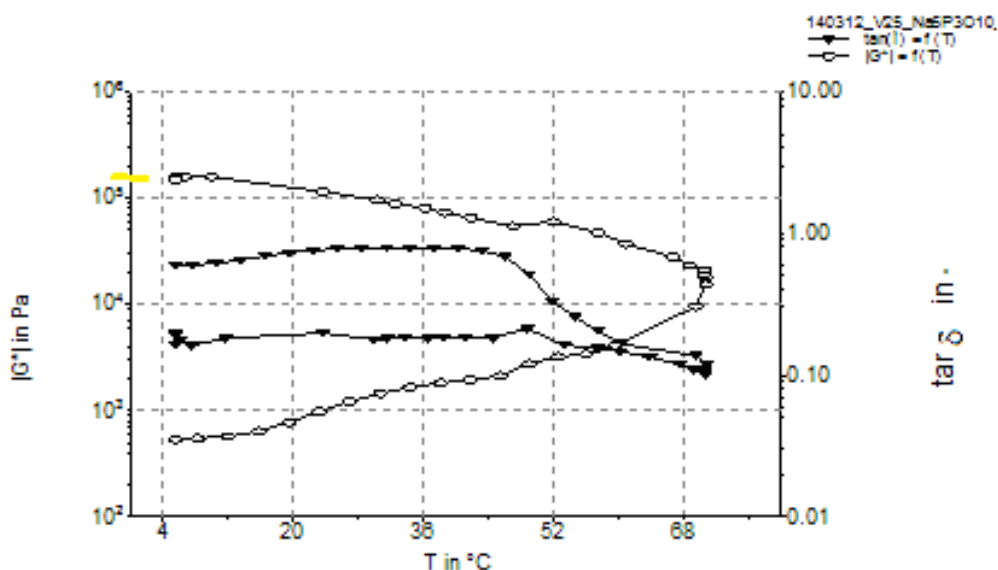
Při použití trifosforečnanu sodného můžeme na obr.č. 20 pozorovat, že už od působení teploty  $11^\circ\text{C}$  dochází k mírnému ztekucení systému. Tento jev pokračuje až do teploty  $44^\circ\text{C}$ , kdy je patrné, že se tvoří gel, který postupně tuhne až do konce zahřívání (dosažení teploty  $70^\circ\text{C}$ ) a tuhnutí pokračuje i během chlazení až do  $11^\circ\text{C}$ . Při posouzení komplexního modulu pružnosti je vidět, že výsledný gel je pevný.

Obrázek 20 – reogram  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – 25%



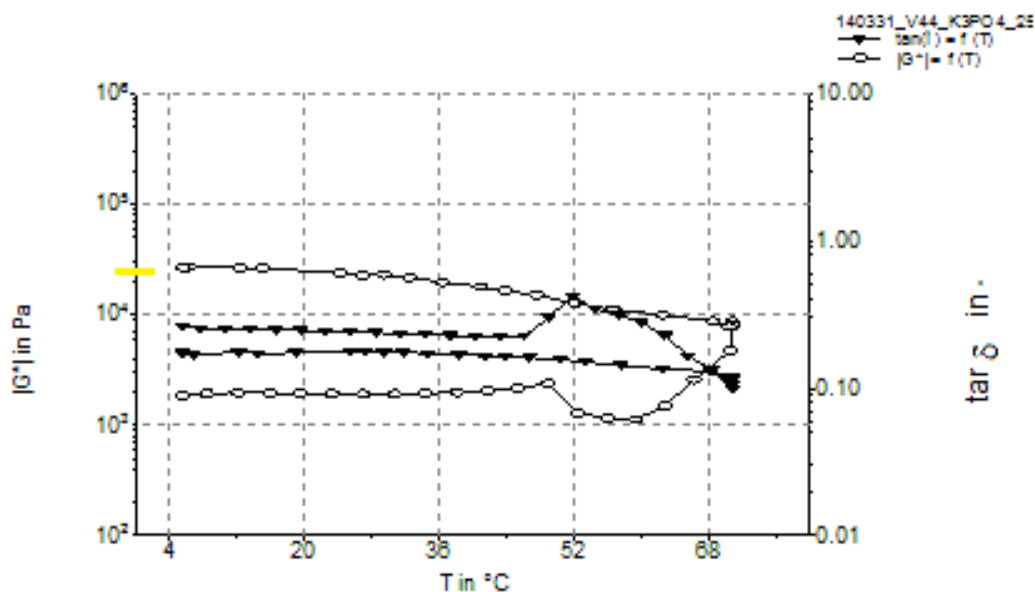
### 8.3.8 Trifosforečnan sodný ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) – 50%

Působení trifosforečnanu sodného v koncentraci 50% je podobné jako při použití stejného fosforečnanu v nižší koncentraci. Rozdíl je ale vidět v pevnosti gelu, který můžeme pozorovat na komplexním modulu pružnosti na obr. č. 21. Tento fosforečnan poskytuje velice pevný výsledný gel.

Obrázek 21 - reogram  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – 50%

### 8.3.9 Fosforečnan draselný ( $\text{K}_3\text{PO}_4$ ) – 25%

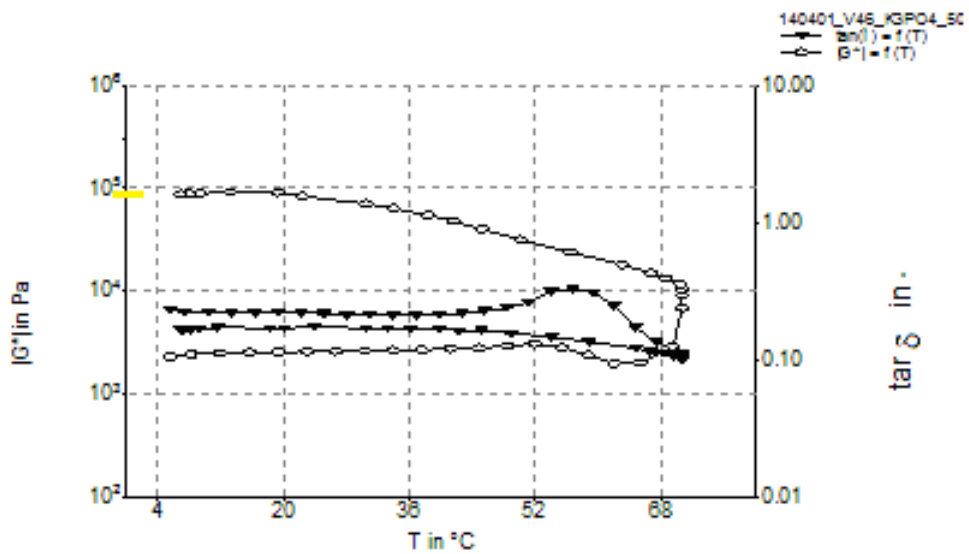
Na obr. č. 22 je vidět, že při použití fosforečnanu draselného v koncentraci 25% v průběhu tepelného opracování nedochází k výrazným změnám systému až do teploty 47°C. V tomto bodě dochází k výraznému ztekucení, které dosahuje maxima v teplotě 52°C. Poté následuje tuhnutí gelu až do 70°C a mírně pokračuje i během chlazení. Výsledný gel je soudržný, ale méně pevný.

Obrázek 22 - reogram  $\text{K}_3\text{PO}_4$  – 25%

8.3.10 Fosforečnan draselný ( $K_3PO_4$ ) – 50%

Aplikace fosforečnanu draselného v koncentraci 50% ukazuje, že změny viskoelastických vlastností během zvyšování teploty jsou minimální až do působení teploty 50°C. Vlivem této teploty dochází ke ztekucení, které dosahuje maxima v 58°C a následuje tuhnutí gelu, který tuhne mnohem výrazněji během tuhnutí. Ztekucení zde nastává později než při použití nižší koncentrace a výsledný gel je mnohem pevnější, což je patrné z komplexního modulu pružnosti. (obr. č. 23 )

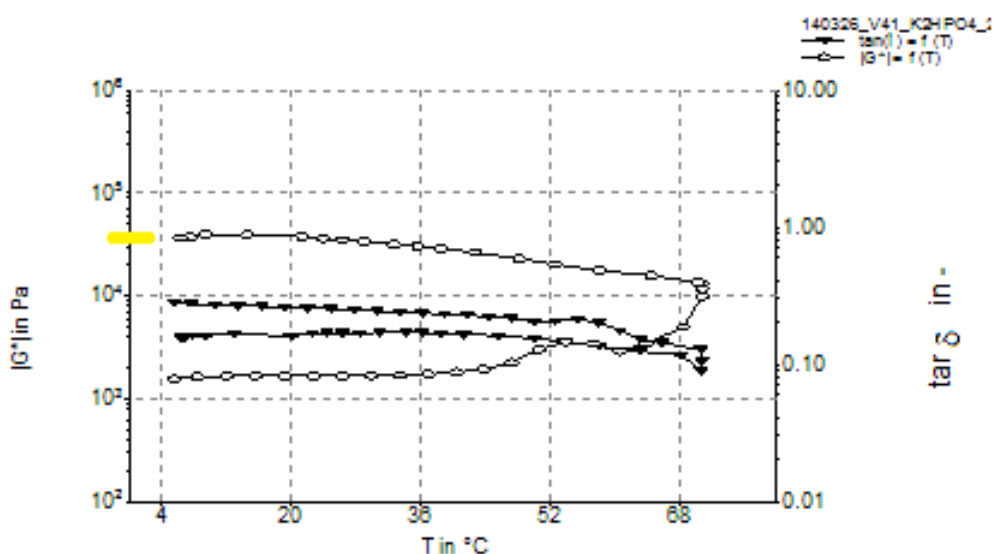
Obrázek 23 - reogram  $K_3PO_4$  – 50%



### 8.3.11 Hydrogenfosforečnan draselný ( $K_2HPO_4$ ) – 25%

Při použití hydrogenfosforečnanu draselného (25%) je zjevné, že fosforečnan zde působí již od začátku tepelného opracování. Na obr. č. 24 můžeme vidět, že k mírnému tuhnutí dochází už od teploty 16°C a pokračuje v průběhu celého záhřevu. Výsledný gel má nízkou pevnost – to je patrné z komplexního modulu pružnosti.

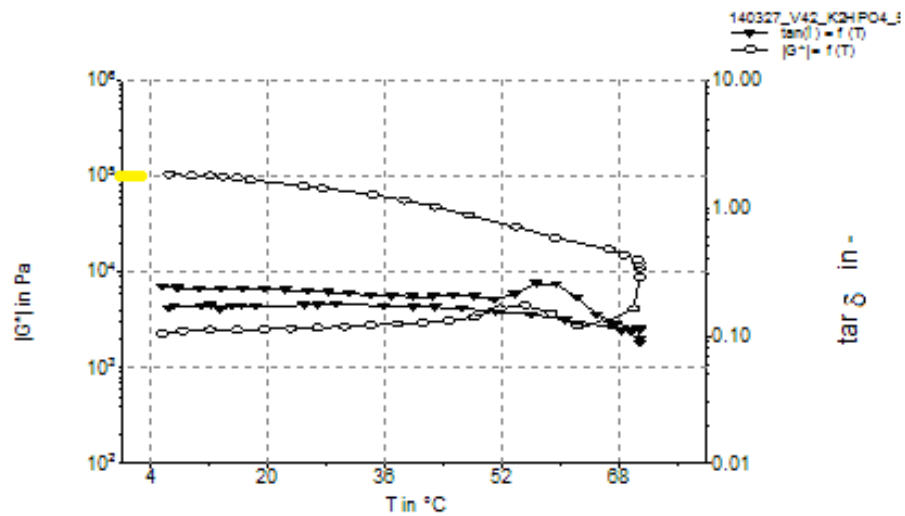
Obrázek 24 - reogram  $K_2HPO_4$ – 25%



### 8.3.12 Hydrogenfosforečnan draselný ( $K_2HPO_4$ ) – 50%

Při porovnání koncentrací hydrogenfosforečnanu draselného, můžeme vidět, že při vyšší koncentraci dochází k výraznějšímu ztekucení (maximum 58°C) po kterém následuje prudké tuhnutí systému. To pokračuje i během chlazení až do teploty 4°C. V porovnání s 25% koncentrací je patrné, že vytvořený gel je mnohem pevnější a jsou zde vidět i rozdíly tuhnutí během chlazení – gel při použití 50% koncentrace tuhne mnohem výrazněji.

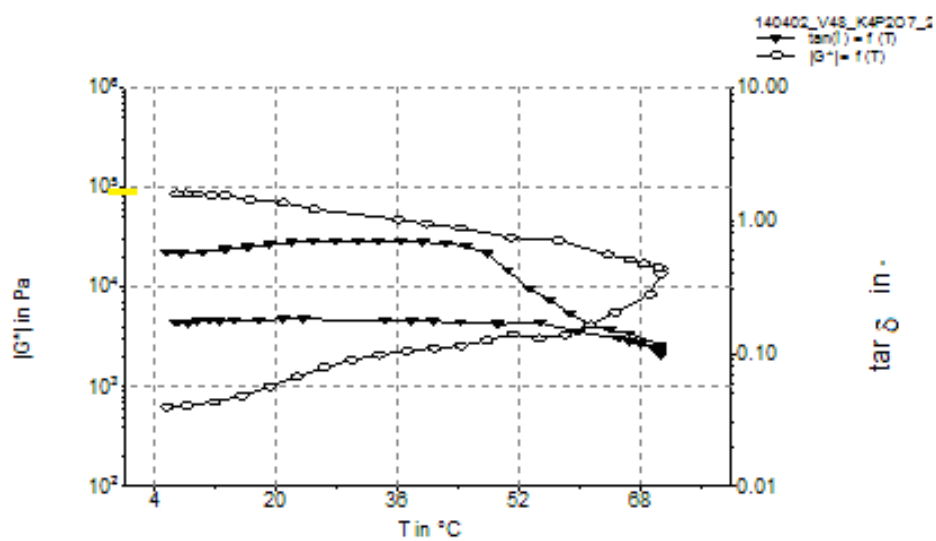
Obrázek 25 - reogram  $K_2HPO_4$  – 50%



**8.3.13 Difosforečnan draselný ( $K_4P_2O_7$ ) – 25%**

Přidavek difosforečnanu draselného ukazuje, že k mírnému ztekucení dochází již od začátku tepelného záhřevu. A po dosažení teploty 47°C dochází k prudkému tuhnutí gelu. Během následného chlazení tuhnutí gelu pokračuje až do teploty 16°C. Komplexní modul pružnosti nám ukazuje, že výsledný gel je velmi pevný.

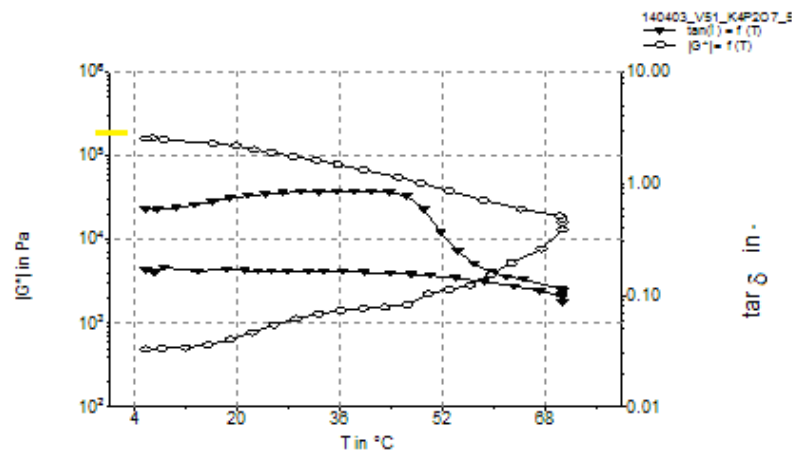
Obrázek 26 – reogram  $K_4P_2O_7$  – 25%



### 8.3.14 Difosforečnan draselný ( $K_4P_2O_7$ ) – 50%

Na reogramu (obr.č. 27 ) můžeme pozorovat, že difosforečnan draselný v koncentraci 50% intenzivně působí na systém již od začátku zahřívání. Ztekucení nastává mnohem rychleji a gel se začíná tvořit dříve a prudce tuhne už od 47°C. Tuhnutí pokračuje i během následného chlazení až do působení teploty 10°C. Výsledný gel je velice pevný a stabilní.

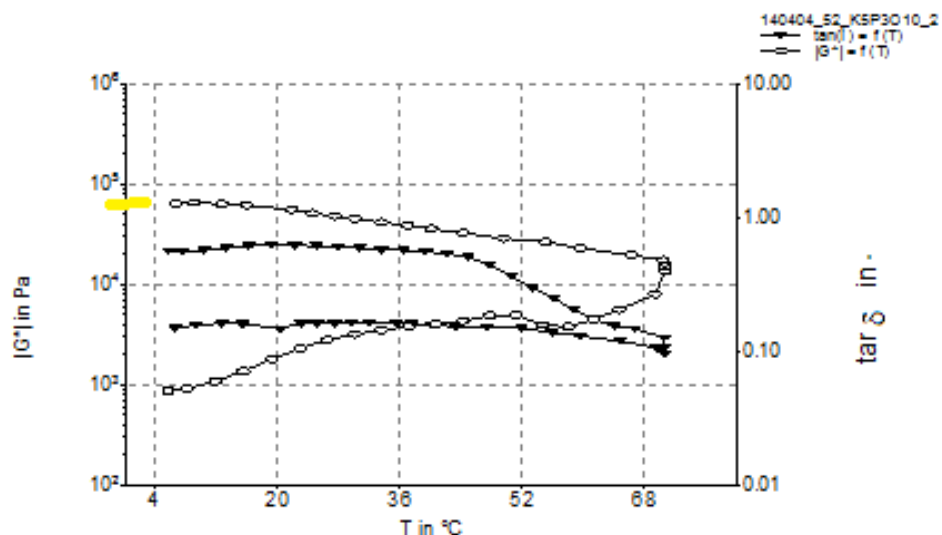
Obrázek 27 – reogram  $K_4P_2O_7$  – 50%



### 8.3.15 Trifosforečnan draselný ( $K_5P_3O_{10}$ ) – 25%

Na obr.č. 28 můžeme vidět, že použitý trifosforečnan na systém působí již od začátku změny teplot. Je zde vidět, že už od 10°C dochází k mírnému ztekucení systému. Od teploty 44°C dochází k tuhnutí gelu, které trvá i během chlazení až do teploty 18°C.

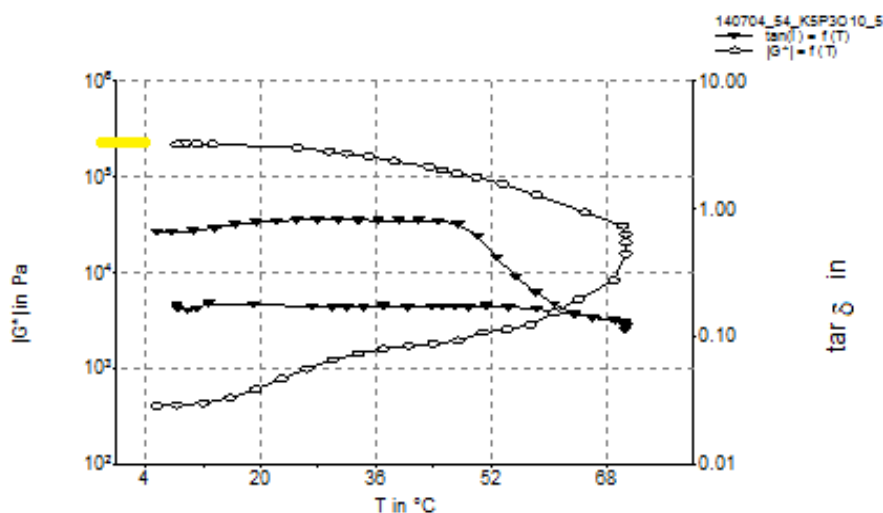
Obrázek 28 – reogram  $K_5P_3O_{10}$  – 25%



### 8.3.16 Trifosforečnan draselný ( $K_5P_3O_{10}$ ) – 50%

Při použití stejného trifosforečnanu o vyšší koncentraci můžeme pozorovat tvorbu gelu od 48°C, kdy dochází k prudkému tuhnutí systému. Je zjevné, že tato koncentrace umožňuje tvorbu mnohem pevnějšího gelu.

Obrázek 29 – reogram  $K_5P_3O_{10}$  – 50%



## 8.4 Kyselé fosforečnany

Z kyselých fosforečnanů byl do této diplomové práce vybrán následující:

- $Na_2H_2P_2O_7$

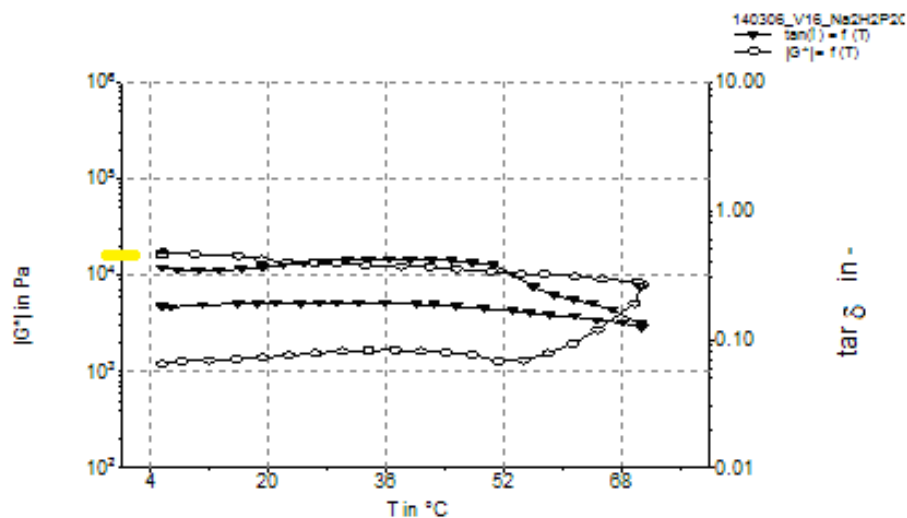
Přidáním kyselého fosforečnanu do vzorku dochází k okyselení systému. Tyto fosforečnany mají pH kolem 5,5, což je hodnota, která se blíží isoelektrickému bodu aktinomyosinového komplexu (pH 5,3). Z důvodu toho, že fosforečnany působí jako pufr, tak udržují v systému nízké pH. Díky tomu dochází ke snižování elektronegativity a vazby se přestávají odpuzovat. Mezi vazby se dostane méně vody a při působení teploty 48-60°C dojde ke ztekucení. Tato teplota odpovídá teplotě, kdy začínají denaturovat aktinomyosinové komplexy. Během denaturace dochází k uvolnění vody a systém se začne chovat jako kapalina. K tvorbě gelu sice dochází, ale výsledný gel je velice slabý a surovina je měkká, protože zde nejsou vhodné podmínky pro tvorbu pevného, stabilního gelu.



#### 8.4.1 Dihydrogendifosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 25%

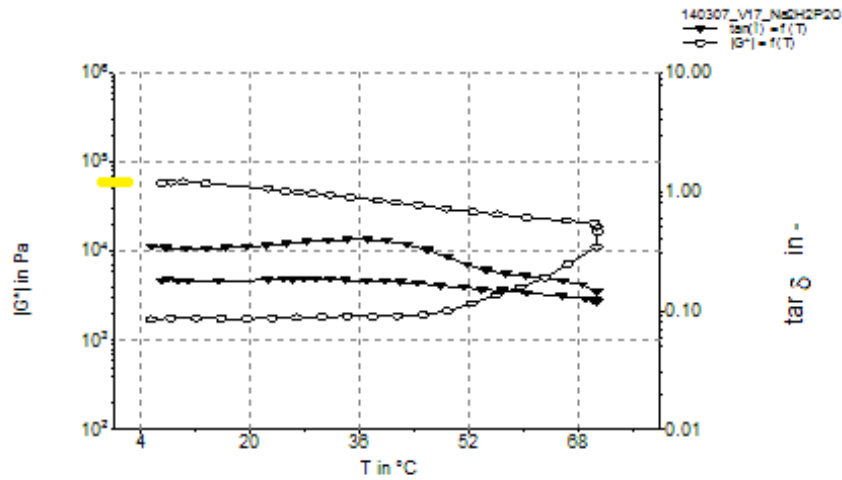
Na následujícím reogramu můžeme pozorovat použití difosforečnanu - dihydrogendifosforečnanu sodného v koncentraci 25% (obr. č. 30). K mírným změnám ve struktuře dochází už při teplotě 24°C, kdy nastává ztekucení, které trvá až do teploty 51°C. Od působení teplot 51°C dochází ke ztuhnutí systému, které mírně pokračuje i během chlazení. Výsledná tuhost gelu je velmi nízká, proto je gel měkký.

Obrázek 30 – reogram  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$  – 25%



#### 8.4.2 Dihydrogendifosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) – 50%

Při použití difosforečnu v koncentraci 50%, je vidět že přídavek fosforečnanu na systém působí už od teploty 23°C, kdy nastává mírné ztekucení. K trvalému ztuhnutí gelu dochází od teploty 46°C a pokračuje i během chlazení až do teploty 6°C. V porovnání s nižší koncentrací je vidět, že výsledná tuhost gelu je mnohem vyšší – gel je pevnější.

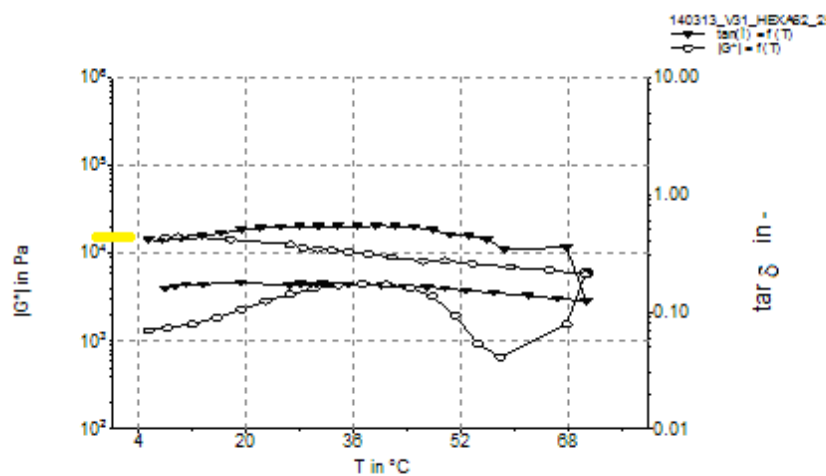
Obrázek 31 – reogram  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$  – 50%

## 8.5 Sodné soli polyfosforečnanu

### 8.5.1 HEXA 62 (n=5) - 25%

Při použití směsi HEXA 62 v koncentraci 25% můžeme na reogramu pozorovat, že již od začátku změny teplot dochází k mírnému ztekucení systému. Tento jev trvá až do teploty 51°C, kdy nastává mírné tuhnutí. Gel trvale tuhne od teploty 57°C. Vzniklý gel, který se tvoří během chlazení, je velice měkký.

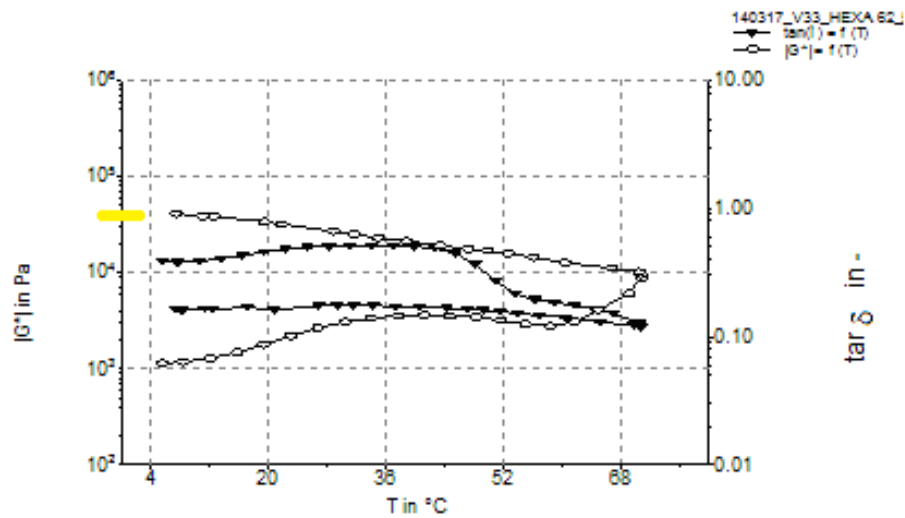
Obrázek 32 – reogram HEXA 62



### 8.5.2 HEXA 62 (n=5) - 50%

Při porovnání koncentrací směsi HEXA 62 je zjevné, že při použití vyšší koncentrace (50%) dochází k tvorbě gelu mnohem dříve než u nižší koncentrace. Gel trvale tuhne od teploty 49°C až do 70°C. Také výsledná tuhost gelu se velmi liší – při použití koncentrace 50% je gel výrazně pevnější než při použití koncentrace 25%.

Obrázek 33 – reogram HEXA 62



## 8.6 Vyhodnocení výsledků

Při porovnávání fosforečnanů se zaměříme na 3 základní faktory: pH fosforečnanu, koncentrace a počet atomů fosforu v molekule použitého fosforečnanu.

Nejdříve se zaměříme na pH použitého fosforečnanu. Hodnoty pH jednotlivých fosforečnanů a také hodnoty pH suroviny před masírováním (svalovina bez jakýkoliv přísadků) a pH po masírování (s přísadkem pitné vody, dusitanové solící směsi a fosforečnanu) jsou zaznamenány v tabulce č. 7 a 8. Zásadité fosforečnany, které byly přidávány do směsi, mají pH v rozmezí 8,8 -12. Ze získaných výsledků je patrné, že mnohem pevnější gely tvoří zásadité fosforečnany. Nejpevnější gely byly získány za použití  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (50%),  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (50%),  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  (50%),  $\text{K}_3\text{PO}_4$  (50%),  $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (25% i 50%),  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (50%) a  $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  (25%, 50%). Při použití kyselých fosforečnanů je výsledná pevnost gelu u všech vzorků pod  $10^5$  Pa.

Při srovnání vlivu koncentrace aplikovaných fosforečnanů ve všech případech bylo prokázáno, že při použití vyšší koncentrace (50%) byl vytvořen pevnější gel než při přidání stejného fosforečnanu v nižší koncentraci (25%).

Také se ukázalo, že na tvorbu výsledného gelu má také vliv počet atomů fosforu v molekule použitého fosforečnanu. Difosforečnany a trifosforečnany jsou schopné tvořit pevnější výsledný gel než monofosforečnany. Při použití těchto solí je na reogramech také vidět, že tyto fosforečnany působí na chování svaloviny již od začátku tepelného zahřívání. Také je zde patrné, že gel se tvoří mnohem dříve než při použití monofosforečnanů – přibližně od teploty  $44^\circ\text{C}$ . Závěrečné, prudké tuhnutí také ukazuje na to, že výsledný gel je velmi pevný a stabilní. Pravidlo o počtu fosforů v molekule ale platí pouze do použití trifosforečnanů. Polyfosforečnany se můžou hydrolyzou rozpadat na jednodušší fosforečnany, např. monofosforečnany a v systému nereaguje jako polyfosforečnan, ale jako nově vzniklý monofosforečnan.

Tabulka 7 - KYSELÉ FOSFOREČNANY - pH fosforečnanů a pH směsi

	koncentrace	pH fosforečnanu	pH 1 *	směrodatná odchylka	pH 2 **	směrodatná odchylka
$\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4$	25%	4,2	5,78	0,04	5,80	0,05
	50%		5,82	0,03	5,91	0,05

Tabulka 8 - ZÁSADITÉ FOSFOREČNANY - pH fosforečnanů a pH směsi

	koncentrace	pH fosforečnanu	pH 1 *	směrodatná odchylka	pH 2 **	směrodatná odchylka
<b>Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	25%	12	5,72	0,06	6,23	0,05
	50%		5,82	0,06	6,62	0,04
<b>Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></b>	25%	8,8	5,68	0,05	5,73	0,04
	50%		5,82	0,04	5,98	0,03
<b>Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	25%	10,2	5,68	0,07	5,73	0,08
	50%		5,82	0,06	5,98	0,04
<b>Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub></b>	25%	9,8	5,78	0,05	5,80	0,06
	50%		5,82	0,04	5,91	0,05
<b>K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	25%	12	5,35	0,08	5,67	0,05
	50%		5,41	0,04	6,12	0,03
<b>K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></b>	25%	9,5	5,60	0,04	5,61	0,05
	50%		5,60	0,06	5,83	0,07
<b>K<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	25%	10,4	5,55	0,05	5,50	0,04
	50%		5,38	0,04	5,60	0,05
<b>K<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub></b>	25%	9,6	5,45	0,07	5,48	0,06
	50%		5,55	0,09	5,67	0,07

\* pH 1 – pH před masírováním a před přidavkem dusitanové solící směsi, vody a fosforečnanu

\*\* pH 2 – pH po 8 hodinách masírování a po přidavku dusitanové solící směsi, vody a fosforečnanu

## 9 DISKUZE

Naše výsledky můžeme porovnat s mnoha dalšími autory, kteří se ve svých výzkumech zaměřili na tvorbu gelu z myofibrilárních proteinů.

*Long a kol.* ve své práci uvádějí, že přídavek fosforečnanů slouží ke změně nebo stabilizaci pH (pufrů), zvyšují schopnost zadržování vody, čímž se docílí vyšší výnosy a sníží se ztráty během vaření a také zlepšují texturní a senzorické vlastnosti masných výrobků. Přídavek je také vhodný pro zvýšení trvanlivosti výrobku. Autoři také uvádějí, že přídavek zásaditých fosforečnanů (hlavně  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  a  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ) do masa s mírně sníženým pH způsobí zvýšení pH výrobku. V okamžiku, kdy se pH zvýší nad hodnotu isoelektrického bodu, tak dochází ke zvýšení elektronegativity. To je příčina tvorby větších mezimolekulárních prostor mezi aktinem a myosinem a dojde tak k navázání většího množství vody. [31] Při porovnání s našimi výsledky se potvrzuje to, co uvádějí autoři této práce.

Účinky tepelného záhřevu na proteiny masa popisuje ve své práci také *Tornberg*. Ten uvádí, že při teplotě 30-32°C dochází k tvorbě roztoku z myofibrilárních proteinů, při teplotě 36-40°C dojde k rekonfiguraci proteinů a tvorba gelu nastává při teplotě 45-50°C. V rozmezí teplot 53-63°C dochází k denaturaci kolagenu. V případě, že kolagenová vlákna jsou ve vodném prostředí, nejsou stabilizována tepelně odolnými vazbami, tak se kolagen rozpouští a dalším záhřevem se tvoří želatina. Těmito pochody je ovlivňována struktura vařeného masa a mělněných masných výrobků, zadržování vody a také textura masných výrobků. Typický průběh změn myofibrilárních struktur během tepelného zahřívání se skládá ze 3 zón. První zóna se projeví v rozmezí teplot 54-58°C a je přičítána myosinu. Druhá se vyskytuje mezi 65-67°C v důsledku reakce kolagenu a sarkoplazmatických proteinů. Třetí zóna je přičítána aktinu a nachází se mezi teplotou 80-83°C. V rámci našeho experimentu jsme zahřívání končili na teplotě 70°C. Denaturace myofibrilárních proteinů v roztoku obvykle vede k tvorbě gelu, protože myosin je schopen tvořit gel při velmi nízkých koncentracích (0,5%). Pokud dochází k zahřívání izolovaného myosinu – pevnost gelu dosahuje svého maxima při pH 5,5 a teplotě 45°C, pokud je pH 6,0 je potřeba teplota 60°C. [50] Tyto informace nám potvrzují to, k čemu jsme došli v rámci našeho experimentu:

- $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (25%) - pH suroviny bylo 5,5, vlivem přidaného fosforečnanu dochází k tvorbě roztoku myofibrilárních proteinů dříve než *Tornberg* tvrdí – roztoky se

tvoří už od teploty 28°C a tyto roztoky mají tekutou povahu až do teploty 45°C. Při této teplotě je patrný počátek tuhnutí vytvořeného gelu a toto tuhnutí pokračuje i během chlazení.

- Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (25%) – pH suroviny bylo 6,23, tuhnutí gelu nastalo dříve a pevný gel se začal tvořit od teploty 58°C. V porovnání koncentrací (25% X 50%) můžeme pozorovat velký rozdíl ve ztekucení. Při použití fosforečnanu o koncentraci 50% dochází k výraznějšímu ztekucení a výsledný gel je velice pevný. Hodnota pH suroviny byla 6,62.
- K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (50%) – pH suroviny bylo 6,12 a tuhnutí gelu nastalo až od 60°C
- Ze získaných poznatků můžeme tvrdit, že k tvorbě gelu po aplikaci přidávaných látek dochází mnohem později než bez nich.

Na reologické vlastnosti myofibrilárních bílkovin se ve své práci zaměřili také *Patrascu a kol.* Vzorky byly podrobeny oscilačnímu měření při konstantní frekvenci 1Hz a při tlaku 20 Pa. Následně byl stanoven elastický ( $G'$ ) a ztrátový modul ( $G''$ ) a také úhel fázového posunu ( $\tan \delta$ ). K experimentu použili Advance Rheometr AR2000. Vzorky byly zahřívány na teplotu 5-80°C rychlostí 2°C/1 minutu. Okraje vzorku byly potřeny slabou vrstvou silikonového oleje, aby se zabránilo jeho vysychání. Z výstupu měření se sledoval vývoj elastického modulu ( $G'$ ). Úhel fázového posunu všech myofibrilárních proteinů se blížil spíše k pevné látce bez ohledu na hodnotu pH. Nízké hodnoty  $\tan \delta$  vysokou hodnotou  $G'$  ukazují na to, že i když převažuje v systému elastické chování, tak se systém stále chová jako viskoelastický gel. Všechny vyšetřované vzorky začaly tvořit gel krátce po teplotě 50°C – což ukazoval rostoucí  $G'$  modul a označuje přechod z kapalného stavu do pevného. Tako teplota je obvykle brána jako teplota želatinace a odpovídá teplotě pro kterou se  $G'$  zvyšuje. Mechanismus, při kterém se tvoří gel z myosinu, zahrnuje agregaci těžkého meromyosin, který je vedoucí bílkovinou a tvoří síť mezi ním a lehkým meromyosinem nebo koncovou částí proteinu. To trvá až do dosažení teploty 70°C, kdy došlo opět ke zvýšení pevnosti gelu. V blízkosti teploty 80°C nebyly pozorovány žádné významné změny v  $G'$ , což naznačuje, že tepelná denaturace byla dokončena. [51] Během našeho experimentu jsme zjistili, že při použití monofosforečnanů dochází k výraznému ztekucení systému v rozmezí teplot 45-60°C a následuje tuhnutí až do 70°C které pokračuje i během chlazení. V případě aplikace difosforečnanů nedojde k výraznému

ztekucení a tvorba gelu nastává podstatně dříve - při teplotě 46°C a trifosforečnanů, kdy fosforečnany na systém působí již od začátku teplot a gel se tvoří mnohem rychleji – při teplotě 44°C. V tomto případě také gel tuhne výrazně i v průběhu chlazení. Přestože autoři pracovali s izolovanými bílkovinami, i tak můžeme svými výsledky potvrdit jejich poznatky.

Podobné téma ve své práci zpracovali také *Westphalen a kol.* Ti se zabývali vlivem pH na reologické vlastnosti vepřového masa při tvorbě gelu z myofibrilárních bílkovin během tepelného záhřevu. Ke svému experimentu použili vepřové maso – *musculus semimembranosus*, ale svalovina byla upravena v souladu s metodou diferenciální centrifugace.

Čtyři vzorky myofibrilárních bílkovin byly izolovány centrifugací (3000 g /10 min, 4°C) pro přípravu vzorků s různou hodnotou pH (7,0; 6,5; 6,0 a 5,6) Každý vzorek byl 4x promyt fosforečnanem sodným o příslušném pH. Mezi každým promytím byly vzorky centrifugovány.

Při reometrickém měření byly vzorky zahřívány rychlostí 1°C/minutu na teplotu 20-85°C. Vzorky byly nanášeny mezi 35 mm paralelní desky a zahřívání probíhalo do 85°C s výdrží 3 minuty a následovalo chlazení až na 5°C – 5°C/minutu. Všechny vzorky začaly tvořit gel při 40°C (rostit  $G'$  a zmenšoval se  $\tan \delta$ ) a tvorba gelu pokračovala až do teploty 52°C. V tomto okamžiku došlo k mírnému oslabení gelu (při pH 7 a 6,5). Při použití pH 6 a 6,5 nebyl pokles modulu pružnosti prokázán, tyto vzorky byly stabilizovány při teplotě 45-55°C a  $G'$  zůstal konstantní. Tvorba gelu pokračovala až do teploty 60°C při použití všech pH až do dosažení teploty 75°C. Modul pružnosti zůstal konstantní během udržovací fáze, což nám ukazuje na konec tvorby gelu. Výsledky, které nashromáždili, nám ukazují, že existuje vztah mezi pH a texturními vlastnostmi. [48]

Tato práce poskytuje odlišné výsledky, než ke kterým jsme se dopracovali my. Tato odlišnost může být způsobena např. tím, že během našeho experimentu byla reometrickému měření podrobena komplexní svalovina, kdežto v tomto případě šlo o izolované myofibrilární bílkoviny s úpravou pH. Z našich výsledků je patrné, že tvorba gelu nastává v rozdílných teplotách při použití různých fosforečnanů. U vepřového masa mohou být odlišnosti v chování způsobeny přítomností kolagenu.

Také *Sun a kol.* se zabývali faktory, které vlisují tvorbu gelu z myofibrilárních proteinů. Uvedli, že tvorba gelu závisí na pH. Při dosažení isoelektrického bodu mají proteiny



nulový náboj a zadržují nejmenší množství vody. To má za následek tvorbu špatných gelů nebo se gely netvoří vůbec. Dále zde uvedli, že optimální pH pro tvorbu gelu z myosinu je pH 6. Vyskytují se ale rozdíly gelovatění u bílých a červených svalů. Také se zde zabývali přidavkem fosforečnanů a jejich schopností vázat vodu. Fosforečnany zvyšují účinky solí a jejich přidáním může být zvýšená schopnost vázat vodu při nízké koncentraci NaCl (1,5%). Zkoumali různé fosforečnany a došli k závěru, že největší vazebnou činnost měl difosforečnan tetrasodný, tetrapolyfosforečnan sodný a hexametafosforečnan sodný. [52] Z našich závěrů je patrné, že v tomto případě měli nejvyšší vazebnou činnost – difosforečnany (difosforečnan sodný a draselný) a trifosforečnany (trifosforečnan sodný). Během experimentu byla použita i sodná sůl polyfosforečnanu se střední délkou řetězce  $n=5$  (Hexa 62). Bylo prokázáno, že použití této soli není optimální, protože tvoří velice měkký, nesoudržný gel. To může být způsobeno tím, že polyfosforečnany se mohou hydrolyzovat na jednodušší řetězce, a proto během změny teplot na systém nepůsobí polyfosforečnan, ale nově vzniklý monofosforečnan.

V rámci mé diplomové práce byla měření podrobena komplexní svalovina, kdežto autoři, které jsme si vybrali k diskutování, pracovali s izolovanou svalovou bílkovinou. V komplexní svalovině jsou přítomny jak sarkoplazmatické bílkoviny, tak i stromatické bílkoviny (zejména kolagen) a tuky. Ale i přesto můžeme prohlásit, že naše měření ve většině případů potvrzují uváděná tvrzení. Některé rozdíly ve výsledcích mohou být způsobeny přítomností kolagenu, jehož chování a vliv na vlastnost gelů popsal ve své práci *Tornberg*. Nízké pH, které je způsobené přidavkem fosforečné soli o nízkém pH, může mít vliv na denaturaci kolagenu, který je rozpustný ve slabých kyselinách, v průběhu změny teploty. Množství hydrolyzovaného kolagenu také nepochybně ovlivní množství zachycené vody, která je uvolňována v průběhu záhřevu, a tím i vlastnosti vzniklého gelu. Také jsme prokázali, že tvorba gelu pokračuje i v průběhu chlazení, kdy téměř ve všech případech pokračovalo tuhnutí gelu.

## ZÁVĚR

Fosforečnany se přidávají do masných výrobků za účelem zvýšit schopnost zadržovat vodu, slouží jak puify a zlepšují senzoričké a texturní vlastnosti masných výrobků.

Hlavním cílem této práce bylo posouzení účinku fosforečnanových solí na reologické vlastnosti modelového masného výrobku. Při výsledném vyhodnocení byly porovnány 3 faktory: pH fosforečnanu, jeho koncentrace a počet atomů fosforu v molekule.

Ze získaných výsledků můžeme říci, že:

- pevnější výsledné gely tvoří zásadité fosforečnany
- všechny fosforečnany tvořily pevnější gel při použití vyšší koncentrace (50% NPM)
- gely vytvořené s použitím difosforečnanů a trifosforečnanů vykazovaly vyšší pevnost než gely vytvořené pomocí monofosforečnanů, také jejich tvorba probíhala při rozdílných teplotách jak během zahřívání, tak i během následujícího chlazení

Z poznatků vyplývá, že vhodnější je používání zásaditých fosforečnanů, a čím se zvyšuje jejich použitá koncentrace a počet atomů fosforů v molekule, tím je výsledný gel pevnější a stabilnější. Kyselé fosforečnany, které se běžně při zpracování masa nepoužívají, byly zde aplikovány pouze pro srovnání a potvrzení funkčních vlastností fosforečnanů.

Nicméně, výsledky měření nevyklučují použití některých fosforečnanů v binárních směsích, nebo ve směsích s hydrokoloidy.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Technologie masa. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL, 1984, 662 s.
- [2] HAMPL, Bohuš. Přehled potravinářského a kvasného průmyslu: vysokoškolská učebnice. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962, 454 s.
- [3] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2012, 569 s. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [4] STEINHAUSER, Ladislav. Hygiena a technologie masa. 1. vyd. Brno: Last, 1995, 643 s. ISBN 80-900260-4-4.
- [5] DVOŘÁK, Zdeněk. Nutriční hodnocení masa jatečných zvířat. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1987, 270 s.
- [6] ODSTRČIL, Jaroslav a Milada ODSTRČILOVÁ. Chemie potravin. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006, 164 s. ISBN 80-7013-435-6
- [7] VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 1. Vyd. 2. uprav. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 8086659003.
- [8] DAVÍDEK, Jiří. Chemie potravin. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991, 142 s. ISBN 8070800976.
- [9] INGR, Ivo. Produkce a zpracování masa. Vyd. 2., nezměn. V Brně: Mendelova univerzita, 2011, 202 s. ISBN 978-80-7375-510-2.
- [10] PIPEK, Petr. Základy technologie masa. Vyd. 1. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1998, 104 s. ISBN 8072310100.
- [11] STRAKA, Ivan a Ladislav MALOTA. Chemické vyšetření masa: (klasické laboratorní metody). Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 2006, 94 s. ISBN 80-86659-09-7.
- [12] STEINHAUSER, Ladislav. Technologie a hygiena potravin živočišného původu - MASO - pracovní verze pro bakaláře [online]. 2013 [cit. 2014-03-06]. Dostupný z [www: <http://www.steinhauser.cz/novinky.php?p=detail&id=128>](http://www.steinhauser.cz/novinky.php?p=detail&id=128).

- [13] SIMEONOVÁ, Jana, Stanislav GAJDŮŠEK a Ivo INGR. Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 122 s. ISBN 80-7157-708-1.
- [14] HRABĚ, Jan, Pavel BŘEZINA a Pavel VALÁŠEK. Technologie výroby potravin živočišného původu: bakalářský směr. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 180 s. ISBN 8073184052.
- [15] KADLEC, Pavel. Technologie potravin I. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [16] SIMEONOVÁ, Jana, Stanislav GAJDŮŠEK a Ivo INGR. Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 122 s. ISBN 80-7157-708-1.
- [17] PIPEK, Petr. Technologie masa II. Vyd. 1. Praha: VŠCHT, 1992, 1 sv.(různé stránkování). ISBN 8070801433.
- [18] *Vyhláška č. 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i) a j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. (poslední změna: 169/2009)*
- [19] DRDÁK, Milan. Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín. Cererálne a fermentačné technológie. Uchovávanie, hygiena a ekológia potravín. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 1996, 495 s. ISBN 8096706411.
- [20] Vše o éčkách v potravinách. <http://www.emulgatory.cz>. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek>
- [21] Vliv různých tepelných úprav na obsah N-nitrosaminů a biogenních aminů v klobásách. Agronavigátor. [online]. [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?typ=1&val=123017&ids=161&ch=13>
- [22] Dusičnany v potravinách. Medicína pro praxi. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2008/09/13.pdf>
- [23] *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1129/2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 vytvořením seznamu potravinářských přídatných látek Unie*

- [24] Potravinářské přísady. Bezlepková dieta. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.bezlepkovadieta.cz/zakladni-informace-o-emulgatorech/1204-3/potravinarske-prisady>
- [25] LAMPILA, L. Applications and functions of food-grade phosphates. New York Academy of Sciences. 2013, s. 37-44.
- [26] Fosfáty. Bezpečnost potravin. [online]. [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92369.aspx>
- [27] Phosphate Use in Meat Products. Nassau foods. [online]. 24.4.2014 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: <http://www.nassaufoods.com/index.php?content=linksresources>
- [28] KLINTH JENSEN, Werner, Carrick DEVINE a Michael DIKEMAN. Encyclopedia of meat sciences. 1st ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, c2004, 1473 s. ISBN 0-12-464970-x.
- [29] FEINER, G., Meat products handbook-Practical science and technology. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, 2006.
- [30] MOLINS, R., A., Phosphates in food. CRC Press 1991, 261 s., ISBN 0-8493-4588-X.
- [31] HUYNH BACH SON LONG, Nguyen, Robert GÁL a František BUŇKA. Use of phosphates in meat products. African Journal of Biotechnology. 2011, Vol. 10(86), s. 19874-19882.
- [32] Sodium Dihydrogen Phosphate. The Japan Food Chemical Research Foundation. [online]. 24.4.2014 [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: [http://www.ffcr.or.jp/zaidan/ffcrhome.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/916cae3da5a8a11b49256f320018877f/\\$file/d342.pdf](http://www.ffcr.or.jp/zaidan/ffcrhome.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/916cae3da5a8a11b49256f320018877f/$file/d342.pdf)
- [33] Dihydrogenfosforečnan sodný. Fosfa. [online]. [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: [http://web.fosfa.cz/files/products/attachments/kl/dihydrogenfosforecnan\\_sodny\\_cz.pdf](http://web.fosfa.cz/files/products/attachments/kl/dihydrogenfosforecnan_sodny_cz.pdf)
- [34] Food Additives: Disodium Phosphate . Gluten Free Gigi. [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.glutenfreegigi.com/food-additives-disodium-phosphate/>
- [35] Fosforečnan sodný. Portál krizového řízení pro JMK. [online]. [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/fosforecnan-sodny#vzhled>
- [36] Trifosforečnany. Fit po celý život. [online]. [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: <http://www.fitlife.cz/slovník-pojmu/item/327>

- [37] Fosforečnany draselné . Certified E-friendly food. [online]. [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: <http://www.ceff.info/detail-ecka.html?eid=117>
- [38] Dihydrogenfosforečnan draselný . Čisté chemikálie a specializované služby. [online]. [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.lach-ner.com/dihydrogenfosforecnan-draselny-c-500-gr/d-70832/>
- [39] DIPOTASSIUM PHOSPHATE. In-R-Foof. [online]. [cit. 2014-03-8]. Dostupné z: <http://www.inrfood.com/ingredients/881>
- [40] VRBOVÁ, Tereza. Víme, co jíme?, aneb., Průvodce "Ěčky" v potravinách. Praha: EcoHouse, 2001, 268 s. ISBN 80-238-7504-3.
- [41] Trifosforečnany. dTest. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.dtest.cz/ecka/245/trifosforecnany>
- [42] KRKOŠKOVÁ, Bernadetta. Textúra potravin. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1986, 193 s.
- [43] FERNÁNDEZ-MARTÍN, F., S. COFRADES, J. CARBALLO a F. JIMÉNEZ-COLMERENO. Salt and phosphate effects on the gelling process of pressure/heat treated pork batters. Meat Science., Vol. 61, 15-23, (2002)
- [44] KADLEC, Pavel, Karel MELZICH a Michal VOLDŘICH. Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2013, 496 s. ISBN 978-80-7418-163-4.
- [45] KLESCHT, Vladimír, Iva HRNČIŘÍKOVÁ a Lucie MANDELOVÁ. Ěčka v potravinách. Brno: Computer Press, 2006, 108 s. ISBN 80-251-1292-6.
- [46] WEIN, Ondřej. Úvod do reologie. 1. vyd. Brno: VUT, 1996, 84 s.
- [47] Thermo Scientific HAAKE RheoStress 1. Rheology solution. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.rheologysolutions.com/thermo-scientific-haake-rheostress-1/>
- [48] Stanovení aditivních zvlhčovacích látek E452 (polyfosfátů) u produktu: zmrazené rybí filety. . [online]. [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: [http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/2350\\_KA1\\_3-SOP-11.pdf](http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/2350_KA1_3-SOP-11.pdf)
- [49] PIPEK, Petr. Technologie masa I. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991, 174 s. ISBN 8070801069
- [50] E.TORNBERG. . Effects of heat on meat protein – Implications on structure and quality of meat products. Meat Science., Vol. 70 (2005), 493-508.

[51] PATRASCU L., FLORIN C., PETRU A., Influence on the extraction method on the rheological properties of myofibrillar proteins from different sources. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati , 2009

[52] Xiang Dong Sun, HOLLEY R.A., Factors Influencing Gel Formation by Myofibrillar Proteins in Muscle Foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, vol 10(1), p.33 -51, 2011

[53] WEISEROVÁ, Eva. Vliv složení binárních a ternárních směsí fosforečnanových tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýrů: disertační práce = The effect of binary and ternary phosphate emulsifying salt mixtures composition on processed cheese spreads texture properties. 2012, 100 s.

[54] Spotřeba potravin. Český statistický úřad. [online]. [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/tab/C40050A1DF>

[55] WESTPHALEN A.D., BRIGGS J.L., LONERGAN S.M., Influence of pH on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat induced gelation. Meat Science, Vol 70, p- 293-299, 2005

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ATP Adenosintrifosfát

JUT Jatečně upravené tělo

EU Evropská unie



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1- masírování vzorku.....	50	
Obrázek 2 – vzorek po masírování.....	51	
Obrázek 3 – homogenizace vzorku .....	54	
Obrázek 4 – homogenizace vzorku .....	55	
Obrázek 5 - řezná deska homogenizátoru.....	55	
Obrázek 6 - vzorek před evakuací	Obrázek 7 - vzorek po evakuaci.....	55
Obrázek 8 – HAAKE Rheo Stress 1 .....	56	
Obrázek 9 – vzorek na začátku reometrického měření .....	57	
Obrázek 10 – vzorek po ukončení reometrického měření.....	57	
Obrázek 11 – vzorový reogram I .....	58	
Obrázek 12 – vzorový reogram II .....	59	
Obrázek 13 – reogram – kontrolní vzorek.....	60	
Obrázek 14 – reogram $\text{Na}_3\text{PO}_4$ – 25% .....	62	
Obrázek 15 – reogram - $\text{Na}_3\text{PO}_4$ – 50% .....	62	
Obrázek 16 - reogram – $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ – 25% .....	63	
Obrázek 17 - reogram – $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ – 50% .....	64	
Obrázek 18 – reogram – $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – 25% .....	64	
Obrázek 19 – reogram – $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – 50% .....	65	
Obrázek 20 – reogram $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ – 25% .....	66	
Obrázek 21 - reogram $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ – 50% .....	67	
Obrázek 22 - reogram $\text{K}_3\text{PO}_4$ – 25% .....	67	
Obrázek 23 - reogram $\text{K}_3\text{PO}_4$ – 50% .....	68	
Obrázek 24 - reogram $\text{K}_2\text{HPO}_4$ – 25% .....	69	
Obrázek 25 - reogram $\text{K}_2\text{HPO}_4$ – 50% .....	70	
Obrázek 26 – reogram $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – 25% .....	70	
Obrázek 27 – reogram $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – 50% .....	71	
Obrázek 28 – reogram $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ – 25%.....	71	
Obrázek 29 – reogram $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ – 50%.....	72	
Obrázek 30 – reogram $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ – 25% .....	73	
Obrázek 31 – reogram $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ – 50% .....	74	
Obrázek 32 – reogram HEXA 62.....	74	
Obrázek 33 – reogram HEXA 62.....	75	

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - celkové množství vody v g na 100 g jednotlivých druhů masa [11] .....	19
Tabulka 2 - povolené dávkování dusitanů a dusičnanů v masných výrobcích [23] .....	35
Tabulka 3 – složení vzorků (g) pro koncentraci 25% (m/m) NPM P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	52
Tabulka 4 - složení vzorků (g) pro koncentraci 50% (m/m) NPM P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	52
Tabulka 5 - složení vzorků (g) pro koncentraci 25% (m/m) NPM P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	53
Tabulka 6 - složení vzorků (g) pro koncentraci 50% (m/m) NPM P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	53
Tabulka 7 - KYSELÉ FOSFOREČNANY - pH fosforečnanů a pH směsi.....	76
Tabulka 8 - ZÁSADITÉ FOSFOREČNANY - pH fosforečnanů a pH směsi.....	77

**SEZNAM PŘÍLOH**

P 1: reogram kontrolní vzorek

P 2: reogram  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – 25%

P 3: reogram  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – 50%

P 4: reogram  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 25%

P 5: reogram  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 50%

P 6: reogram  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – 25%

P 7: reogram  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – 50%

P 8: reogram  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$  – 25%

P 9: reogram  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$  – 50%

P 10: reogram  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – 25%

P 11: reogram  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – 50%

P 12: reogram Poly (n=5) – 25%

P 13: reogram Poly (n=5) – 50%

P 14 : reogram  $\text{K}_3\text{PO}_4$  – 25%

P 15: reogram  $\text{K}_3\text{PO}_4$  – 50%

P 16: reogram  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 25%

P 17: reogram  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 50%

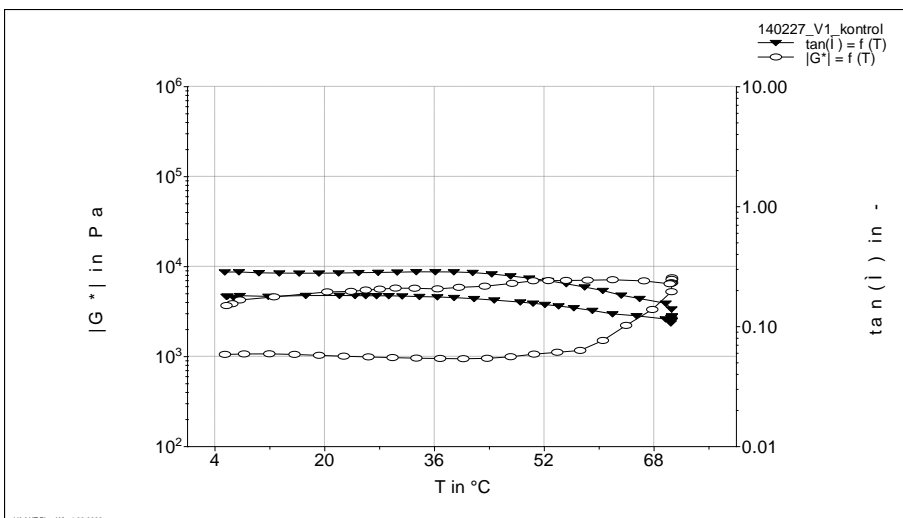
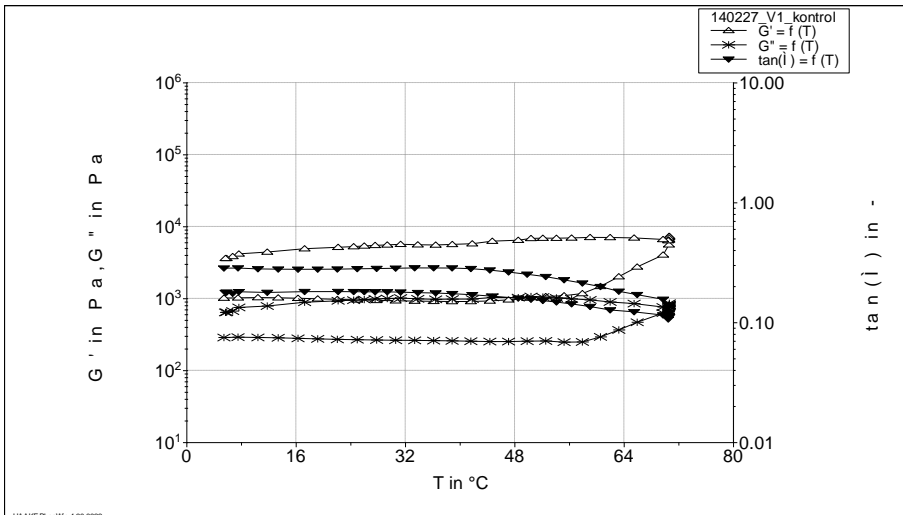
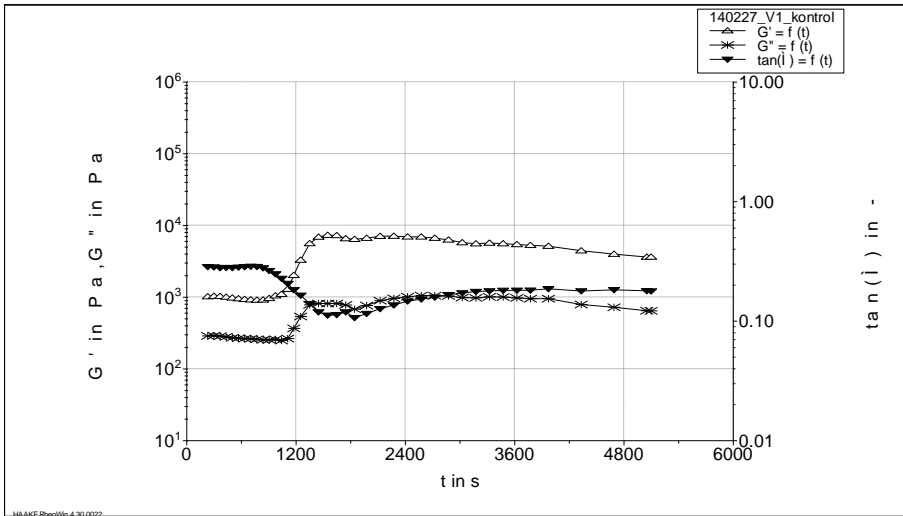
P 18: reogram  $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – 25%

P 19: reogram  $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – 50%

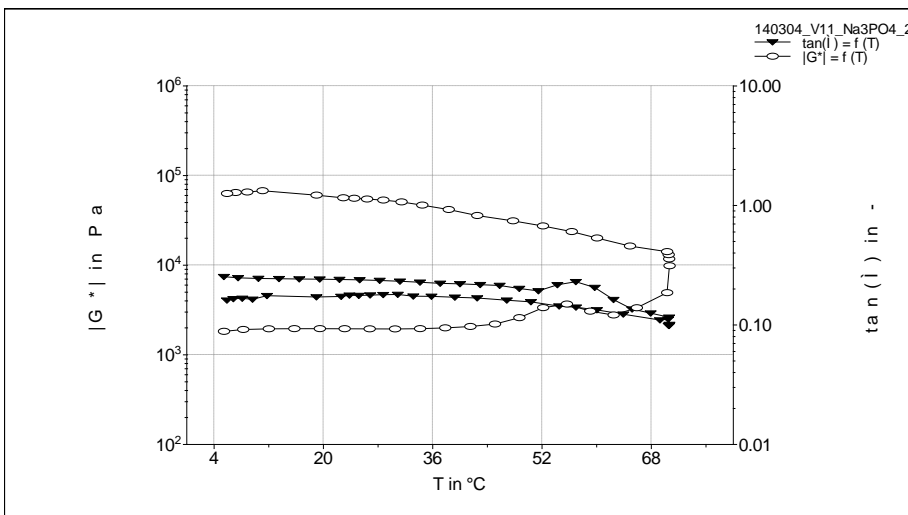
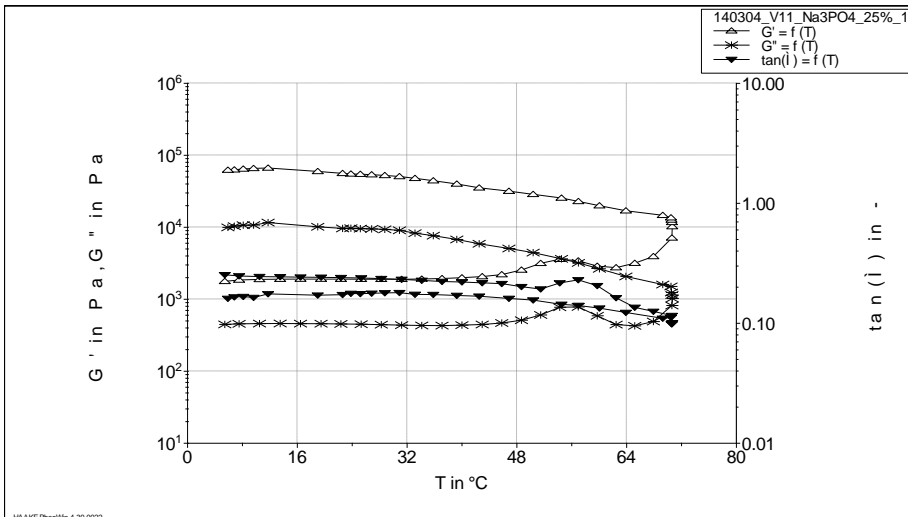
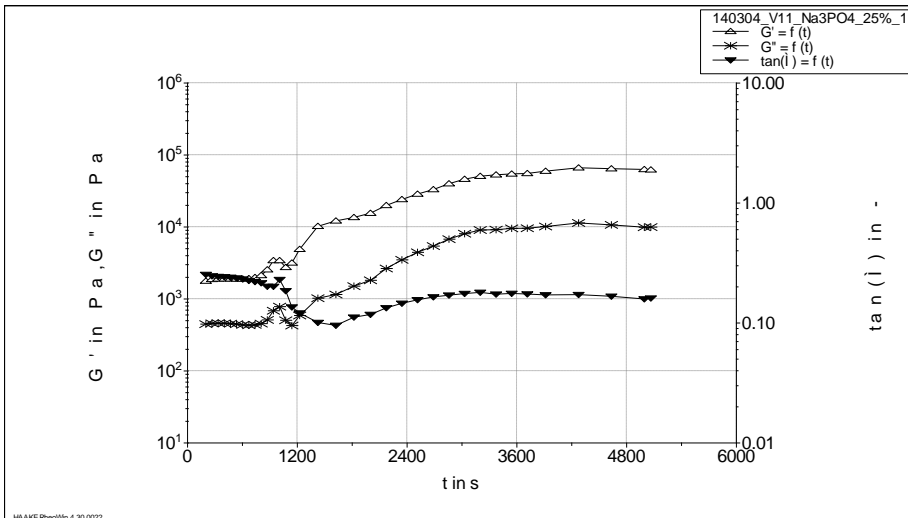
P 20: reogram  $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – 25%

P 21: reogram  $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – 50%

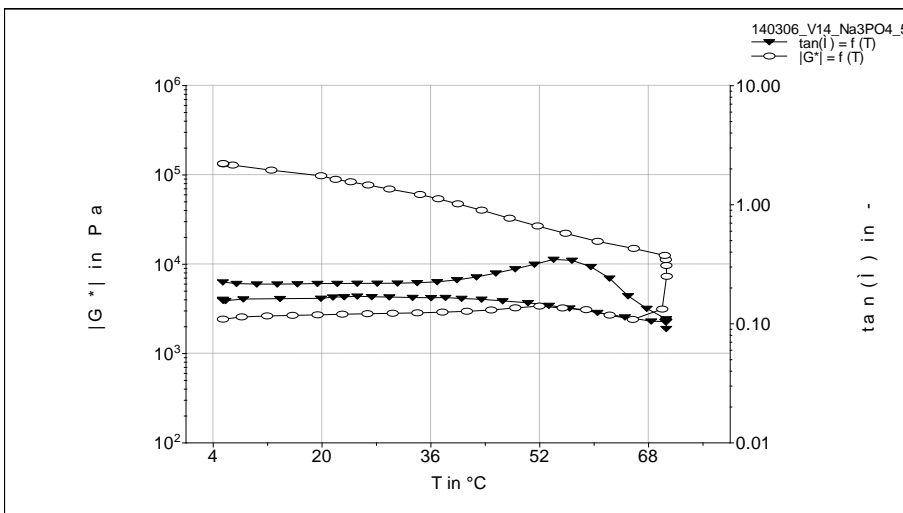
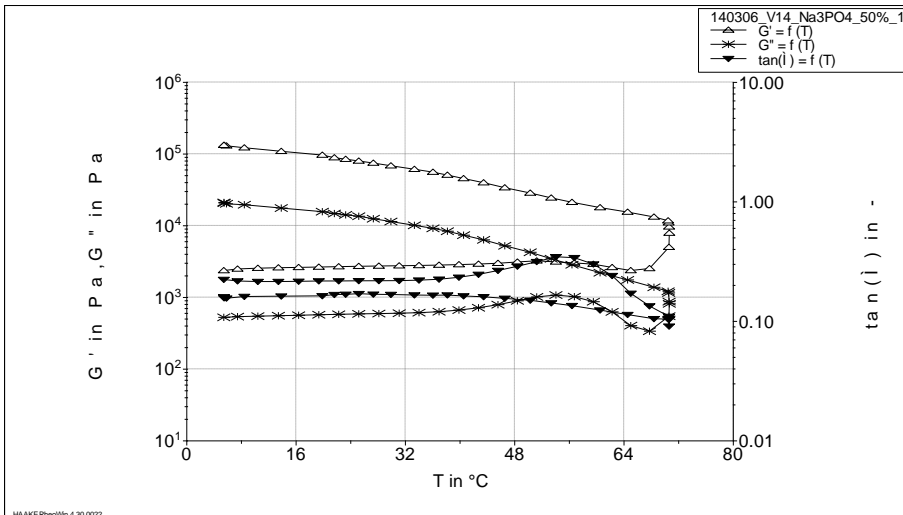
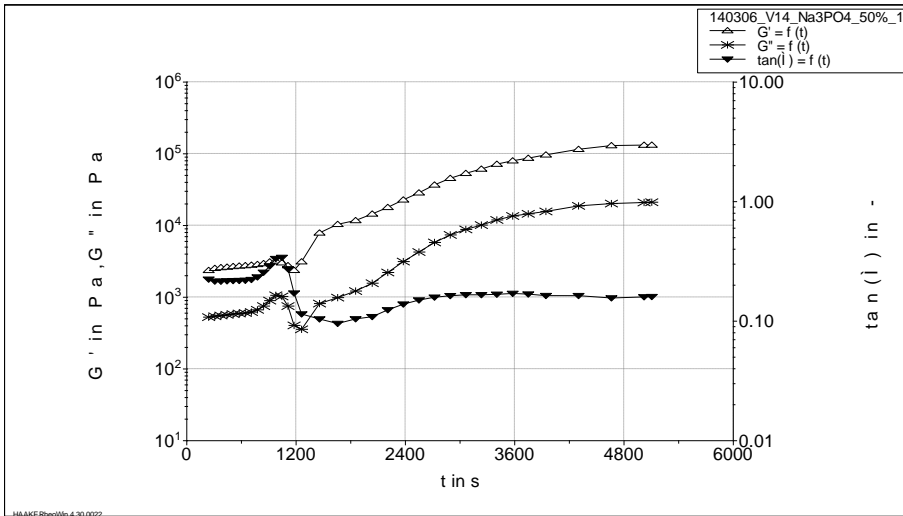
P 1: reogram – Kontrola



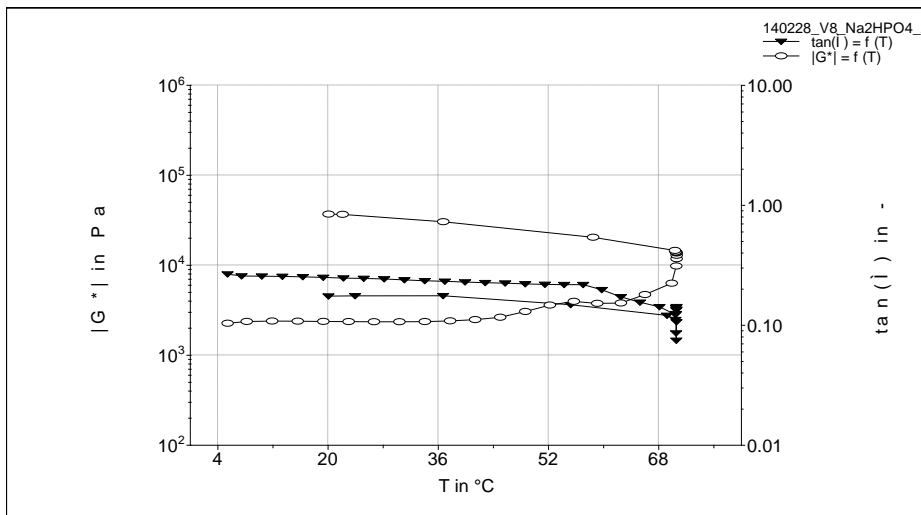
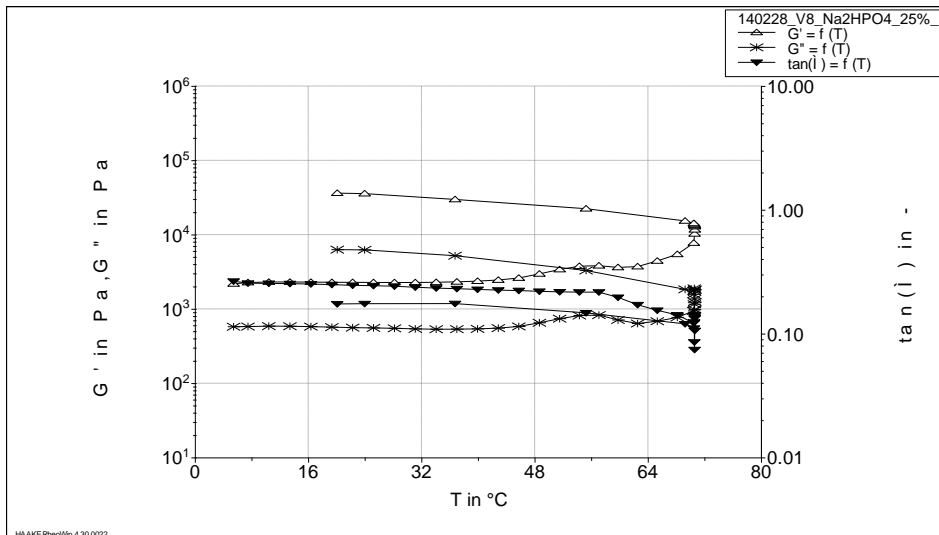
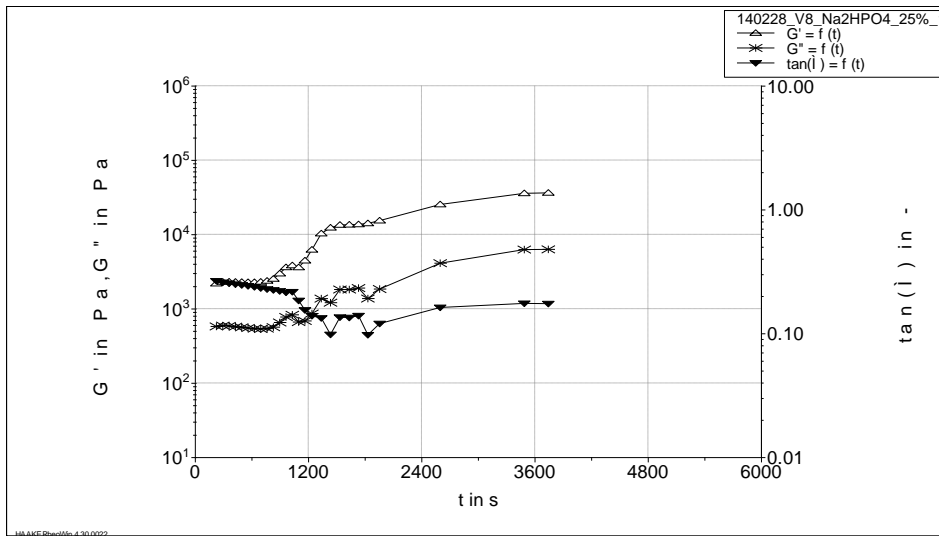
P 2: reogram  $\text{Na}_3\text{PO}_4 - 25\%$



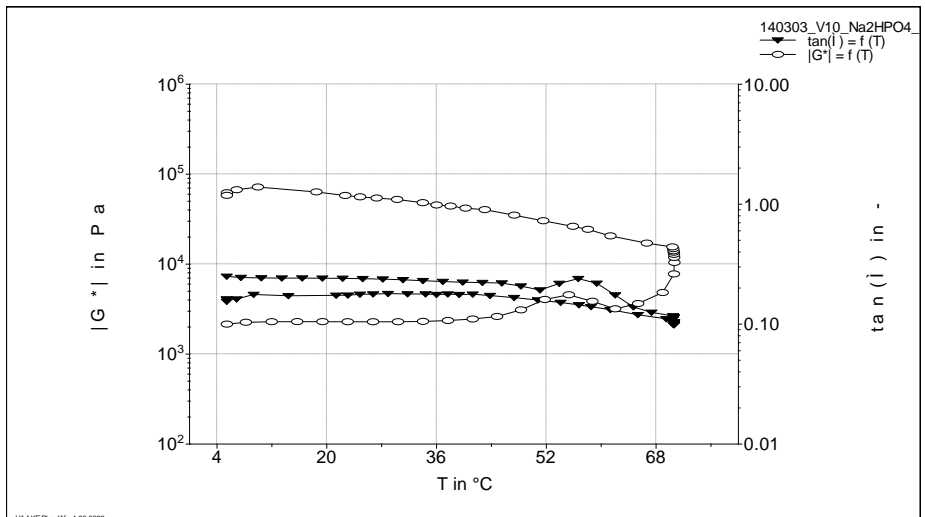
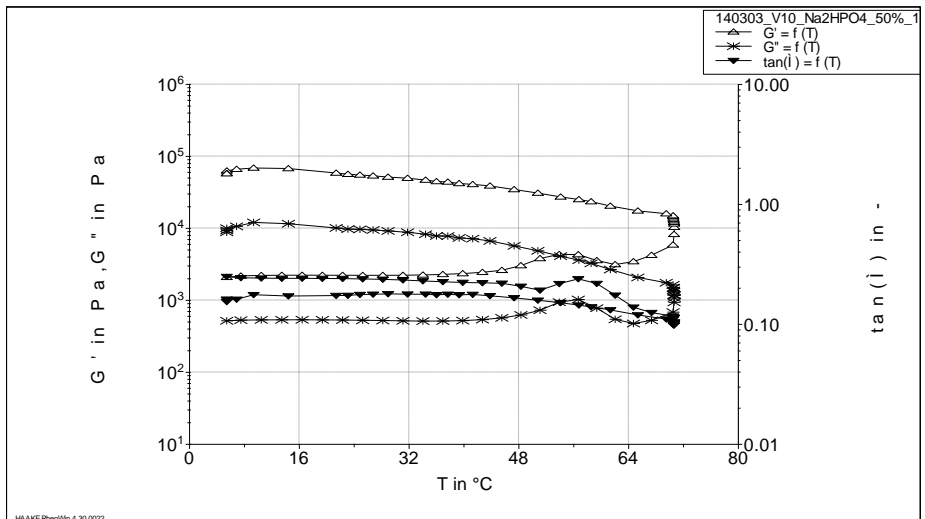
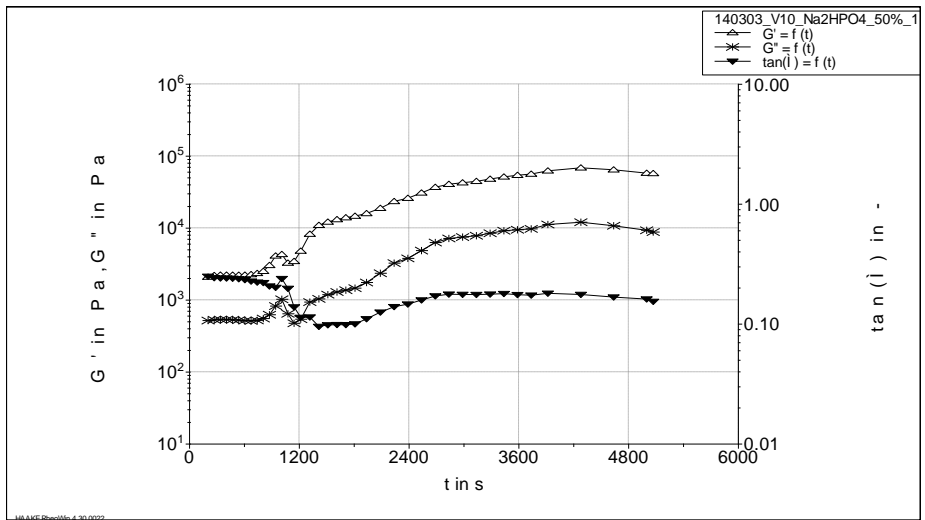
P 3: reogram  $\text{Na}_3\text{PO}_4 - 50\%$



P 4: reogram  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 - 25\%$

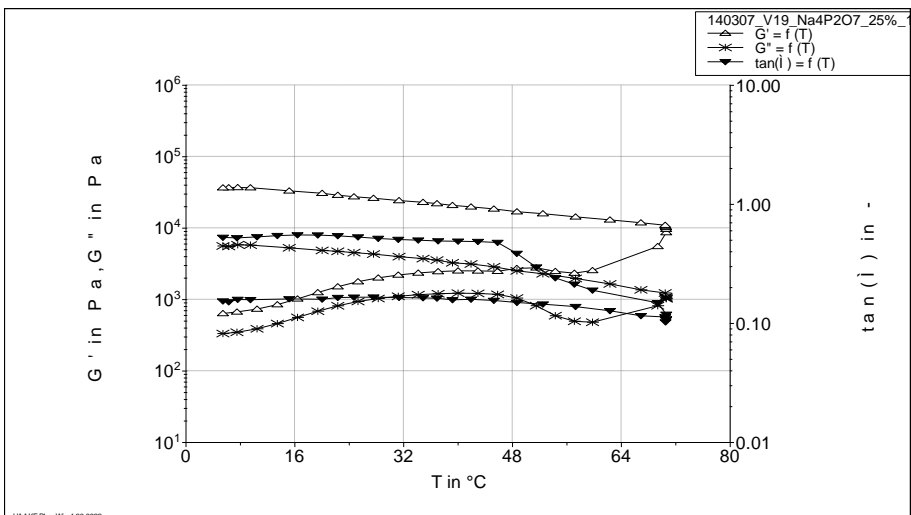
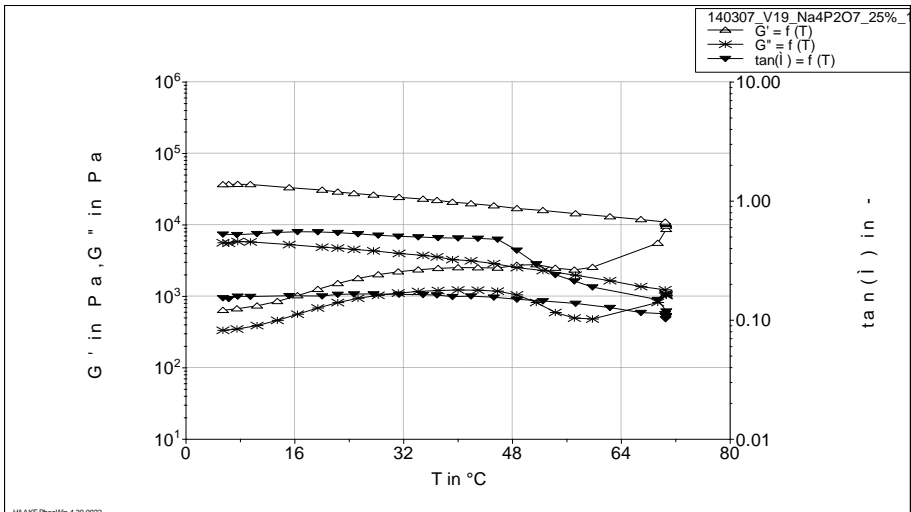
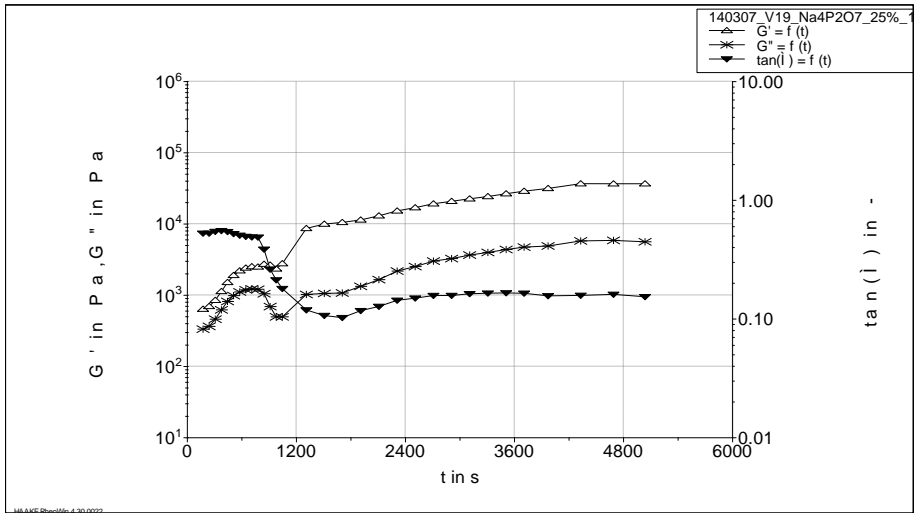


**P 5: reogram  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 - 50\%$**

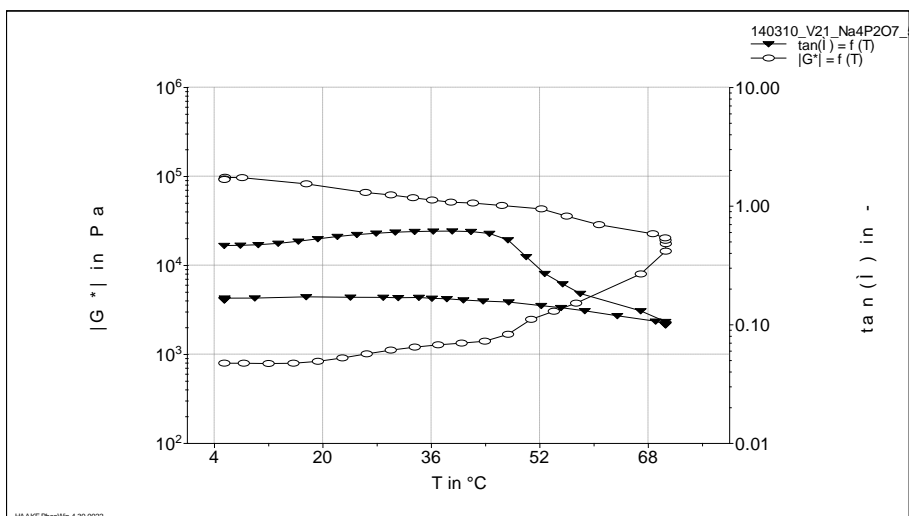
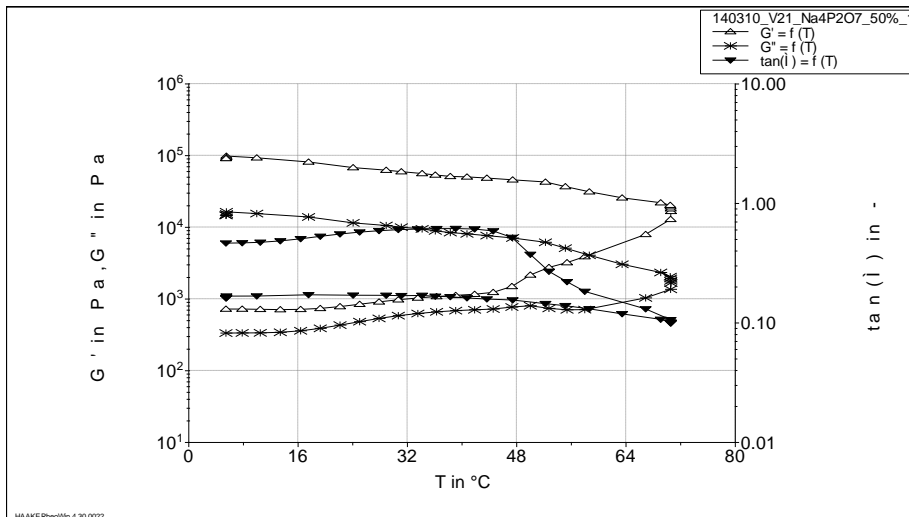
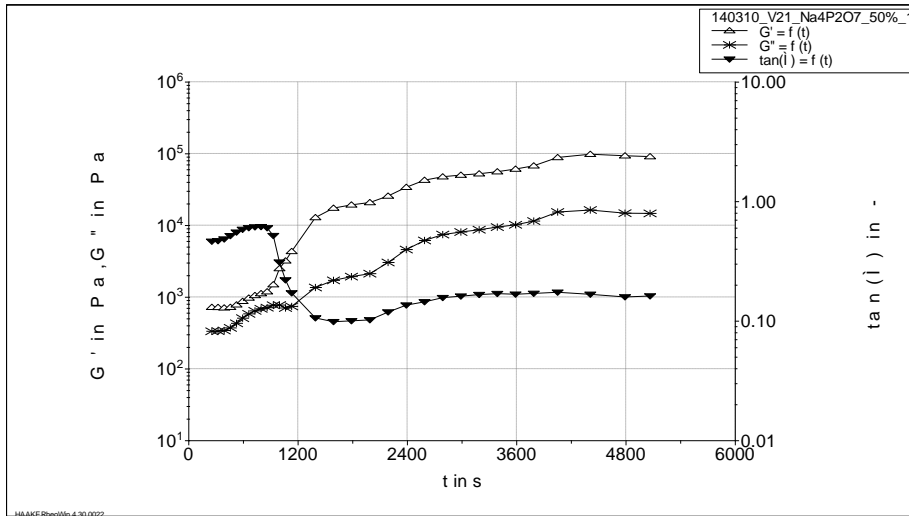




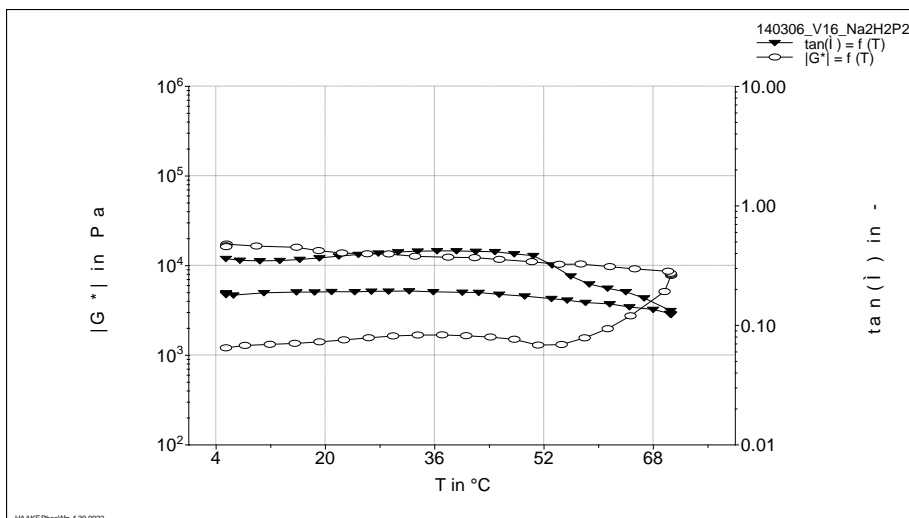
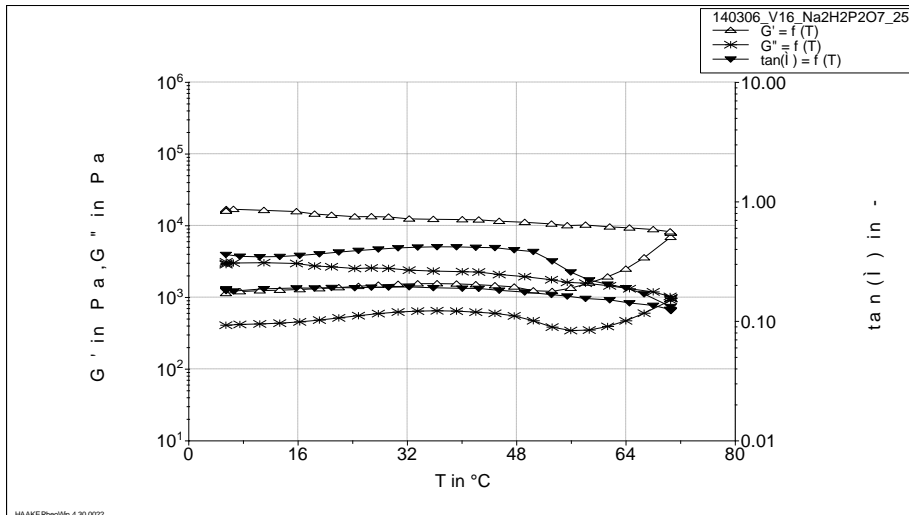
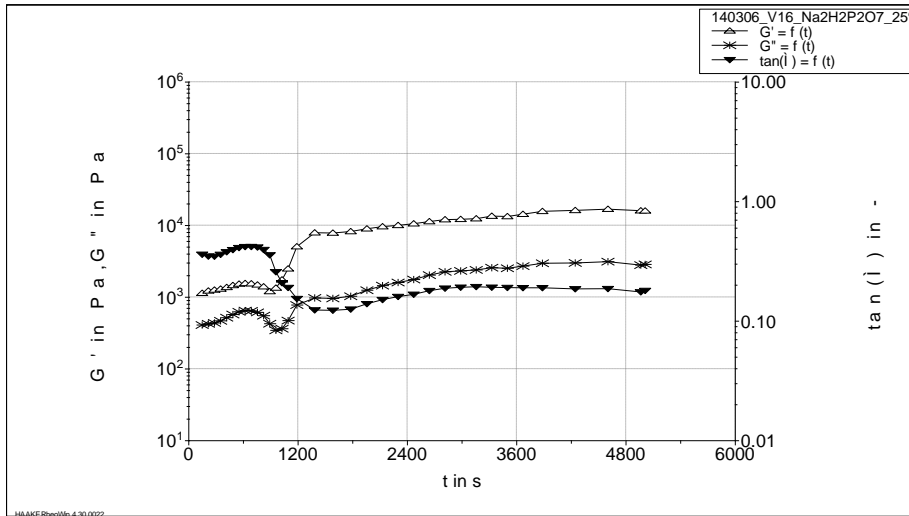
P 6: reogram  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 - 25\%$



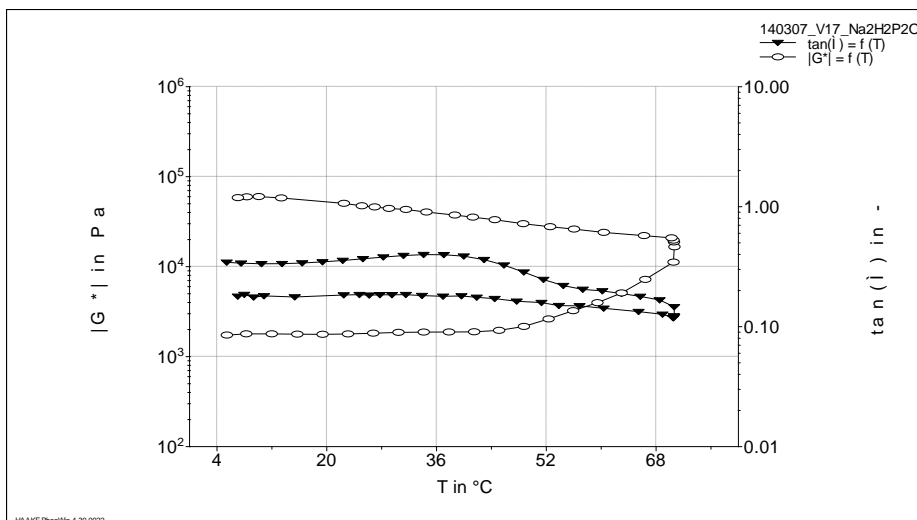
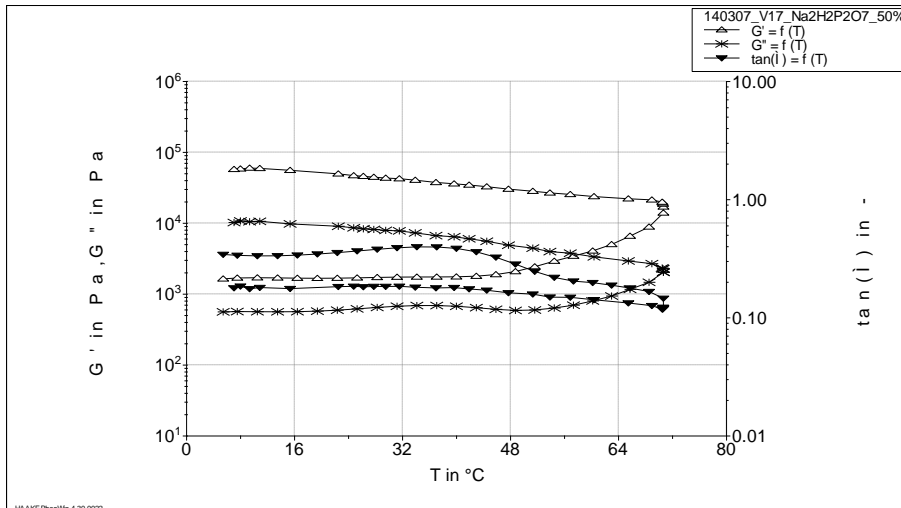
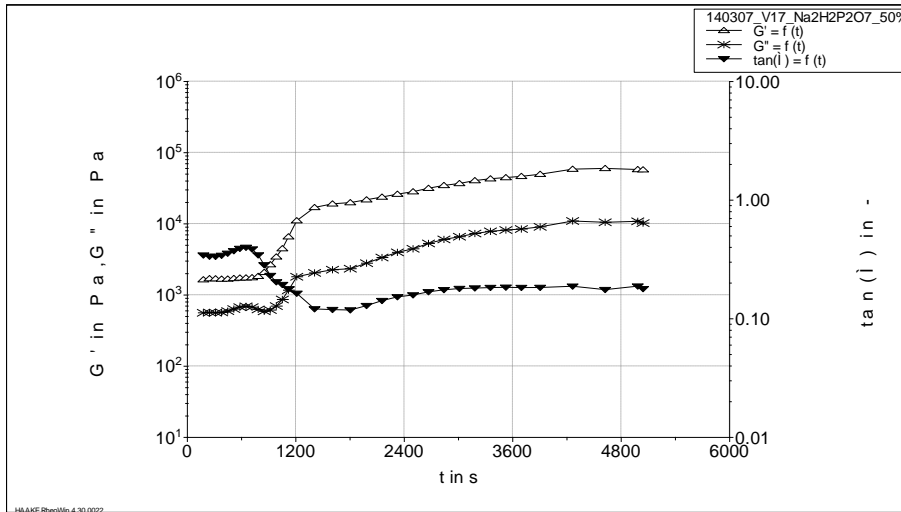
P 7: reogram  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 - 50\%$



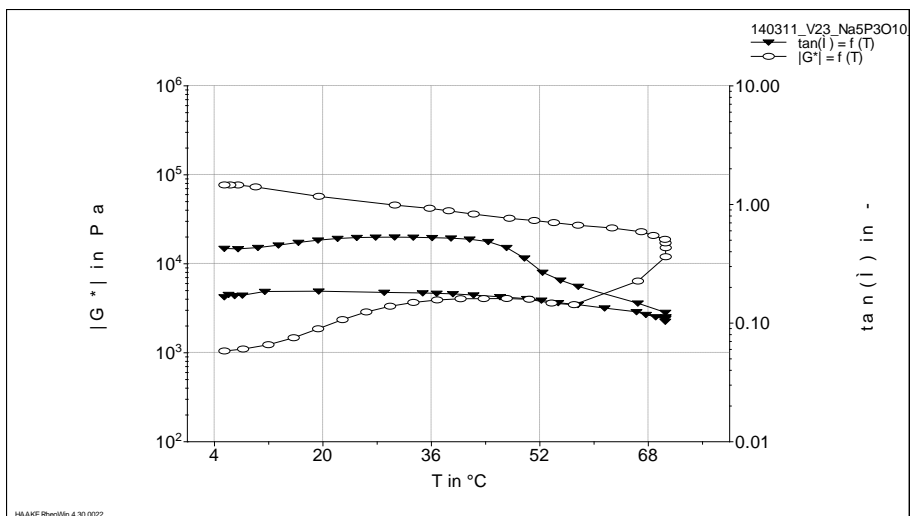
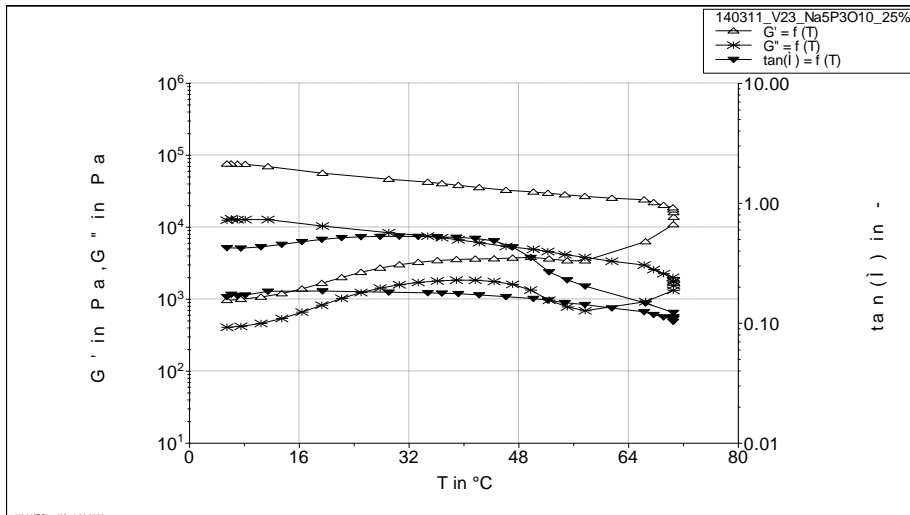
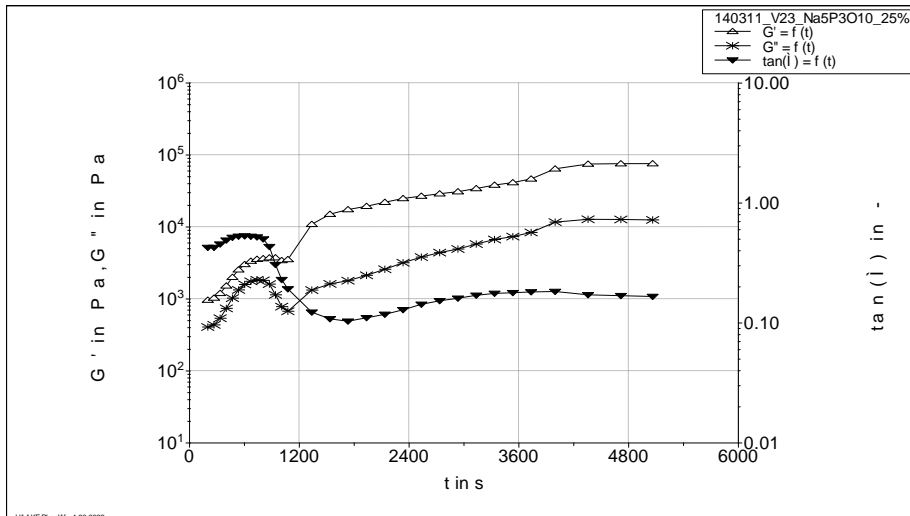
P 8: reogram  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 - 25\%$



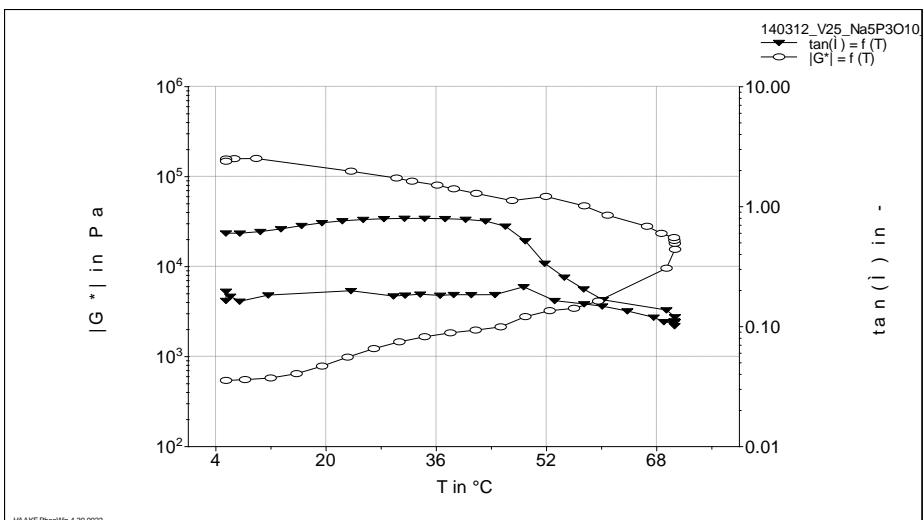
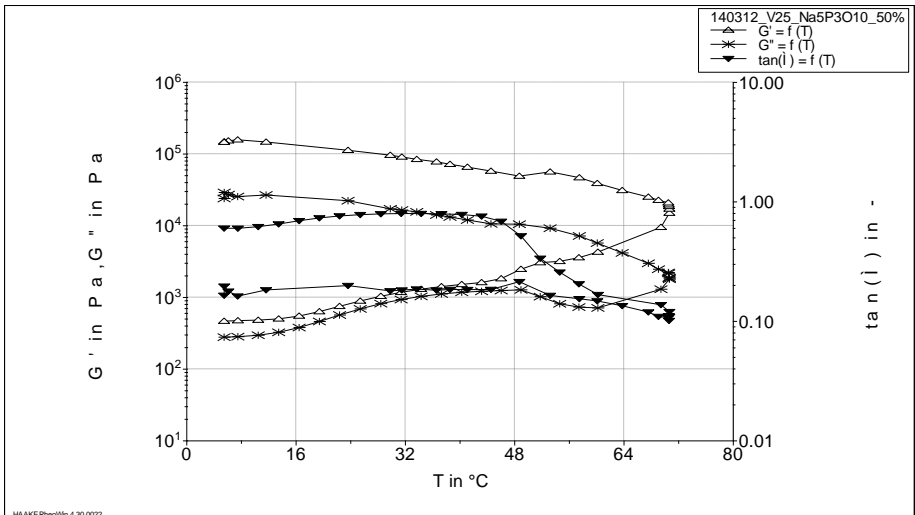
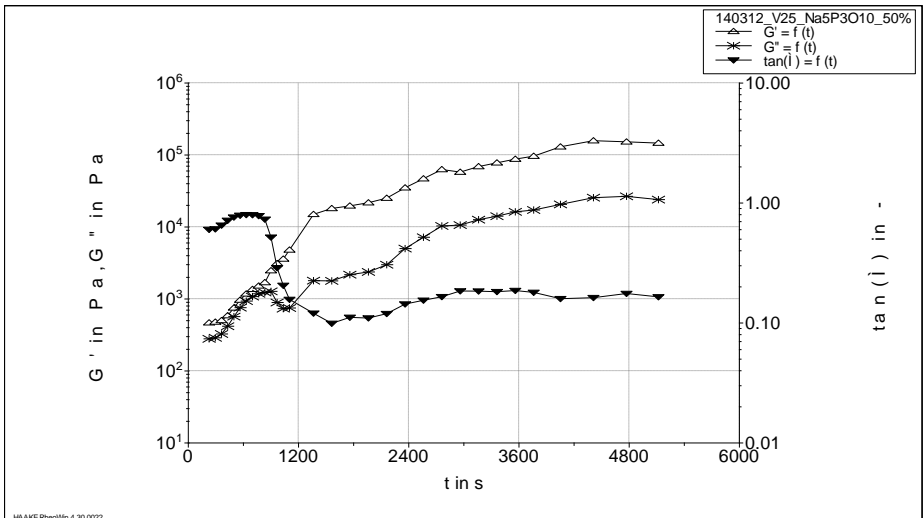
P 9: reogram  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 - 50\%$



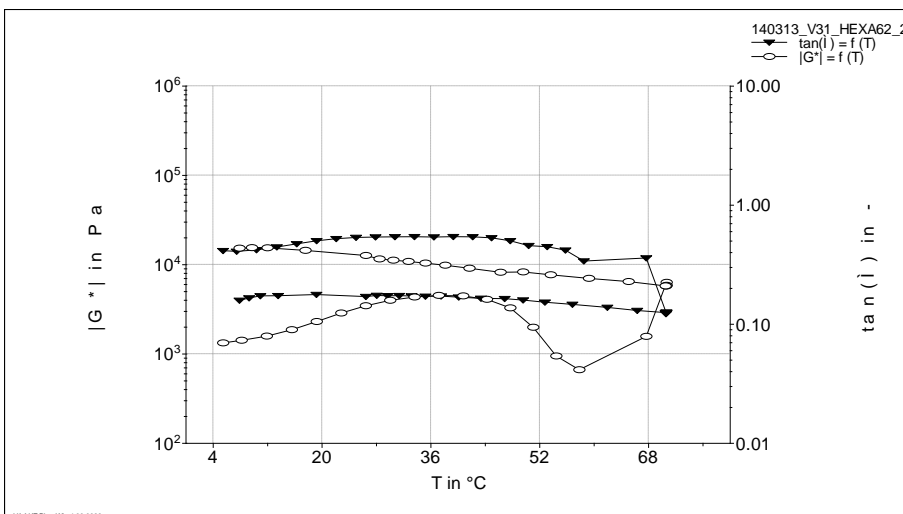
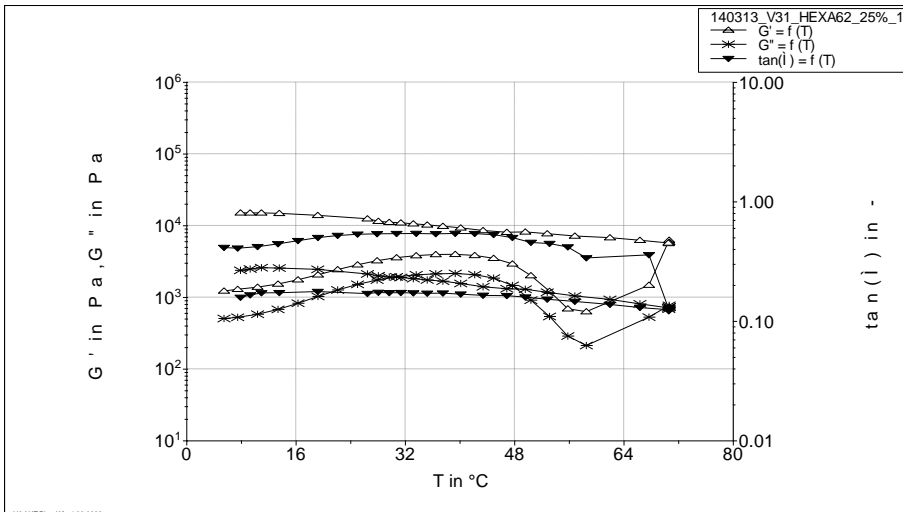
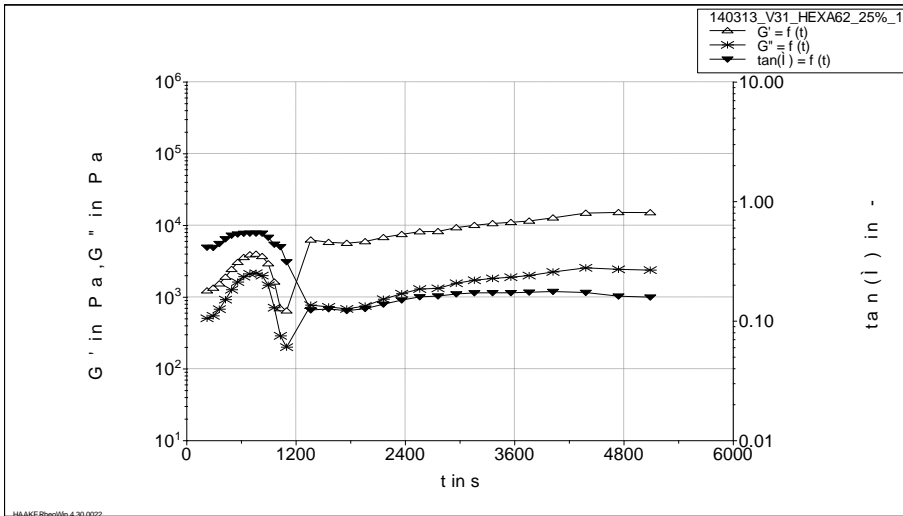
P 10: reogram  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – 25 %



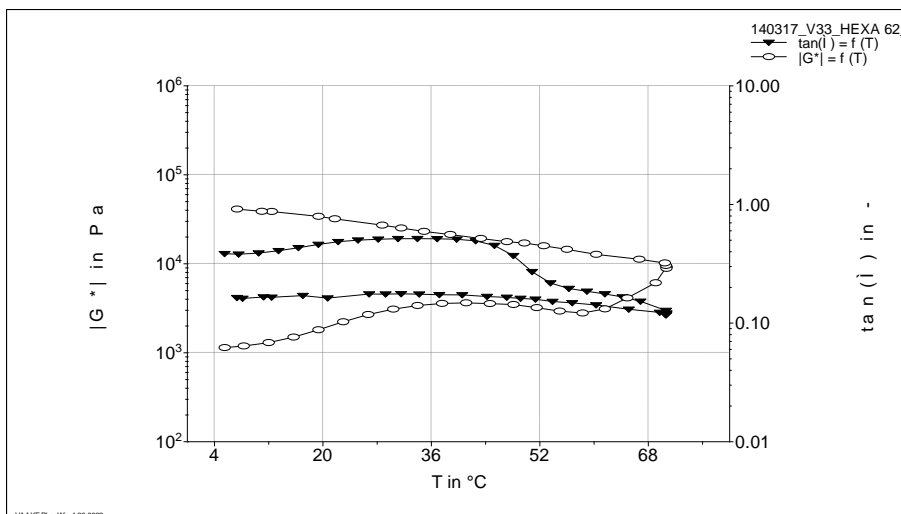
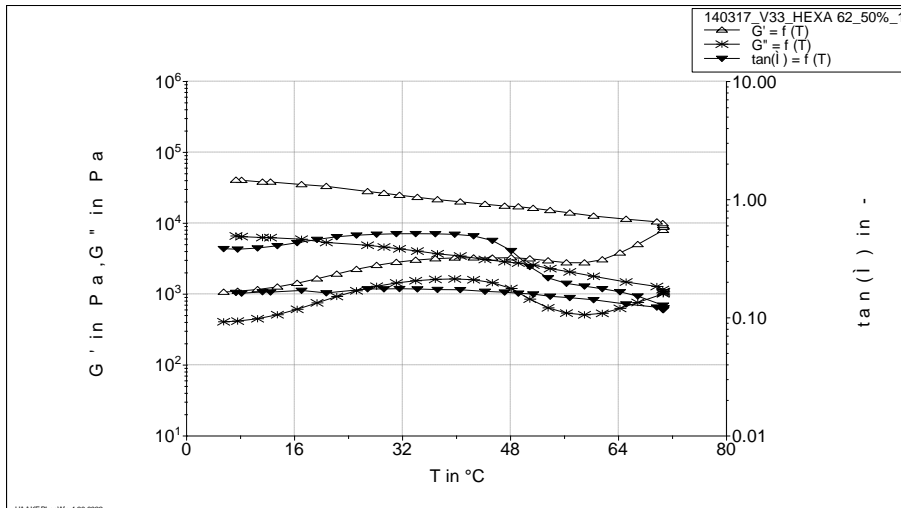
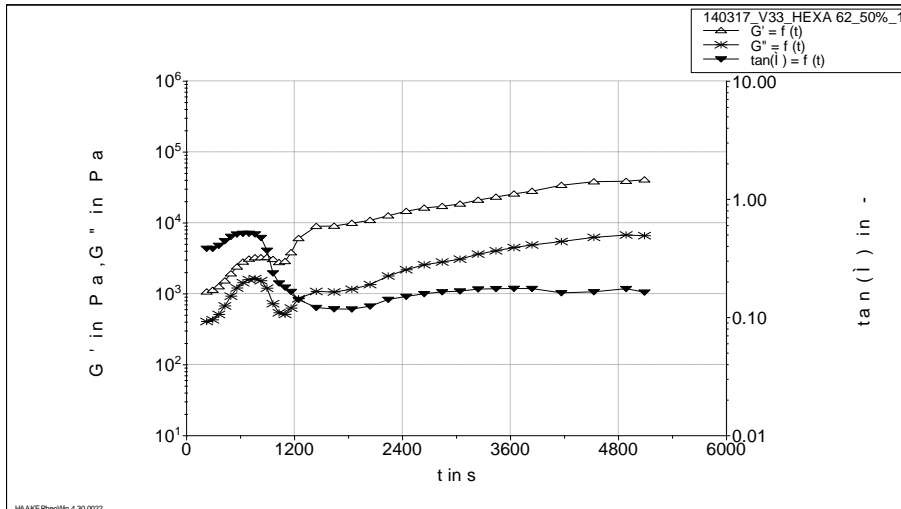
P 11: reogram  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} - 50\%$



P 12: reogram POLY (n = 5) – 25 %

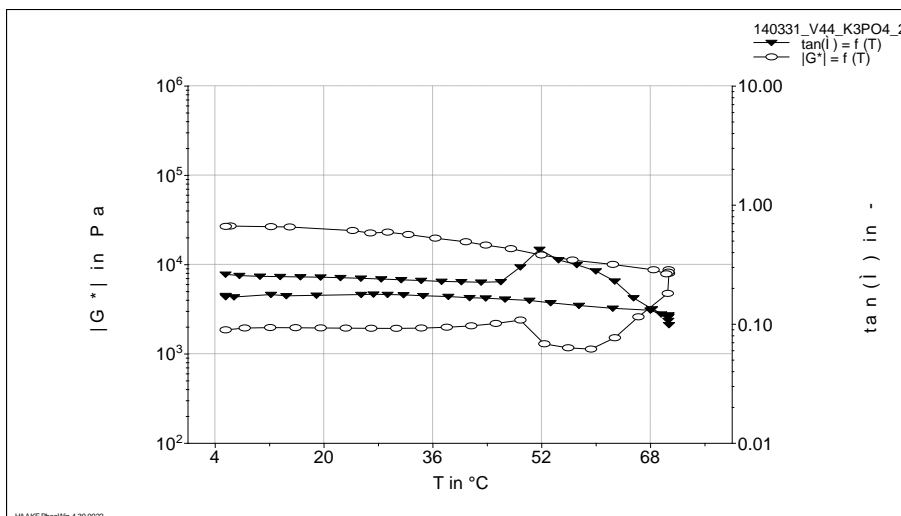
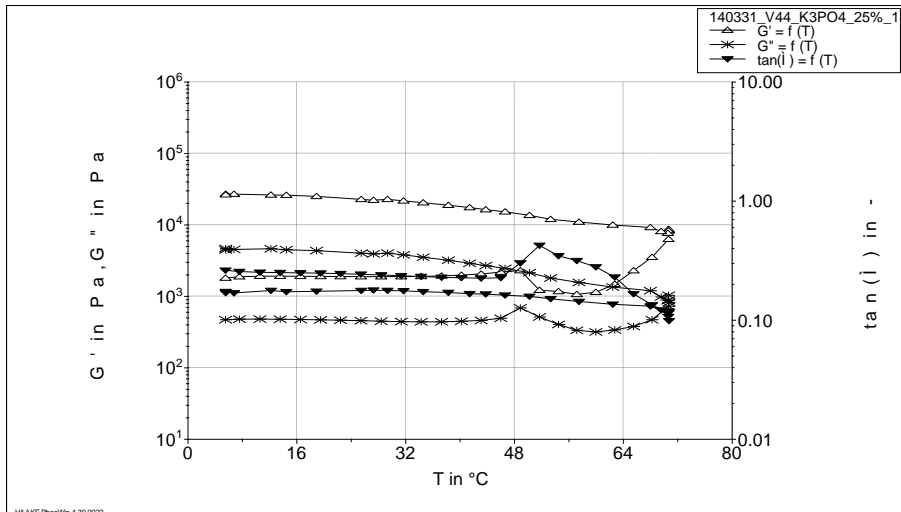
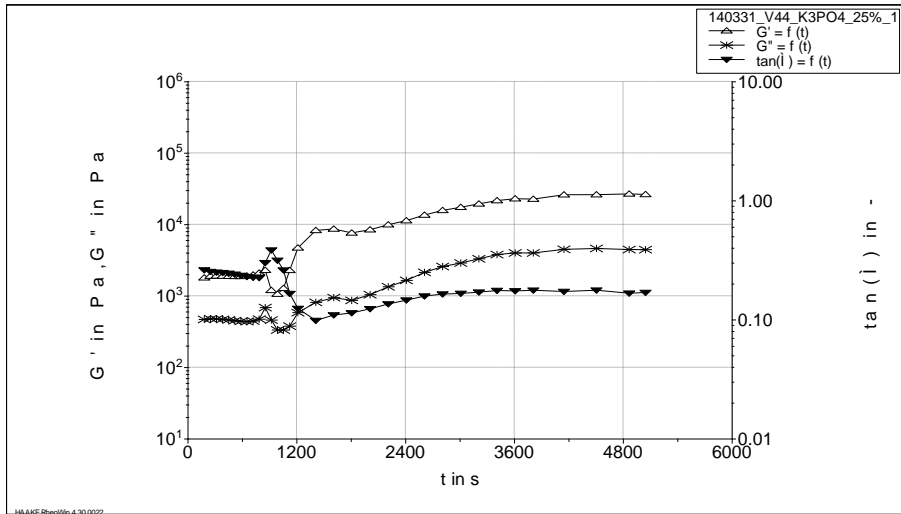


P 13: reogram POLY (n = 5) – 50 %

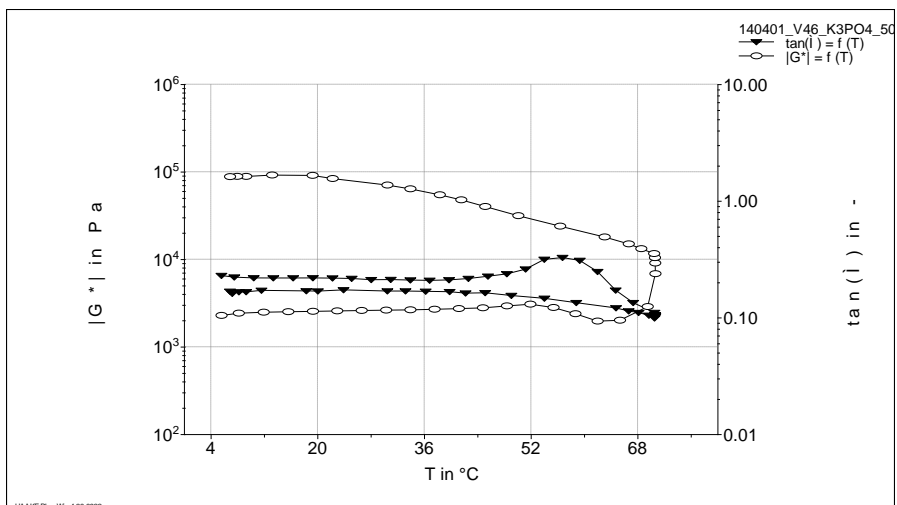
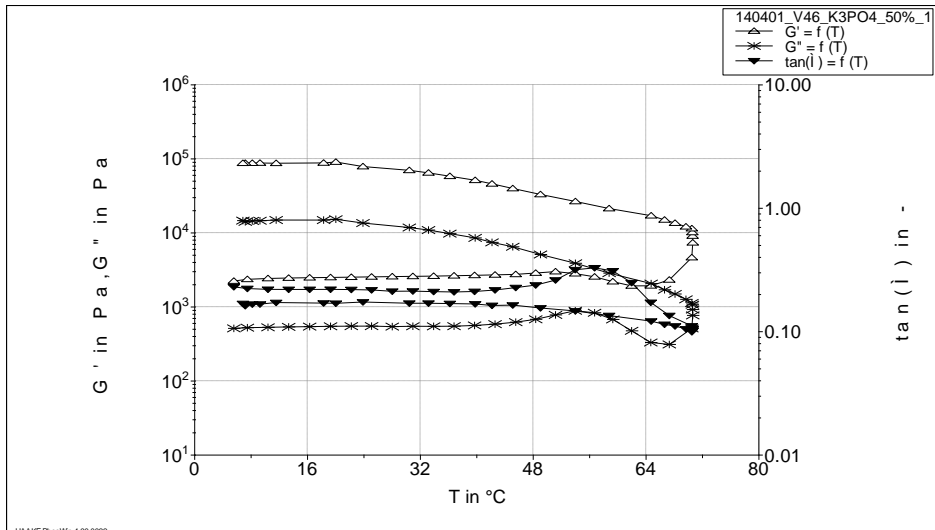
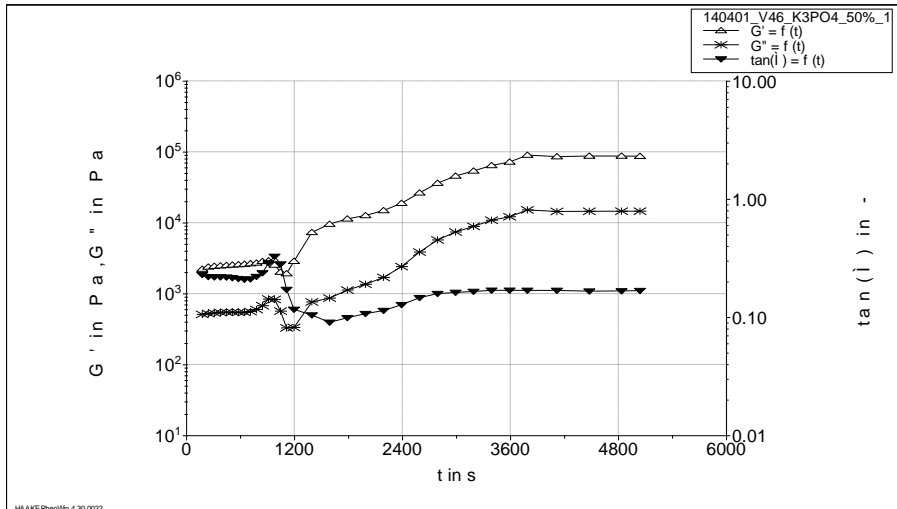




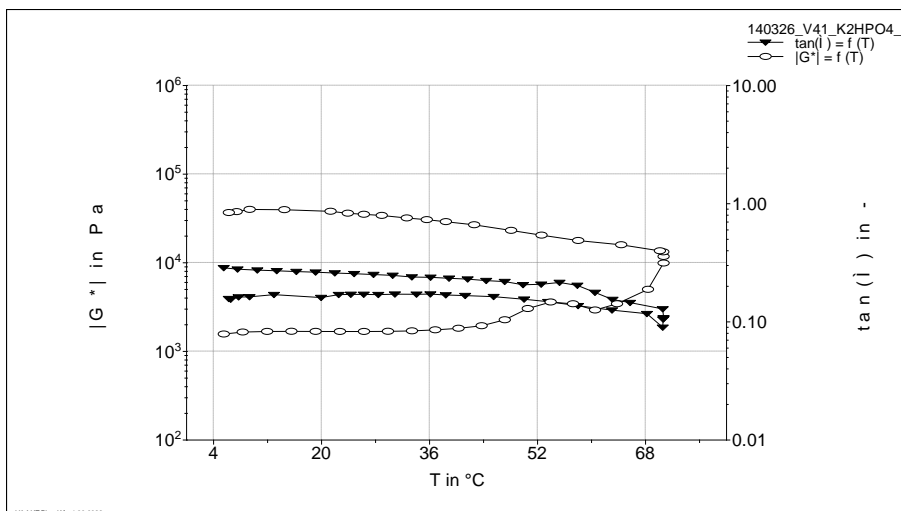
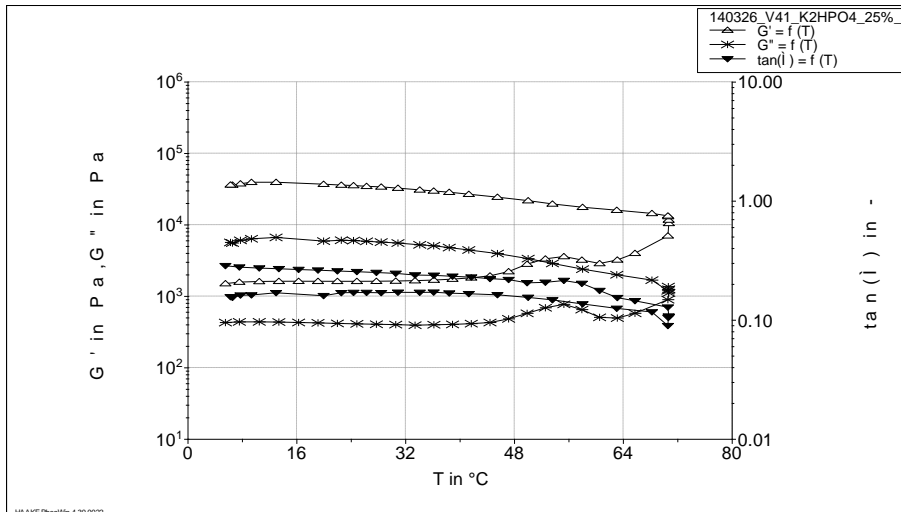
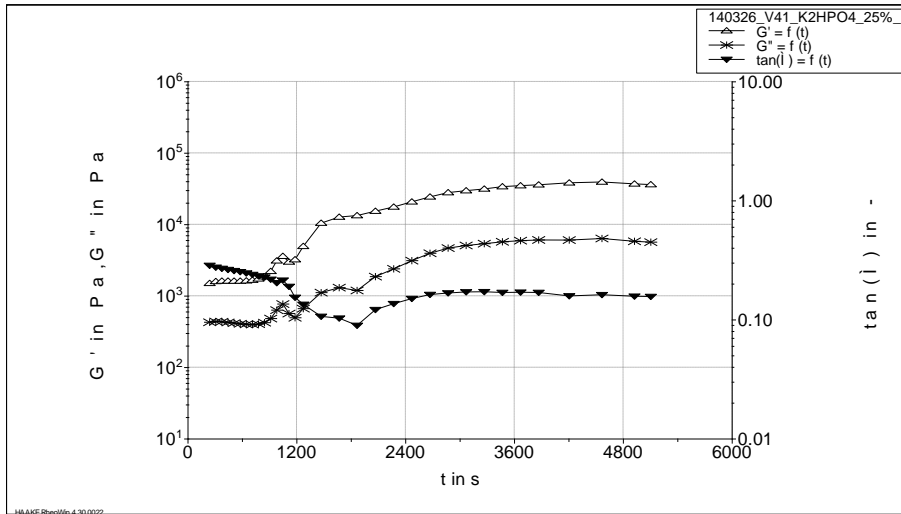
P 14: reogram  $K_3PO_4 - 25\%$



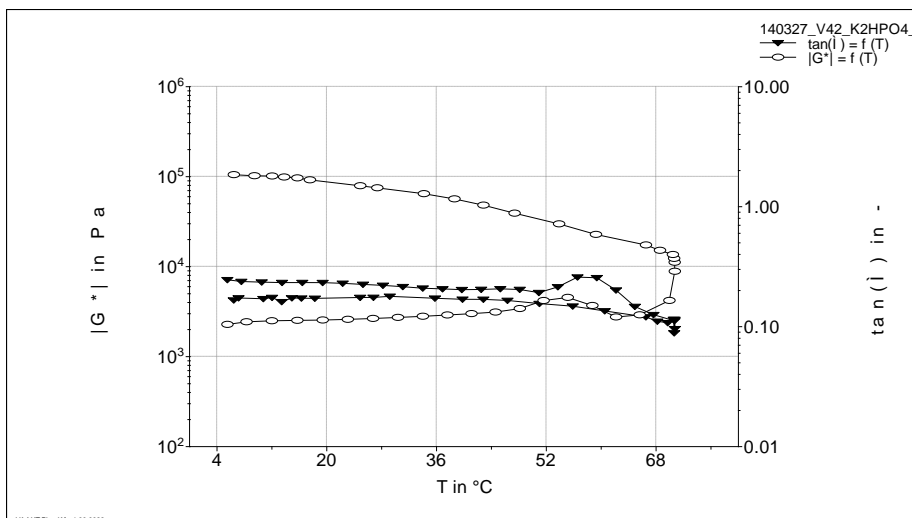
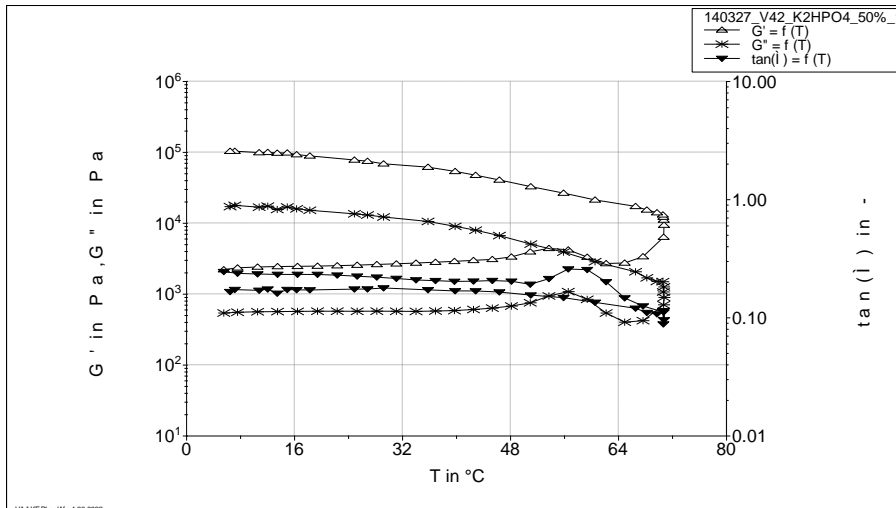
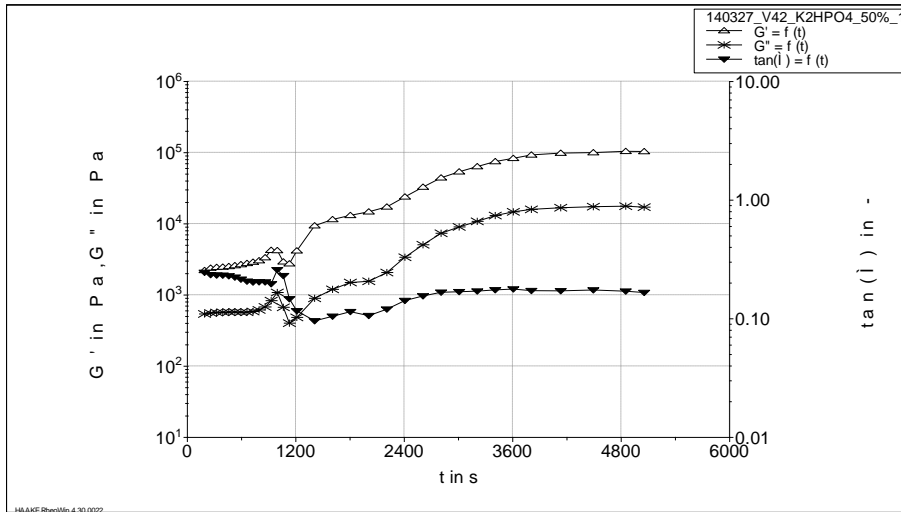
P 15: reogram  $K_3PO_4 - 50\%$



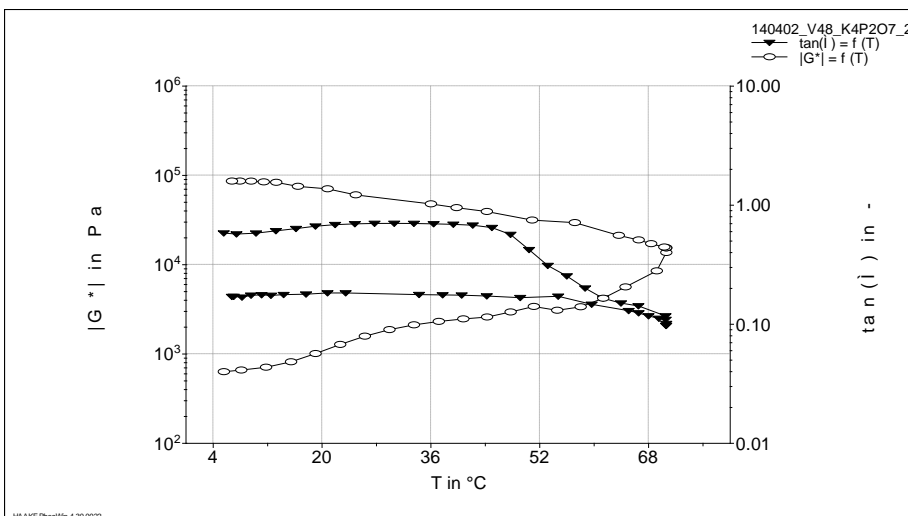
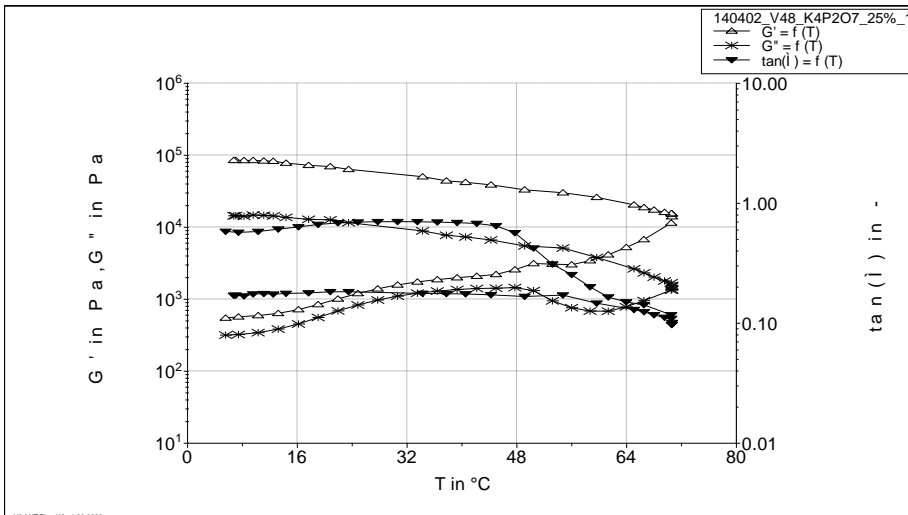
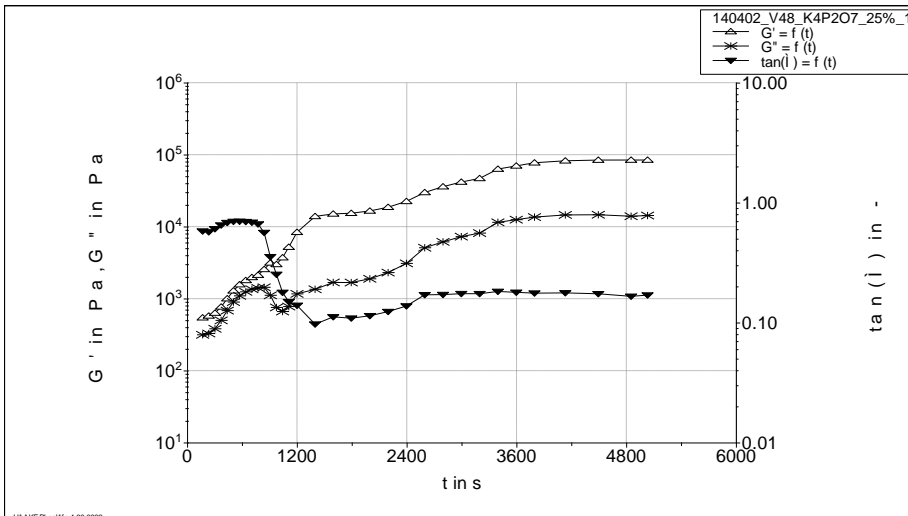
P 16: reogram  $K_2HPO_4 - 25\%$



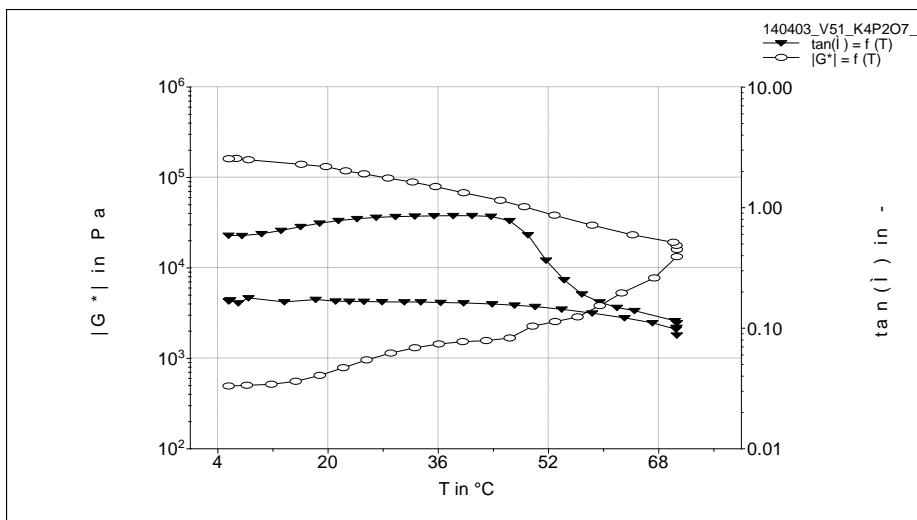
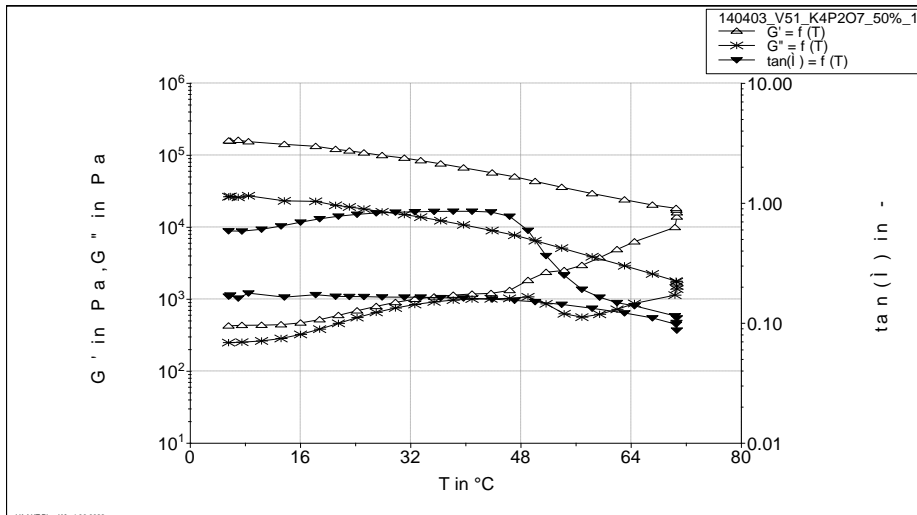
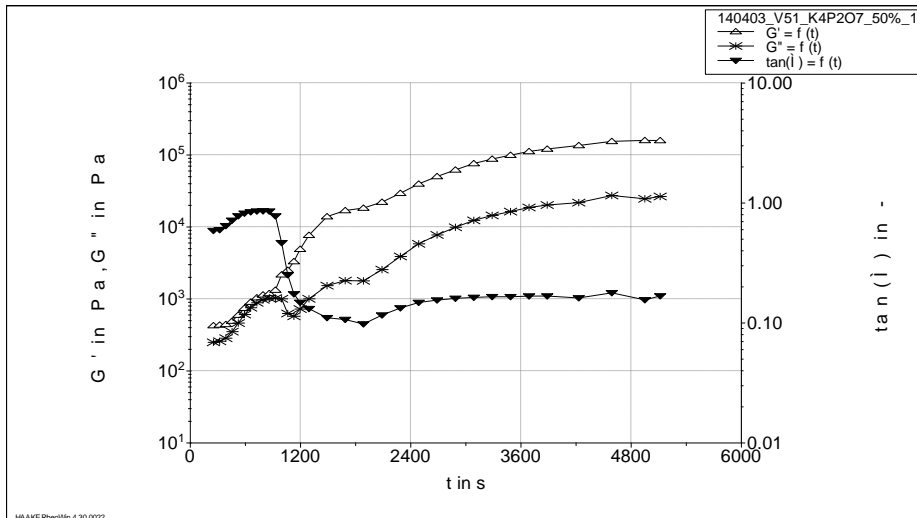
P 17: reogram  $K_2HPO_4 - 50\%$



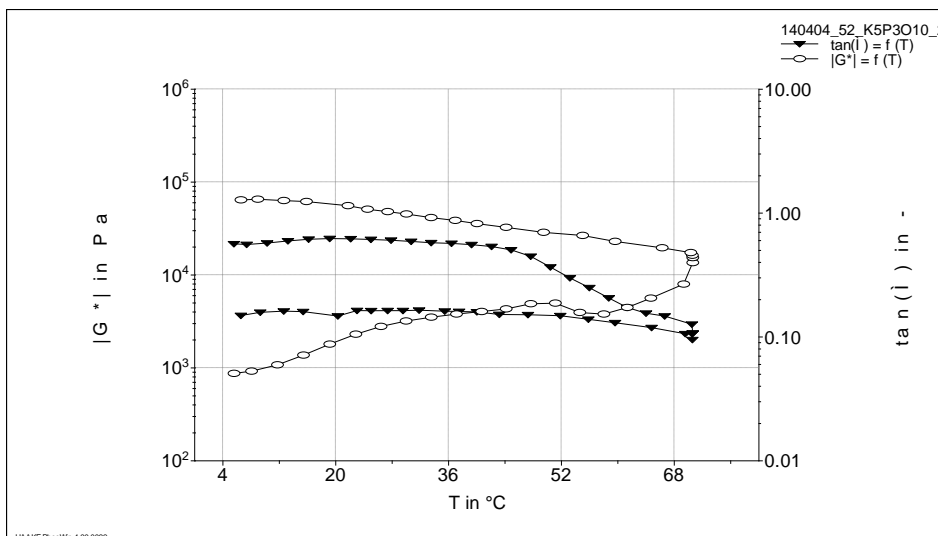
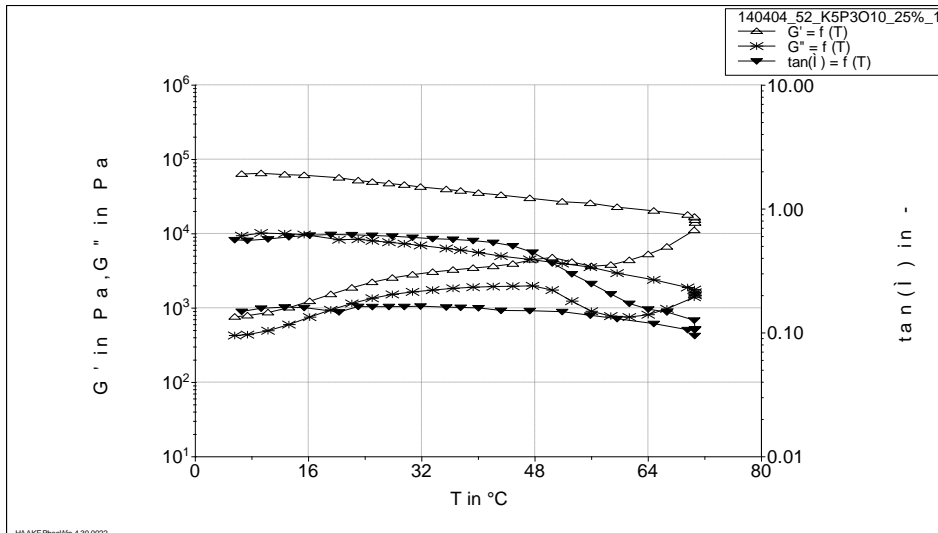
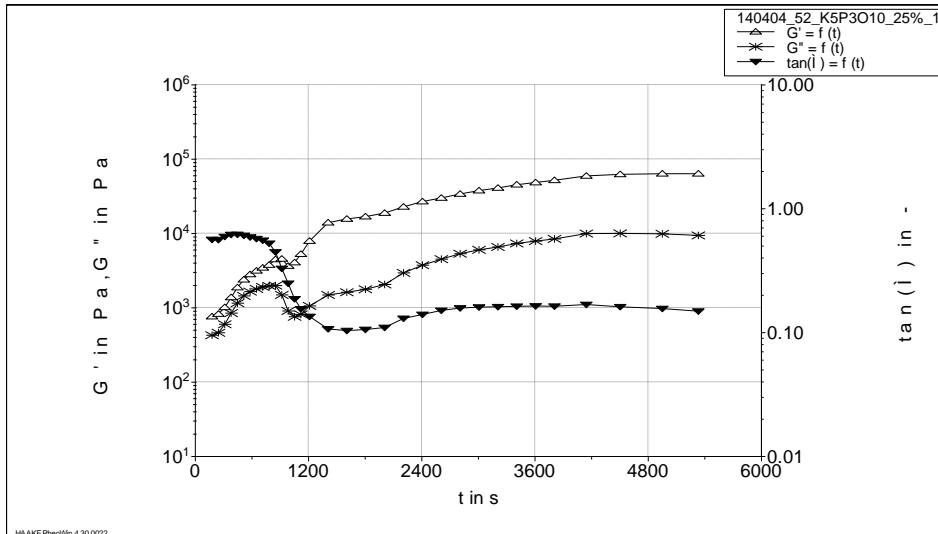
P 18: reogram  $K_4P_2O_7 - 25\%$



P 19: reogram  $K_4P_2O_7 - 50\%$



P 20: reogram  $K_5P_3O_{10}$  – 25 %



P 21: reogram  $K_5P_3O_{10}$  – 50 %

