

# **Vliv použitých složek na jakost analogů tavených sýrů**

Bc. Denisa Vránová

---

Diplomová práce  
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Denisa Vránová**  
Osobní číslo: **T18578**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Vliv použitých složek na jakost analogů tavených sýrů**

### Zásady pro vypracování

#### I. Teoretická část

1. Popište suroviny pro výrobu analogů tavených sýrů se zaměřením na produkty, kde zcela chybí mléčná složka a dále technologii výroby těchto produktů.

#### II. Praktická část

1. Vytvořte modelové vzorky analogů tavených sýrů a zhodnoťte vybrané vlastnosti (zejména viskoelastické a organoleptické vlastnosti). Výsledky vyhodnoťte a formulujte závěry.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] BYLUND, G. (1995): Dairy processing handbook. Tetra Pak Processing Systems ABS-221 86 Lund, Sweden.  
[2] GUINEE, P. (2017): Pasteurized Processed and Imitation Cheese Products. Cheese: chemistry, physics and microbiology. Boston, MA: Elsevier. ISBN 978-0-12-417012-4.  
[3] MASOTTI, F., CATTANEO, S., STUKNYTE, M., DE NONI, I. (2018): Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities. Trends in Food Science and Technology, 74, 158-169.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

---

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

---

**doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

# PROHLÁŠENÍ AUTORA

## DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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.

### Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo sledování změny konzistence veganských produktů typu „krájitelný tavený sýr“. Pro výrobu modelových vzorků byla použita voda, škrobová směs, slunečnicový olej, sůl, chlorid vápenatý a  $\kappa$ -karagenan v koncentraci 0,0 – 1,0 % (w/w). V rámci výroby se měnily výrobní parametry – různá tavicí teplota (80 °C, 90 °C) a různé rychlosti otáček (1500 ot, 2000 ot). Následně byly analyzovány vybrané vlastnosti těchto produktů (hodnota pH, obsah sušiny, texturní a reologické vlastnosti) v závislosti na koncentraci karagenanu, tavicí teplotě, rychlosti otáček a délce skladování. Se vzrůstající koncentrací karagenanu docházelo ke zvýšení tvrdosti a poklesu relativní lepivosti. Tavicí teplota měla vliv na elasticitu produktu. Vliv rychlosti otáček a délky skladování nebyl prokázán.

**Klíčová slova:** analogy tavených sýrů, karagenan, texturní profilová analýza, reologické vlastnosti

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to monitor the changes in the consistency of vegan analogue products described as "processed cheese in slices". Furthermore, water, starch mixture, sunflower oil, salt, calcium chloride, and  $\kappa$ -carrageenan at a concentration of 0,0–1,0 % (w/w) were used to produce the model samples. As part of the manufacturing process, the applied production parameters were changing – different melting temperatures (80 °C, 90 °C) and different speeds of shear (1500 rpm, 2000 rpm). The selected properties of the developed end-products (pH value, dry matter content, textural and rheological properties) were subsequently analysed, depending on the concentration of  $\kappa$ -carrageenan, melting temperature, speed of shear and storage time. In addition, with the increasing concentration of  $\kappa$ -carrageenan, there was an increase in the hardness and a decrease in the relative adhesiveness of the model samples. The melting temperature affected the elasticity of the products. However, the effect of speed of shear and storage time has not affected the properties of the samples.

**Keywords:** Processed cheese analogues, carrageenan, textural profile analysis, rheological properties

Ráda bych poděkovala Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. a prof. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za ochotu, odborné vedení, cenné rady a čas věnovaný konzultacím. Dále mé poděkování patří Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při provádění experimentů.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TAVENÉ SÝRY</b> .....	<b>11</b>
1.1 HISTORIE A VÝZNAM TAVENÝCH SÝRŮ.....	11
1.2 CHARAKTERISTIKA A KLASIFIKACE TAVENÝCH SÝRŮ.....	11
1.3 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ .....	12
1.3.1 Přírodní sýry.....	12
1.3.2 Tavicí soli.....	12
1.3.3 Další suroviny .....	14
1.3.3.1 Hydrokoloidy .....	17
1.4 TECHNOLOGIE VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ .....	20
1.4.1 Vliv různých výrobních parametrů na konzistenci .....	22
<b>2 ANALOGY PŘÍRODNÍCH A TAVENÝCH SÝRŮ</b> .....	<b>24</b>
2.1 HISTORIE A VÝZNAM ANALOGŮ.....	24
2.2 CHARAKTERISTIKA A KLASIFIKACE ANALOGŮ .....	24
2.3 SUROVINY PRO VÝROBU ANALOGŮ.....	25
2.3.1 Rostlinné tuky a oleje.....	27
2.3.2 Rostlinné proteiny .....	27
2.3.3 Škroby .....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>36</b>
<b>3 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>37</b>
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>38</b>
4.1 VÝROBA MODELOVÝ VZORKŮ .....	39
4.2 METODY STANOVENÍ.....	39
4.2.1 Základní chemická analýza .....	40
4.2.2 Texturní profilová analýza .....	40
4.2.3 Relaxační test .....	41
4.2.4 Warner-Bratzlerův test .....	42
4.2.5 Stanovení reologických vlastností.....	42
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>43</b>
5.1 VÝSLEDKY EXPERIMENTU I .....	43
5.2 VÝSLEDKY EXPERIMENTU II .....	54
5.3 SOUHRNNÁ DISKUZE .....	65
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>68</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>69</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>78</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>79</b>

<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>82</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>83</b>



## ÚVOD

S rostoucím zájmem o alternativní způsoby stravování v posledních letech silně vzrostla poptávka po veganských produktech. Ačkoli je princip veganství postaven na konzumaci potravin pouze rostlinného původu, vzrůstá u veganů v posledních letech poptávka po produktech imitujících produkty živočišného původu, jako jsou například masné a mléčné výrobky. Díky tomu se trh s rostlinnými imitacemi živočišných produktů velmi rychle rozvíjí a výrobci nabídku těchto výrobků rychle rozšiřují.

Imitace sýrů, takzvané „veganské sýry“ svou technologií výroby spadají do analogů tavených sýrů. I když se analogy tavených sýrů objevily na trhu již kolem roku 1970, představují produkty jen s čistě rostlinným složením pouze malý podíl, nicméně zájem spotřebitelů o ně velmi roste. Jedním z nejdůležitějších parametrů je pak jejich konzistence a výsledný chuťový profil.

Cílem této diplomové práce bylo sledování změny konzistence veganských produktů typu „krájitelný tavený sýr“ v závislosti na jejich složení a různých výrobních parametrech. Vzhledem k tomu, že technologie výroby analogů tavených sýrů vychází z technologie výroby tavených sýrů, byly v teoretické části popsány obě skupiny produktů. Experimentální část zahrnovala výrobu modelových vzorků a jejich následnou analýzu zahrnující chemickou analýzu, texturní profilovou analýzu, relaxační test, Warner-Bratzlerův test a stanovení reologických vlastností.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TAVENÉ SÝRY

## 1.1 Historie a význam tavených sýrů

První myšlenky na výrobu tavených sýrů lze datovat do poloviny roku 1890. Hlavním důvodem počátku výroby tavených sýrů bylo prodloužení trvanlivosti přírodních zrajících sýrů, které by ulehčilo jejich transport na delší vzdálenosti a zjednodušilo jejich skladování. Průkopníkem výroby tavených sýrů byla švýcarská firma Gerber, které se, díky panu Walterovi Gerberovi a Fritzovi Stattlerovi, v roce 1911 podařilo vyrobít první tavený sýr za použití citronanu sodného. O pár let později, v roce 1916, začala s výrobou tavených sýrů také americká společnost Kraft, která tavené sýry v plechovkách dodávala mimo jiné i vojskům bojujícím v Evropě během 1. světové války. Dalším velmi významným výrobcem tavených sýrů se v roce 1917 stala francouzská sýrárna Bel, kde v roce 1921 vznikla jedna z nejznámějších značek Veselá kráva. V Československu se první výroba taveného sýru uskutečnila v roce 1921 ve firmě Bloch ve Vodňanech. [1, 2, 3, 4, 26]

Výroba tavených sýrů se v průběhu 20. století, vzhledem k velkým možnostem variability konzistence, balení a díky možnosti přidavku rozmanitých chuťových přísad, velmi rozšířila a na trhu je k dispozici pestrý sortiment různých variant těchto mléčných výrobků. Konzumaci tavených sýrů v České republice lze považovat za velmi oblíbenou a tradiční, přičemž v roce 2018 představovala výroba tavených sýrů 13,4 % z vyrobených sýrů celkem [14, 27].

## 1.2 Charakteristika a klasifikace tavených sýrů

Přírodní sýry a jejich směsi není standardně možné zahřívat za účelem tepelného ošetření (pasterace) na 85 °C bez následného rozdělení směsi na 3 fáze – vysráženou bílkovinu na dně, vodní fázi ve střední vrstvě a oddělený volný tuk na povrchu [11]. Proto jsou tavené sýry tradičně získávány mícháním přírodních sýrů s tavicími solemi (např. sodné soli fosfátů, polyfosfátů a citrátů), které zajišťují vznik homogenního výrobku [5, 12].

Dalšími nepovinnými přísadami mohou být voda, mléčné složky (máslo, sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, kaseináty atd.) a nemléčné složky (koření, aromata, barviva, sůl, hydrokoloidy atd.) [9, 8]. Matrice tavených sýrů se znovu utváří za vyšších teplot, pod částečným vakuem a za konstantního míchání [8, 15].

Tavené sýry je možné rozdělit na dva typy: sýrové bloky s pevnou konzistencí, vysokou kyselostí a relativně nízkým obsahem vody a sýrové pomazánky s měkkou konzistencí, nízkou kyselostí a vysokým obsahem vody [6]. Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. (Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje) se „taveným sýrem“ označí sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí, dělený na tavený sýr roztíratelný a tavený sýr s lomem. Tavený sýr, který obsahuje více než 5 % laktózy, se označí jako „tavený sýrový výrobek“. Zároveň slovem „sýrový“ lze označit pouze takový mléčný výrobek, v němž sýr tvoří nejméně 50 % (w/w) tohoto výrobku. [7]

Konzistence tavených sýrů může být ovlivněna celou řadou faktorů, jako je obsah sušiny nebo tuku v sušině, hodnota pH, druh a množství tavicích solí, podmínky během výroby (doba tání, teplota tání atd.) nebo druh a koncentrace hydrokoloidů [10, 13].

### 1.3 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

#### 1.3.1 Přírodní sýry

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry jednoho nebo více druhů v různém stupni zralosti [19]. Jednotlivé druhy použitých přírodních sýrů významně ovlivňují vlastnosti finálního taveného sýru. Jednou z nejvýznamnějších výhod výroby tavených sýrů je fakt, že pro jejich výrobu lze použít sýry i s různými (zejména mechanickými) vadami, které by se díky těmto vadám nemohly uvést do oběhu [21]. Nicméně v současné době se pro výrobu tavených sýrů využívají zejména jakostní přírodní sýry s odpovídajícím prozráním a zároveň je výrobcí pečlivě hlídáno, aby pro výrobu tavených sýrů nebyly použity jakkoli závadné sýry, např. zaplesnivělé [20].

V České republice jsou pro výrobu tavených sýrů využívány především sýry eidamského typu, minoritně se používají například sýry švýcarského typu, popř. moravský bochník [22].

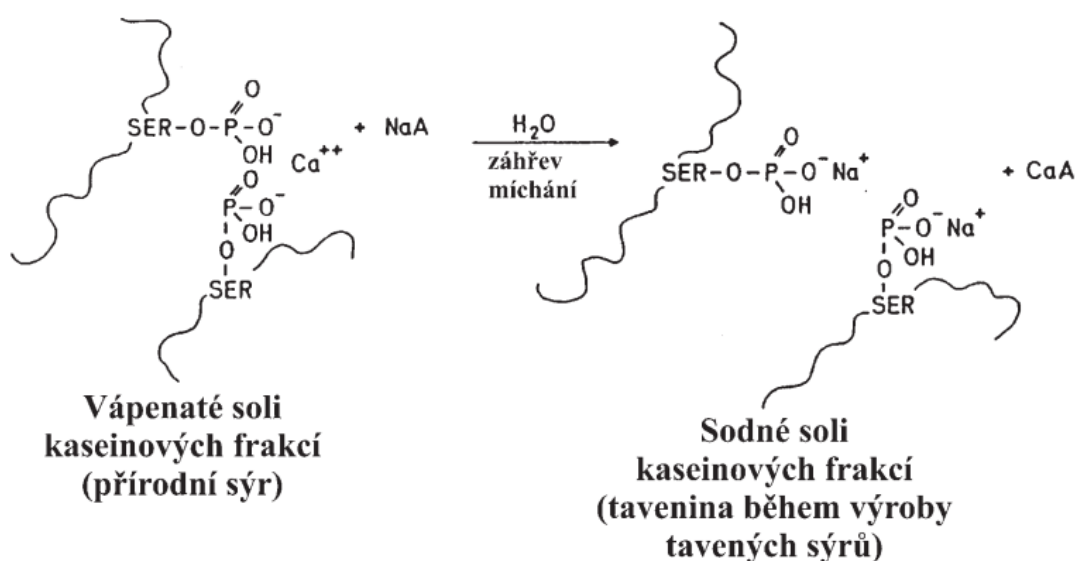
#### 1.3.2 Tavicí soli

Vedle přírodních sýrů jsou tavicí soli nezbytnou a klíčovou složkou pro výrobu tavených sýrů. Tvoří je obvykle sodné soli fosfátů, polyfosfátů, citrátů anebo jejich kombinace v celkovém množství do 3 % (w/w) finálního výrobku. Jejich přehled je uveden v Tabulce 1. [17, 18]

Tabulka 1: Fosforečnany používané pro výrobu tavených sýrů [25]

Skupina	Látka	Vzorec	E-kód
Orthofosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$	E 339
	Mohohydrogenfosforečnan sodný	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	E 339
	Fosforečnan sodný	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	E 339
Difosforečnany (pyrofosforečnany)	Dihydrogendifosforečnan sodný	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	E 450
	Mohohydrogendifosforečnan sodný	$\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$	E 450
	Difosforečnan sodný	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	E 450
Trifosforečnany	Trifosforečnan sodný	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	E 451
Polyfosforečnany	Polyfosforečnan sodný (Grahamova sůl)	$(\text{NaPO}_3)_n$	E 452

Hlavní úloha tavicích solí spočívá ve výměně vápenatých iontů, nerozpustného parakaseinanu vápenatého v tavenině, za ionty sodné, čímž vzniká rozpustnější parakaseinan sodný (Obrázek 1). Dále dochází k rozpuštění bílkovin a emulgaci tuku, podílejí se na vazbě vody (hydrataci) a upravují pH. [16, 23]



Obrázek 1: Schéma výměny vápenatých iontů za ionty sodíku při výrobě tavených sýrů. (A – aniont tavicí soli; NaA – sodná tavicí sůl, CaA – vápenatá tavicí sůl) [25]

Obecně platí, že fosfátové soli váží větší množství vápníku, a využívají se proto pro výrobu roztíratelných tavených sýrů. Citrátové soli, jelikož mají menší schopnost vázat vápník, se používají pro tavené sýry s tužší lomivou konzistencí. [16, 28]

Tavicí soli jsou často označovány jako emulgátory, nicméně v pravém slova smyslu jde spíše o emulgující činidla, která upravují prostředí v tavenině tak, aby přítomné bílkoviny (kaseinové frakce) mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů [25].

Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 (o potravinářských přídatných látkách) se „tavicími solemi“ rozumějí látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek [24].

V praxi výrobci používají pro dané výrobky zpravidla dvě nebo tři komerční směsi tavicích solí. Jednotlivá směs se zpravidla skládá ze dvou až tří komponent s tím, že výrobci tavených sýrů přesné poměry těchto komponent neznají. Volba vhodné kombinace tavicích solí se tak téměř výhradně opírá o empirické zkušenosti s danými směsmi od konkrétního dodavatele. [17]

### 1.3.3 Další suroviny

Pro výrobu tavených sýrů je používána i řada dalších surovin, mezi které například patří:

- máslo nebo smetana – přidává se pro zvýšení obsahu tuku (a tím i tuku v sušině)
  - tvaroh – zvyšuje obsah tukuprosté sušiny a dodává tzv. intaktní bílkoviny (= kasein, u něhož neproběhly rozsáhlé hydrolyzační procesy, což může ovlivnit stabilitu výrobku a jeho konzistenci)
  - pitná voda – pro upravení obsahu sušiny
  - již utavený sýr (krém / nátavek / rework) – využíván pro dosažení stabilnější a jemnější konzistence a k redukci ekonomických ztrát
  - příchutě – šunka, zelenina, žampiony, pažitka
- [22, 29, 31]

Podrobnější přehled možných přísad pro výrobu tavených sýrů je v Tabulce 2.

Tabulka 2: Povolené volitelné ingredience v tavených sýrech [32]

<b>Ingredience</b>	<b>Příklad</b>
<b>Mléčné složky</b>	bezvodý mléčný tuk, smetana, sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, mléčné bílkoviny, koprecipitáty, ultrafiltráty mléka
<b>Stabilizátory</b>	emulgační soli hydrokoloidy (guma guar, xantan, karragenan) organické emulgátory (lecitin, mono- a diglyceridy)
<b>Okyselující látky</b>	různé organické kyseliny, včetně kyseliny mléčné, octové, fosforečné a citrónové
<b>Sladidla</b>	sacharóza, dextróza, kukuřičný sirup, hydrolyzovaná laktóza
<b>Příchutě</b>	enzymem modifikovaný sýr, přírodní a umělá aromata, kouřové extrakty
<b>Zvýrazňovače chuti</b>	sůl, kvasniční extrakty
<b>Barviva</b>	anatto, oleoresin, paprika, umělá barviva
<b>Konzervační látky</b>	sorbát draselný, propionáty vápenaté / sodné, nisin
<b>Koření</b>	vařené maso / ryby, sušené ovoce / zelenina

Mléčné složky zmíněné v Tabulce 2 se v posledních letech využívají jako náhrada základní suroviny (zejména přírodního sýra). Mimo mléčné složky lze do náhrad zařadit i uvedené stabilizátory a modifikátory konzistence, kam se mimo jiné řadí i nativní a modifikované škroby, pektin a další bílkoviny (např. želatina). Použití jednotlivých náhrad je legislativně limitováno ve Vyhlášce č. 397/2016 Sb. (Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje) a tím se určuje označení daných výrobků (Tabulka 3). [7, 22]

Tabulka 3: Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [7]

Složka jiná než sýr	Tavený sýr a tavený roztíratelný sýr		Tavený sýrový výrobek
	druhově pojmenovaný	druhově nepojmenovaný	
<b>Máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát</b>	pouze pro standardizaci obsahu tuku	ano	ano
<b>Ostatní mléčné složky</b>	ne	ano, obsah nejvýše 5 % (w/w) laktózy ve finálním taveném sýru	ano
<b>Jedlá sůl</b>	ano	ano	ano
<b>Bakteriální kultury</b>	ano	ano	ano
<b>Enzymy</b>	ano	ano	ano
<b>Cukry (sacharidy se sladícím účinkem)</b>	ne	ne	ano
<b>Koření a sezónní zelenina</b>	podle druhu výrobku a v množství, které postačuje, aby dodalo konečnému produktu charakteristickou chuť		
<b>Ostatní zdravotně nezávadné potraviny</b>		ano	



### 1.3.3.1 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy jsou látky s polymerním charakterem, mezi které patří řada bílkovin a polysacharidů a jsou využívány v mnoha průmyslových aplikacích. Dávkují se obvykle v malých množstvích (do 1 % (w/w)) a mezi jejich hlavní vlastnosti patří zahušťování, emulgace, gelotvornost a stabilizace emulzí a pěn. Tyto vlastnosti jsou často využívány ve výrobcích s nízkým obsahem tuku pro dotváření jejich textury. Mezi základní zdroje pro získávání hydrokoloidů patří rostliny a mořské řasy, živočišné produkty, případně jsou produkovány některými mikroorganismy. Přehled zdrojů a jednotlivých hydrokoloidů je uveden v Tabulce 4. [29, 44, 45, 46]

Tabulka 4: Přehled jednotlivých hydrokoloidů a jejich zdrojů [47]

Druh zdroje	Zdroj	Příklad
<b>Botanické produkty</b>	Stromy	celulóza
	Mízy ze stromů	arabská guma, guma karaya, guma ghatti, taragant guma
	Rostliny	škrob, pektin, celulóza
	Semena	guma guar, lokustová guma, tara guma
	Hlízy	konjaková guma
<b>Mořské řasy</b>	Červené mořské řasy	agar, karagenan
	Hnědé mořské řasy	alginát
<b>Mikrobiální produkty</b>	xanthan, gellanová guma, celulóza	
<b>Živočišné produkty</b>	želatina, kaseinát, syrovátkový protein, vaječný bílek, chitosan	

V tavených sýrech se hydrokoloidy používají hlavně díky schopnosti vázat vodu, tvořit gel a stabilizovat emulzi. Díky těmto schopnostem dochází ke změně výsledné konzistence, přičemž nejdůležitější změnou je nárůst tuhosti taveného sýra. Pro výrobu tavených sýrů se nejčastěji používá alginát sodný, agar, kappa-karagenan a pektiny. [29, 34, 47]

### Algináty

Algináty jsou obecně označovány jako soli kyseliny alginové. Extrahují se z mořských řas čeledi *Phaeophyceae* nebo se získávají z mikroorganismů z rodů *Azobacter* či *Pseudomonas*. Základní stavební jednotkou alginátů je D-mannuronová kyselina a  $\alpha$ -L-guluronová kyselina, které jsou vzájemně spojené glykosidickými vazbami (1 $\rightarrow$ 4), jedná se tedy o lineární polysacharid. Rozmístění jednotlivých zbytků kyselin v polymerním řetězci, které je dáno hlavně původem alginátu, ovlivňuje chování výsledného produktu. Pro výrobu tavených sýrů je využívána především jejich schopnost interakce s jinými elektrostaticky nabitými polymery (např. proteiny), čímž se docílí stabilizace a zesílení mechanických vlastností výrobku. [44, 47, 48, 49]

### Agary

Surovinou pro získávání agarů jsou červené mořské řasy rodu *Rhodophyceae*. Jedná se taktéž o lineární polysacharid. Je složen z agarózy a agaropektinu, kde základní stavební jednotkou jsou  $\beta$ -D-galaktopyranóza a 3,6-anhydro- $\alpha$ -L-galaktopyranóza střídavě vázané glykosidickými vazbami  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3) a  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). Jednou z nejdůležitějších využívaných vlastností je tvorba reverzních gelů, při zahřívání gel taje a při ochlazení opět tuhne, přičemž přítomnost kationů či jejich kolísavý obsah tvorbu gelu neovlivňuje. [29, 44, 47]

### Karagenany

Stejně jako pro agary je základní složkou pro získávání karagenanů červená mořská řasa rodu *Rhodophyceae*. Uplatnění karagenanů je široké. V potravinářství se nejvíce používají jako zahušťovadla, želírující látky nebo stabilizátory. Základní stavební jednotka polysacharidu karagenanu je disacharid karabiosa, který je složený z opakujícího se řetězce  $\beta$ -D-galaktopyranosy a 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranosy spojených vazbou  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) a jednotlivé disacharidy karabiosy jsou spojeny především  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3) vazbou. I když je známo minimálně 8 druhů těchto sekvencí, tak jsou v potravinách používány nejvíce pouze 3 druhy –  $\iota$ -karagenan,  $\kappa$ -karagenan a  $\lambda$ -karagenan, přičemž rozdíl mezi nimi je v počtu sulfátových skupin, rostoucí od 1 do 3 a u  $\lambda$ -karagenanu je zároveň 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranosa nahrazena  $\alpha$ -D-galaktopyranosou. Pro lepší znázornění je struktura uvedena v Tabulce 5. [44, 50, 51, 52, 53]

Tabulka 5: Základní struktura karagenanů [44]

Polysacharid	Stavební jednotka	
	A	B
<b>κ-karagenan</b>	β-D-galaktosa-4-sulfát	3,6-anhydro-α-D-galaktosa
<b>ι-karagenan</b>	β-D-galaktosa-4-sulfát	3,6-anhydro-α-D-galaktosa-2-sulfát
<b>λ-karagenan</b>	β-D-galaktosa-2-sulfát	α-D-galaktosa-2,6-disulfát

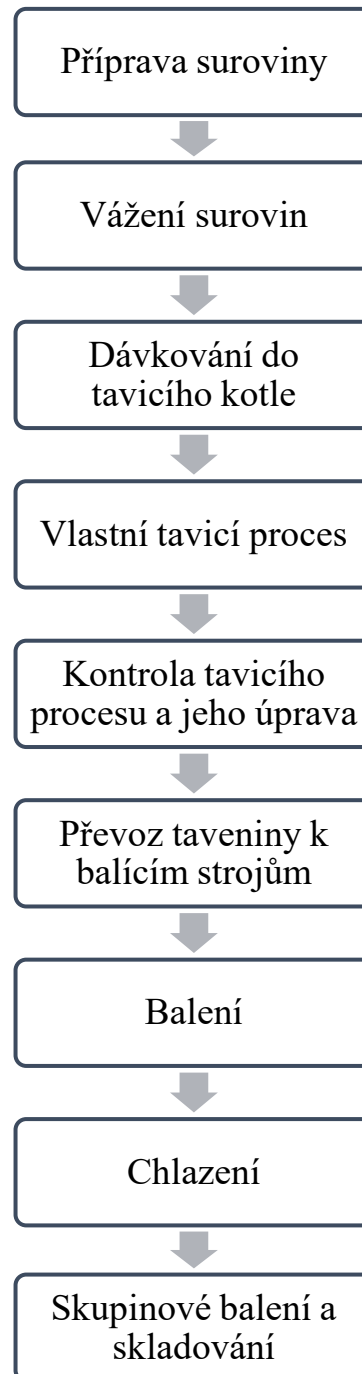
Aplikací karagenanů do matrice tavených sýrů je možné nahradit část tavicích solí a zároveň zachovat požadované texturní vlastnosti a pocit plnosti v ústech. Dalším důležitým faktorem je snížení lepivosti výsledného produktu na obal. [34, 54, 55]

### **Pektiny**

Pektiny se vyskytují v pletivech vyšších rostlin, kde jsou součástí primárních buněk a mezi-buněčných prostor. Představují polydisperzní polysacharidy s proměnným složením a hlavními surovinami pro jejich získávání jsou citrusové slupky a jablečné výlisky. Základní stavební jednotkou pektinů je kyselina galakturonová s obsahem minimálně 65 % (w/w), která je tvořena jednotkami D-galakturonové kyseliny spojené vazbami  $\alpha$  (1→4) a může se vyskytovat jak volná, tak methylovaná nebo amidovaná. Její volné karboxylové skupiny mohou vázat draselné, sodné, popřípadě vápenaté kationty. Dalšími jednotkami jsou  $\alpha$ -L-rhamnopyrosa spojená vazbami  $\alpha$  (1→2) a L-arabiosa, D-galaktosa a D-xylosa. V mléčných výrobcích se využívá jejich schopnost stabilizace proteinové disperze a schopnost gelace. [34, 44, 56]

## 1.4 Technologie výroby tavených sýrů

Samotná výroba tavených sýrů se skládá z několika kroků, které jsou přehledně uvedeny na Obrázku 2.

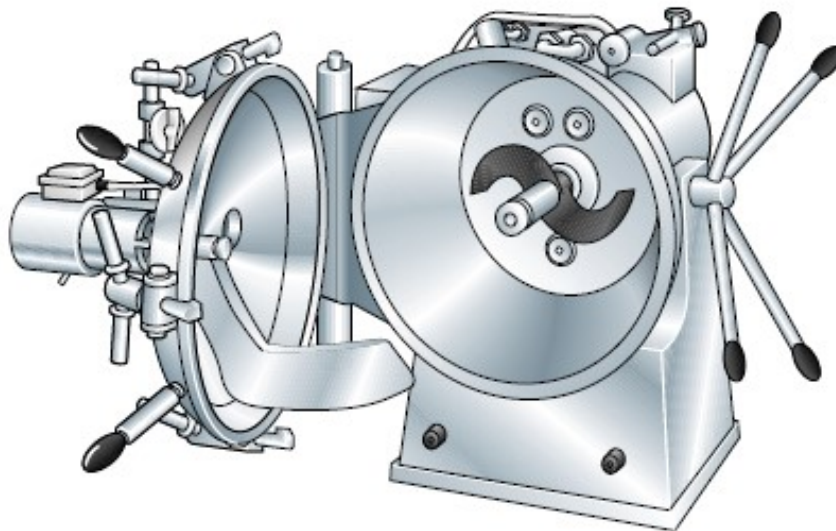


Obrázek 2: Schéma diskontinuální výroby tavených sýrů [33]

Tavené sýry je možné vyrábět dvěma způsoby: kontinuálně a diskontinuálně, přičemž v České republice v dnešní době převládá spíše diskontinuální způsob tzv. v tavicích kotlích [22].

Příprava a vážení suroviny se provádí na základě požadavků na obsah sušiny a tuku v sušině, dále na požadovaných vlastnostech finálního produktu (konzistence, chuť, vůně). Zahrnuje úpravu velikosti přidaného sýra (krájením, strouháním, mletím), jejímž cílem je maximalizace povrchové plochy sýru, což usnadňuje přenos tepla. [4, 22]

V případě diskontinuálního způsobu tavení se vlastní tavicí proces provádí v tavicích kotlích viz Obrázek 3.



Obrázek 3: Tavicí zařízení [6]

Rozmělněný sýr je, společně s dalšími surovinami, převeden do kotle a vše je postupně promícháno. Za stálého míchání se směs zahřívá přímým nebo nepřímým vstříkem páry a samotný proces tavení začíná v okamžiku, kdy se v poměrně krátkém čase a za snížení tlaku teplota směsi zvýší na tavicí teplotu, která obvykle bývá mezi 80 – 95 °C. Výdrž tavicí teploty závisí na typu finálního výrobku (zpravidla několik desítek sekund). Dosažení vysokých teplot během procesu tavení má za následek usmrcení potenciálních patogenních mikroorganismů, čímž se prodlužuje doba použitelnosti produktu. Zároveň dochází k důležitým fyzikálním a mikrostrukturálním změnám v sýrové hmotě. [4, 6, 30, 34, 35]

Celková doba tavení má významný vliv na výslednou konzistenci taveného sýru. Čím delší je doba tavení, tím více se zmenšují tukové kuličky a konzistence výsledného produktu je tvrdší. [37, 38]

Po ukončení tavení se výsledná tavenina přečerpá nebo je samospádem převedena do balících strojů. Naplněné obaly jsou ihned hermeticky uzavřeny. Pro eliminaci mikrobiální kontaminace a změn konzistence finálního výrobku by teplota během balení neměla klesnout pod 65 – 70 °C. [28, 36]

Tavené sýry se nejčastěji balí do hliníkových, z vnitřní strany lakovaných folií s odtrhacím proužkem. Mezi další typy balení patří plastové kelímky nebo vaničky, tuby či střívka opatřená sponou. Na trhu je možné se setkat i s tavenými sýry ve formě plátků zabalenými zvlášť do tenké fólie. [12]

Následná rychlost zchlazení výrobku po výrobě je dalším parametrem výrazně ovlivňujícím finální konzistenci tavených sýrů. Při pomalejším chlazení spolu proteiny v matrici více interagují a vznikají tak pevnější vazby a tím i výrobky s vyšší tuhostí. U roztíratelných tavených sýrů je tedy velmi důležité rychlé zchlazení, aby se omezilo vzniku těchto vazeb a bylo tak docíleno dobře roztíratelné konzistence. [37]

Technologie výroby analogů přírodních a tavených sýrů se v principu neliší od technologie výroby tavených sýrů, dochází pouze k částečné či úplné náhradě živočišných komponent rostlinnými, které jsou důkladněji popsány v Kapitole 2.

#### **1.4.1 Vliv různých výrobních parametrů na konzistenci**

Jednotlivé procesní parametry, zejména teplota tavení, rychlost míchání a doba výdrže tavicí teploty, mají podstatný vliv na výslednou konzistenci taveného sýru. Za posledních několik let byla řada studií zabývajících se touto problematikou, nicméně závěry těchto studií jsou často protichůdné, což je dáno zejména různou skladbou surovin používaných pro výrobu, ovlivňující výsledné parametry produktu (obsah sušiny, tuku, proteinů, hodnotu pH) a v mnoha případech i rozdílnými procesními parametry, které byly pro studie zvoleny (teplotní podmínky, rychlosti míchání, různá výrobní zařízení).

Teplota tavení ovlivňuje zejména finální tuhost výrobku. Se zvyšující se teplotou tavení dochází ke snížení viskozity taveniny a zároveň k zmenšování tukových kuliček, což zvyšuje tuhost finálního výrobku. Nicméně v případě odtučněných tavených sýrových pomazánek v teplotním rozmezí 60 – 90 °C je trend opačný a se zvyšující se teplotou dochází k poklesu tuhosti. [57, 58, 59]

Vysokou rychlostí otáček nožů u výrobního zařízení je způsobeno, že se hmota více namáhá a dochází tak k důkladnější dispergaci bílkovin a rozmělnění struktury, díky tomu vzniká větší počet menších tukových kuliček a tuhost finálního produktu se tak zvyšuje [60].

## 2 ANALOGY PŘÍRODNÍCH A TAVENÝCH SÝRŮ

### 2.1 Historie a význam analogů

Analogy sýrů byly vyvinuty na počátku 70. let 20. století ve Spojených státech. Hlavním impulzem byla touha vytvořit levnější sýrové náhražky pro různé druhy sýrů, jako například sýry pro přípravu pizzy, sýrové plátky do burgerů a sendvičů, sýry do salátů a pro přípravu sýrových omáček a dipů. I když se na produkci analogů sýrů podílí i Evropa (40 – 60 tisíc tun/rok), hlavním výrobcem stále zůstávají Spojené státy, kde se roční produkce pohybuje okolo 300 tisíc tun [39].

### 2.2 Charakteristika a klasifikace analogů

Analogy sýrů jsou obvykle výrobky vyrobené smícháním jednotlivých složek, včetně nemléčných tuků nebo bílkovin, s cílem vytvořit sýrový výrobek podobný specifickým požadavkům. Jedná se tedy o produkty, ve kterých je některá z mléčných složek částečně nebo zcela nahrazena surovinami rostlinného původu. Touto náhradou se podstatně snižují výrobní náklady. [22, 40]

Analogy sýrů lze libovolně klasifikovat jako mléčné, částečně mléčné nebo nemléčné, podle toho, zda tukové anebo proteinové složky pocházejí z mléčných nebo rostlinných zdrojů. Mléčné analogy se vyrábějí za použití mléčných bílkovin a máselného tuku, částečně mléčné analogy za použití mléčných bílkovin a rostlinného oleje a nemléčné analogy za použití rostlinného oleje a rostlinných bílkovin. [32, 39]

Ačkoli jsou analogy sýrů stále častěji vidět v prodejních sítích, pojem „imitace nebo analog“ tavených sýrů se v české legislativě zatím nevyskytuje a jedinou zmínku lze nalézt ve Vyhlášce Ministerstva zdravotnictví ČR č. 4/2008 Sb. v platném znění, která stanovuje povolené přídatné látky pro jejich výrobu [85].

V případě analogů sýrů, kde není obsah sýru více než 50 %, se pro jejich označení musí používat popisný nebo vymyšlený název, který však neobsahuje označení „sýr“ nebo „sýrový“. Přípustný název může být např. „směs na pizzu“ (50 % strouhaného sýra a 50 % analogu), Gastrobloc (výrobek z rostlinného tuku, sýra, kaseinátu, bramborového škrobu, syrovátkové bílkoviny a aditiv s 55 % t.v.s.), Puma Combi (výrobek z mléka, palmového oleje, soli a glukono-delta-laktonu s 40 % t.v.s.). [42]



### **2.3 Suroviny pro výrobu analogů**

K výrobě analogů jsou zapotřebí čtyři klíčové složky, a to voda, emulgační soli, bílkoviny a tuk. Existují různé způsoby výroby analogů a proces se může lišit v závislosti na složení a zejména na zdroji použitých surovin. [41]

V Tabulce 6 je uvedený přehled hlavních přísad pro výrobu analogů.

Tabulka 6: Suroviny používané pro výrobu analogů sýrů [39, 43]

<b>Ingredience</b>	<b>Funkce</b>	<b>Příklad</b>
<b>Tuk</b>	požadované složení, textura a rozpustnost, chuť	máslo, rostlinné oleje
<b>Mléčné proteiny</b>	požadované složení, polotvrdá textura, krájitelnost, viskozita a pružnost, fyzikálně-chemická stabilita	kasein, kaseináty, syrovátka
<b>Rostlinné proteiny</b>	požadované složení, nižší cena oproti kaseinu	sójový, arašídový, pšeničný protein
<b>Škroby</b>	náhrada za kasein, snížení nákladů	nativní a modifikované kukuřičné, rýžové a bramborové škroby
<b>Stabilizátory – emulgační soli, hydrokoloidy</b>	fyzikálně-chemická stabilita produktu, texturní a funkční vlastnosti, zlepšení stability produktu	sodné fosfáty, sodné citráty, hydrokoloidy; guma guar, xanthan, karagenan
<b>Okyselující složky</b>	kontrola pH produktu	kyselina mléčná, octová, citrónová, fosforečná
<b>Ochucovadla</b>	zlepšení chuti	enzymaticky modifikovaný sýr, extrakty a koření
<b>Zvýrazňovače chuti</b>	zlepšení chuti	sůl, kvasničné extrakty
<b>Barviva</b>	požadovaná barva	annatto, paprika, umělá barviva
<b>Konzervanty</b>	ochrana proti plísním, prodloužení trvanlivosti	nisin, sorban draselný, propionát sodný a vápenatý
<b>Minerály a vitamíny</b>	zlepšení nutričních hodnot	oxid hořečnatý, zinečnatý, železo, vitamín A, riboflavin, thiamin, kyselina listová

### 2.3.1 Rostlinné tuky a oleje

Tuková část v analogích může zahrnovat širokou škálu tuků včetně mléčného tuku a rostlinných tuků a olejů, jako je sójový, palmojádrový, slunečnicový, řepkový nebo kukuřičný [41].

Během posledního desetiletí je možné pozorovat, že si spotřebitelé stále více uvědomují důležitost udržování přiměřené výživy. Místo snahy vyvinout potraviny s nízkým obsahem kalorií je lepší vyrábět potraviny s přísadami, které pomáhají snižovat zdravotní rizika, jako v případě nahrazování živočišných tuků rostlinnými tuky a oleji, aby se potravinám poskytovala nízká hladina cholesterolu a nasycených tuků. [40, 61]

Nahrazení mléčného tuku rostlinnými tuky a oleji může být buď částečné, nebo úplné. Hlavní výhodou použití rostlinných tuků a olejů je, ve srovnání s mléčným tukem, nižší cena a zmíněná absence cholesterolu. Dalším podstatným benefitem rostlinných tuků a olejů je vysoký obsah polynenasycených mastných kyselin, zejména esenciální kyseliny linolové ( $\omega$ -6) a linolenové ( $\omega$ -3). [9, 40, 62]

Podle použitého rostlinného tuku nebo oleje se získá různá konzistence finálního produktu, tím je možné měnit matici a upravovat tak vhodnost k určité aplikaci. Vliv použitého tuku na texturu výrobku je závislý na jeho fyzikálně-chemických vlastnostech. V případě použití směsi různých tuků je výsledný vliv na texturu produktu dán průměrným chováním jednotlivých tuků. [40] Například částečná náhrada mléčného tuku (25 – 50 % (w/w)) hydrogenovaným rostlinným tukem výrazně mění výslednou strukturu a senzorycké vlastnosti analogu. Chuť takového analogu nicméně není srovnatelná s tradičním taveným sýrem. Naopak při 50% náhradě mléčného tuku rostlinným je výsledný produkt hodnocen lépe než tradiční tavený sýr. [61]

### 2.3.2 Rostlinné proteiny

Podobně jako rostlinné tuky a oleje jsou rostlinné proteiny používány jako částečná nebo úplná náhrada za kasein a hlavním důvodem je opět snížení nákladů. První zmínky o výrobě analogu se základem postaveným na rostlinném proteinu je možné datovat až do období starověké Číny, kde se vyráběla fermentovaná sójová sýřenina, tzv. Sufu. [40] Sójová bílkovina je mezi rostlinnými proteiny, hlavně díky vyváženému obsahu aminokyselin a mastných kyselin, velmi nutričně významná. Proto je možné sójovou bílkovinu najít i v podobě dalších produktů, jako např. sójové mléko, sójová mouka či sójový izolát.

I když je známo, že biologická hodnota sójové bílkoviny je vyšší než u kaseinu, tak podstatná nevýhoda je následný sensorický vjem sójových výrobků, který často nebývá pozitivní. Dalšími častými vadami spojenými s použitím sójové bílkoviny jsou nízká elasticita, nižší tvrdost a zhoršená roztékavost. [9, 32, 40]

Mezi další, ve vysoké míře používaný, zdroj bílkoviny pro analogy patří hrách. Má vysoký obsah proteinu a v porovnání se sójou vykazuje nižší vyvolání alergických reakcí. Nicméně, podobně jako sója, dodává analogu silnou hrachovou příchut'. V poslední době se však objevují nové metody, díky kterým je možné tento negativní vjem zmírnit. [65, 66]

Další možnou náhradou jsou proteiny z podzemnice olejné, bavlníku, arašídů či pšenice. Nicméně obecně je náhrada mléčné bílkoviny rostlinnou spojována se vznikem horší struktury a negativního sensorického hodnocení, proto je tato náhrada v komerčních výrobcích omezená. [9, 67]

Pro eliminaci těchto negativních dopadů aplikace rostlinné bílkoviny do matrice analogů byly popsány postupy, ve kterých byl přídavek rostlinné bílkoviny snížen a mléčná bílkovina byla nahrazena modifikovaným nebo předželatinovaným škrobem, přičemž s jeho zvětšujícím se přídavkem byla snížena roztékavost směsi. Navíc u produktů, ve kterých byla z 80% mléčná bílkovina nahrazena škrobem, je po přídavku  $\kappa$ -karagenanu možné dosáhnout podobných texturních vlastností jako u produktů bez přídavku škrobu. [40, 68]

### 2.3.3 Škroby

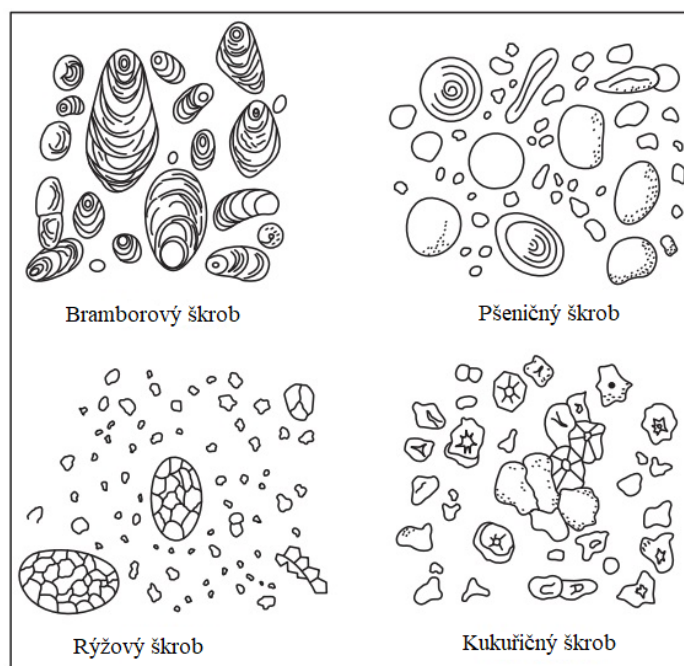
Škrob je rostlinný zásobní polysacharid skládající se z dvou hlavních typů molekul – lineární amylozy a vysoce větveného amylopektinu. Nativní škrob obsahuje asi 75 % amylopektinu a 25 % amylozy, existují také voskové (waxy) škroby skládající se hlavně z amylopektinu a obsah amylozy je 0 – 8 %. Dále je možné se setkat i s vysoko-amyložními škroby, které obsahují 40 – 70 % amylozy. [69]

Lineární amyloza obsahuje  $\alpha$ -(1→4) glykosidové vazby a větvený amylopektin je polymer obsahující  $\alpha$ -(1→4) a  $\alpha$ -(1→6) vazby. Mimo zmíněných glukanů obsahují škrobová zrna i menší množství dalších látek jako jsou proteiny a lipidy. [11] Rozdíly mezi amyložou a amylopektinem jsou podrobněji uvedeny v Tabulce 7.

Tabulka 7: Různé vlastnosti amylózy a amylopektinu [73]

Charakteristika	Amylóza	Amylopektin
Tvar	lineární	větvený
Vazba	$\alpha$ -(1→4)	$\alpha$ -(1→4) + $\alpha$ -(1→6)
Molekulová hmotnost	< 0,5 milion	50 – 500 milionů
Tvorba filmu	silná, nevratná	slabá, vratná
Tvorba gelu	pevný gel	měkký gel
Zabarvení jódem	modře	červenohnědě
Stravitelnost ( $\beta$ -amyláza)	100 %	60 %
Zředěné roztoky	nestabilní	stabilní
Stupeň polymerace	1500 – 6000	$3 \times 10^5$ – $3 \times 10^6$

Škrob se vyskytuje ve formě škrobových zrn, v nichž jsou molekuly amylopektinu uspořádány radiálně a molekuly amylózy jsou rozptýleny mezi molekuly amylopektinu. Škroby cereální (pšenice, ječmen, žito, tritikale) mají dva odlišné typy škrobových zrn – větší zrna jsou označována jako A-škrob, jako B-škrob jsou označována zrna menší. Škrob z brambor má tvar oválný s nesoustředným vrstvením. Zrna kukuřičného škrobu jsou vícehranná a kulovitěho tvaru s rozeklanou dutinkou. [11, 71]



Obrázek 4: Mikroskopický vzhled běžných škrobových zrn [72]

Mezi důležité funkční vlastnosti škrobu patří bobtnání škrobového zrna, mazovatění, vznik pevného gelu při jeho ochlazování a následná retrogradace. Hydratační a gelotvorné vlastnosti škrobů, v závislosti na složení (poměr amylozy a amylopektinu), usnadňují jejich použití v potravinářském průmyslu jako texturizační činidla. [11, 70]

Vlastnosti určitého škrobu v produktu závisí na jeho botanickém zdroji (kukuřičný, pšeničný, bramborový, rýžový), modifikaci (nativní nebo modifikovaný škrob), jeho koncentraci, postupu při vaření (teplota, pH, doba zahřívání, doba a intenzita namáhání a další) a na přítomnosti dalších ingrediencí a aditivních látek. [70]. Rozdíly ve vlastnostech nativních škrobů z různých botanických zdrojů jsou uvedeny v Tabulce 8.

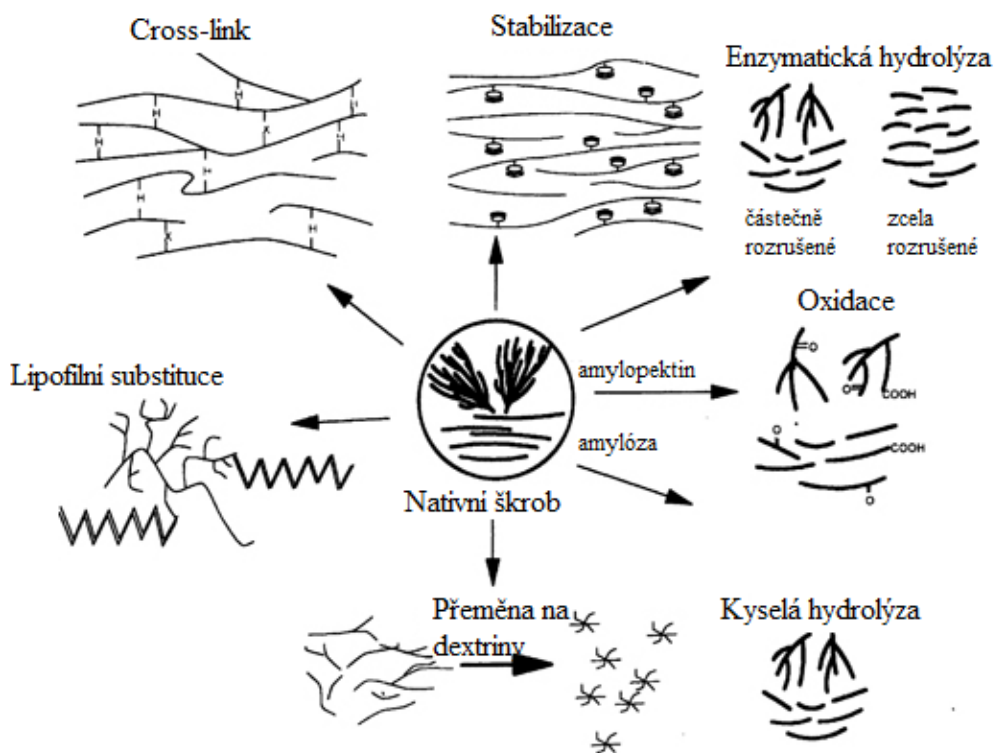
Tabulka 8: Vlastnosti různých nativních škrobů [47]

<b>Škrob</b>	<b>Gelotvorná teplota</b>	<b>Obsah amylozy</b>	<b>Vlastnosti během vaření</b>
<b>Kukuřičný</b>	62 – 72	25	neprůhledný gel
<b>Z voskové kukuřice</b>	63 – 72	<1	průhlednost, soudržnost
<b>Bramborový</b>	59 – 68	20	průhlednost, soudržnost, tendence tvořit gel
<b>Pšeničný</b>	58 – 64	25	neprůhledný gel
<b>Rýžový</b>	68 – 78	19	neprůhledný gel
<b>Vysokoamylózní kukuřičný</b>	63 – 92	50–90	velmi neprůhledný, silný gel

Nativní škroby, modifikované škroby a jiné polysacharidy jsou pro výrobu analogů používány za účelem snížení nákladů, dalším neméně důležitým důvodem je zlepšení chuti, struktury nebo prodloužení trvanlivosti výsledného produktu [77]. Jak již bylo zmíněno výše, škrob je dnes používán jako účinná náhrada mléčných bílkovin (kaseinu) a rovněž je považován za vhodnou náhradu i za mléčný tuk. Přídavek škrobu do analogů většinou bývá v množství 2 – 4 % (w/w), ale přídavky mohou být i vyšší (10 – 15 % (w/w)), nicméně příliš vysoká náhrada může způsobovat větší tvrdost produktů. [9]

Nativní škroby jsou nerozpustné ve studené vodě, avšak pokračujícím zahříváním škrobová zrna bobtnají a nasávají vodu. Předgelatizované škroby jsou škroby modifikované a jsou rozpustné ve studené vodě, což má okamžitý vliv na viskozitu. Jak nativní, tak modifikované škroby mají při ochlazení tendenci tvořit gel. Voskové škroby upravují viskozitu, avšak bez tvorby gelu. Dalším druhem jsou škroby rezistentní, které byly upraveny tak, aby byla jejich schopnost tvořit gel zachována za většiny režimů zahřívání. [74]

Modifikace škrobů je prostředkem ke změně struktury a ovlivnění vodíkových vazeb kontrolovatelným způsobem pro zlepšení a rozšíření jejich aplikace. Změny probíhají na molekulární úrovni, s malou nebo žádnou změnou vzhledu povrchu. Jednotlivé chemické a biochemické modifikace jsou schematicky znázorněny na Obrázku 5. [47]



Obrázek 5: Chemické a biochemické modifikace škrobů [47]

Jednotlivé účinky různých modifikací na škroby a jejich benefity pro následné užívání je shrnuto v Tabulce 9.

Tabulka 9: Modifikace škrobů, jejich účinky a benefity [47, 71, 73]

<b>Modifikace (typ modifikace)</b>	<b>Účinek</b>	<b>Benefit</b>	<b>Typická aplikace</b>
<b>Cross-link (chemická)</b>	posílení škrobových zrn	zvýšená tolerance k vysokým teplotám, otáčkám a kyselinám	trvanlivé výrobky
	zpomalení bobtnání – zpomalení zvyšování viskozity	efektivita výroby: zvýšená penetrace, tepla umožňující kratší dobu procesu	hotové omáčky ve sklenicích
<b>Stabilizace (chemická)</b>	zabránění smršťování škrobu a zajištění stability při nízké teplotě	vynikající stabilita za chladu a mrazu/tání – prodloužení skladovatelnosti	chlazená a mražená hotová jídla
	nižší gelotvorná teplota	snadné vaření produktů s vysokou hustotou	náplně a polevy s vysokým Brix
<b>Enzymatická konverze (biochemická)</b>	produkty o různé viskozitě, gelové síle, termoreversibilní, sladkost	zlepšení textury a reologických vlastností	tukové náhražky
		ekonomické dispergační činidlo	nosiče aroma, plniva pro suché směsi
<b>Kyselá hydrolýza (chemická)</b>	snížení viskozity a zvýšení síly gelu	zlepšení textury a umožnění použití vyšších koncentrací škrobu	pastilky, želé, dražé
<b>Lipofilní substituce (chemická)</b>	zavedení lipofilních skupin	stabilizace emulzí	nápoje, salátové dresinky
		snižuje žluknutí bráněním oxidaci	aromatizační činidla
<b>Předgelatinace (fyzikální)</b>	předvaření škrobu	zahuštění ve studené vodě – bez potřeby varu – snížení nákladů, zjednodušení procesu	instantní polévky, omáčky, dresinky, dezerty a pekařské směsi
<b>Tepelná úprava (fyzikální)</b>	posílení škrobových zrn	jedinečný funkční nativní škrob s možností označení jako "škrob"	trvanlivé výrobky
	zpomalení bobtnání – zpomalení zvyšování viskozity	zvýšená tolerance k vysokým teplotám, otáčkám a kyselinám efektivita výroby: zvýšená penetrace, tepla umožňující kratší dobu procesu	hotové omáčky ve sklenicích sterilizované polévky a omáčky



Modifikovanými škroby jsou, dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, látky získávané jednorázovou nebo vícenásobnou chemickou úpravou jedlých škrobů, které mohly být předtím podrobeny fyzikální nebo enzymatické úpravě a mohly být pomocí kyselin nebo zásad štěpeny nebo běleny. Za potravinářskou přídatnou látku se tedy nepovažuje bílý nebo žlutý dextrin, pražený nebo dextrinovaný škrob, škrob pozměněný působením kyselin nebo alkálií, bělený škrob, fyzikálně pozměněný škrob a škrob ošetřený amylolytickými enzymy. [24]

Škroby a škroby modifikované fyzikálním způsobem nebo enzymy se, dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011, označí jako „Škrob“. Modifikované škroby jsou značeny specifickým názvem nebo číslem E a jejich přehled je uveden v Tabulce 10. [75]

Tabulka 10: Modifikované škroby s jejich příslušnými E-kódy [75, 76, 78]

<b>Modifikovaný škrob</b>	<b>E-kód</b>
<b>Oxidovaný škrob</b>	E 1404
<b>Fosfát škrobu</b>	E 1410
<b>Zesíťovaný fosfát škrobu</b>	E 1412
<b>Fosfát zesíťovaného fosfátu škrobu</b>	E 1413
<b>Acetylovaný zesíťovaný fosfát škrobu</b>	E 1414
<b>Acetát škrobu</b>	E 1420
<b>Acetylovaný zesíťovaný adipát škrobu</b>	E 1422
<b>Hydroxypropylether škrobu</b>	E 1440
<b>Hydroxypropylether zesíťovaného fosfátu škrobu</b>	E 1442
<b>Sodná sůl oktenylsukcinátu škrobu; SSOS</b>	E 1450
<b>Acetylovaný oxidovaný škrob</b>	E 1451
<b>Nativní škrob (zahrnující voskové škroby)</b>	
<b>Předželatinovaný nativní škrob</b>	
<b>Enzymaticky ošetřený škrob</b>	Bez E-kódu
<b>Kysele hydrolyzovaný škrob</b>	„Škrob“
<b>Dextrinovaný škrob</b>	
<b>Ostatní fyzikálně modifikované škroby</b>	

Vzhledem k tomu, že v praktické části této diplomové práce byla pro výrobu modelových vzorků použita směs škrobů, skládající se z kyselého hydrolyzovaného škrobu, hydroxypropyletheru zesíťovaného fosfátu škrobu (E1442) a sodné soli oktenylsukcinátu škrobu (E1450), budou tyto modifikace v následujících odstavcích blíže popsány.

Kysele hydrolyzovaný škrob je získáván několikahodinovým zahříváním vodní disperze škrobu se zředěnými minerálními kyselinami (nejčastěji kyselinou chlorovodíkovou) na teplotu 40 – 60 °C s cílem slabé hydrolyzy spojené se snížením stupně amylózy a amylopektinu. Takto upravené škroby, i při vyšších koncentracích, vytváří v horké vodě roztoky o nízké viskozitě a po ochlazení vytvářejí pevný gel. [44]

Hydroxypropylether zesíťovaného fosfátu škrobu je škrob zesíťovaný trimetafosforečnanem sodným nebo oxychloridem fosforečným a etherifikovaný propylenoxidem [81]. Hlavní vlastností, kterou hydroxypropylace škrobu dává, je snížení teploty mazovatění škrobu a tím urychlení tvorby gelu o vysoké viskozitě [82].

Chemická modifikace, kterou se získá sodná sůl oktenylsukcinátu škrobu, je standardní esterifikační reakcí, při které anhydrid cyklické dikarboxylové kyseliny (oktenyljantaranhydrid) a škrob suspendují ve vodném prostředí a smísí se za alkalických podmínek. Dochází tak k začlenění hydrofobních alkenylových skupin do hydrofilní molekuly škrobu a tím se podstatně zvyšují emulgační schopnosti škrobu. Takto modifikované škroby se díky svým vynikajícím stabilizačním vlastnostem používají v různých emulzích typu o/v a v některých emulzích typu v/o, ve farmaceutických a průmyslových oblastech, zejména v potravinářské výrobě. [79, 80]

V potravinářském průmyslu jsou škroby používány často v kombinaci s dalšími neškrobovými hydrokoloidy, přičemž jednou z častých kombinací je škrob s karagenanem. V mnoha případech tato kombinace působí synergicky a zlepšují se tak reologické vlastnosti a stabilita mnoha systémů na bázi škrobu, jako jsou například omáčky a dresinky. [83] Karagenan v takovéto kombinaci obecně působí jako ochrana škrobových zrn například proti rozpadu škrobových zrn při vysokých otáčkách během vaření, dále má tato kombinace vliv na texturu/reologické vlastnosti výsledného produktu, zabraňuje vysychání produktu a chrání proti synerezi. Především zmíněný vliv na texturu a reologické vlastnosti naznačuje existenci zvláštních interakčních mechanismů mezi karagenanem a škrobem. [84, 85] V různých publikacích jsou popsány různé mechanismy – „vyloučení“, adsorpce na granulí nebo penetrace do granule, přičemž přidání karagenanu do systému před nebo po mazovatění škrobu ovlivňuje adsorpci na škrobovou granulí/penetraci do škrobové granule. Dále je možné pozorovat koncentrování karagenanu v kontinuální vodní fázi, k čemuž dochází částečným „vyloučením“ karagenanu škrobovými granulemi. Na druhou stranu zvýšením koncentrace karagenanu ve směsi (při konstantní koncentraci škrobu) lze interakci mezi karagenanem a škrobem podpořit. Zároveň je úroveň interakce silně závislá na hustotě náboje karagenanu: Očím nižší je náboj, tím vyšší je interakce mezi škrobem a karagenanem, nezávisle na vlastnostech škrobu. Ovlivnění reologických vlastností je spíše řízeno při mechanismu částečného „vyloučení“ a při penetraci karagenanu do škrobové granule. [85]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této práce bylo sledování změny konzistence veganských produktů typu „krájitelný tavený sýr“. Naplnění tohoto cíle bylo rozděleno do následujících dílčích úkolů:

- výroba modelových vzorků s rostoucí koncentrací karagenanu a různými výrobními parametry (tavicí teplota, rychlost otáček)
- pozorování vlivu rostoucí koncentrace karagenanu na vlastnosti modelových vzorků
- pozorování vlivu cílové tavicí teploty na vlastnosti modelových vzorků
- pozorování vlivu různých rychlostí otáček na vlastnosti modelových vzorků
- pozorování změn vlastností modelových vzorků v průběhu skladování

## 4 METODIKA PRÁCE

Postup v praktické části diplomové práce byl následující. Nejprve byly vyrobeny celkem 4 sady modelových vzorků, k jejichž výrobě byla použita směs modifikovaných škrobů, slunečnicový olej, voda, sůl,  $\kappa$ -karagenan a potravinářský chlorid vápenatý. Výroba byla rozdělena do dvou experimentů, přičemž v první části byly vyrobeny 2 sady modelových vzorků, přitom se každá sada sestavovala ze vzorků s rostoucí koncentrací  $\kappa$ -karagenanu v řadě 0,0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 % až 1,0 %. Pro výrobu první sady 6 vzorků byla nastavena tavicí teplota na 80 °C a pro výrobu druhé sady 6 vzorků byla nastavena tavicí teplota na 90 °C, rychlost otáček byla pro obě sady 2900 otáček/minutu. V druhém experimentu byly opět vyrobeny 2 sady modelových vzorků, s rostoucí koncentrací  $\kappa$ -karagenanu v řadě 0,0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 % až 1,0 %. Pro výrobu obou sad byla nastavena stejná tavicí teplota 90 °C, ale byla nastavena odlišná rychlost otáček. Pro výrobu první sady 6 vzorků byla nastavena rychlost otáček na 1500 otáček/minutu a pro výrobu druhé sady 6 vzorků byla nastavena rychlost otáček na 2000 otáček/minutu.

Následně byly vzorky skladovány při teplotě  $4 \pm 2$  °C. Po 30. a následně 60. dnu skladování byla provedena analýza, která zahrnovala základní chemickou analýzu (stanovení pH a obsahu sušiny), texturní profilovou analýzu (tvrdost, lepivost, soudržnost), relaxační test a Warner-Bratzlerův test (viz dále). Po 60. dnu skladování bylo navíc provedeno stanovení reologických vlastností.

Pro výrobu modelových vzorků byly použity následující suroviny:

- perfectasol<sup>TM</sup> D510 (Coöperatie AVEBE U.A., Nizozemsko) – specifikace produktu Příloha 1
- slunečnicový olej (Clever, Česká republika)
- pitná voda
- sůl; jedlá kamenná sůl s jódem (Solné mlýny, a.s., Česká republika)
- $\kappa$ -karagenan (Compañía Española de Algas Marinas, S.A., Španělsko)
- chlorid vápenatý potravinářský 36 % (Milcom, a.s., Česká republika)

#### 4.1 Výroba modelový vzorků

Výroba modelových vzorků byla prováděna v laboratořích Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Pro výrobu bylo použito zařízení Niromix 5 (Nirosta spol. s.r.o.).

Suroviny byly do přístroje Niromix 5 dávkovány podle receptur shrnutých v Tabulce 11, v následujícím pořadí a s dalšími kroky:

1. voda, chlorid vápenatý, sůl, karagenan → promíchání po dobu 2 minut, bez ohřevu
2. škrob → promíchání škrobu ve vodném roztoku po dobu 3 minut, bez ohřevu
3. promíchání po dobu 2 minut, bez ohřevu, s podtlakem
4. nastavení parametrů – otáčky + teplota (ohřev přes duplikátor)
  - a. Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C
  - b. Experiment II – 1500 otáček / 2000 otáček, 90 °C
5. dávkování oleje
6. vystoupaní teploty na tavicí teplotu
7. výdrž po dobu 5 minut s podtlakem

Tabulka 11: Surovinová skladba pro jednu sadu modelových vzorků

Vzorek	0,0 %	0,2 %	0,4 %	0,6 %	0,8 %	1 %
Surovina	Navážka [g]					
<b>Voda</b>	1500	1494	1488	1482	1476	1470
<b>κ-karagenan</b>	0	6	12	18	24	30
<b>Sůl</b>	30	30	30	30	30	30
<b>Chlorid vápenatý</b>	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
<b>Perfectasol™ D510</b>	720	720	720	720	720	720
<b>Slunečnicový olej</b>	750	750	750	750	750	750

#### 4.2 Metody stanovení

U modelových vzorků z každé sady byla ve 30. a 60. dni od výroby provedena základní chemická analýza (stanovení obsahu sušiny a pH), texturní profilová analýza (tvrdost, relativní lepivost, soudržnost), relaxační test a Warner-Bratzlerův test. Po 60. dni skladování bylo navíc provedeno stanovení reologických vlastností.

#### 4.2.1 Základní chemická analýza

Základní chemická analýza zahrnovala stanovení obsahu sušiny a stanovení pH.

K stanovení pH byl použit vpichový pH metr (pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malaysia) při laboratorní teplotě  $23 \pm 1$  °C. Stanovení bylo provedeno 6 náhodnými vpichy do různých míst modelového vzorku z každé sady. Pro vyhodnocení byly použity průměrné hodnoty.

Stanovení obsahu celkové sušiny bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 5534 [87], přičemž obsah sušiny byl stanoven sušením homogenizovaného vzorku do konstantního úbytku hmotnosti v elektrické sušárně a následným výpočtem na základě rozdílných hmotností. Obsah sušiny byl proveden u každého modelové sady třikrát a průměry těchto hodnot byly uvedeny ve výsledcích.

#### 4.2.2 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza byla prováděna za použití přístroje TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd, Velká Británie), který byl před měřením kalibrován. Z modelových vzorků byly, ihned po vyjmutí z lednice ( $4 \pm 2$  °C), vykrojeny malé válečky s průměrem 35 mm a výškou 13 mm a podstavy válečku byly upraveny tak, aby byl jejich povrch rovný. Pro stanovení byla použita desková sonda o průměru 100 mm. Penetrace byla provedena do 50 % počáteční výšky s rychlostí 2 mm/s (aktivační síla 5 g). Měření bylo prováděno při teplotě místnosti  $23 \pm 1$  °C. Výsledkem měření byla zátěžová (penetrační) křivka představující závislost síly na čase. Na základě výsledné křivky byly vyhodnocovány tyto parametry:

- tvrdost – maximální hodnota píku síly během prvního kompresního cyklu (hodnota  $F_{\max}$ )
- soudržnost / kohezivnost – vypočtená jako poměr ploch druhého a prvního píku zátěžové křivky – podíl ploch  $A_2/A_1$
- relativní lepivost – vypočtená jako podíl záporné hodnoty plochy  $A_3$  a plochy prvního píku zátěžové křivky – podíl ploch  $(-A_3)/A_1$ , vyjádřené v absolutní hodnotě [95]

Výsledky měření byly zpracovány v programu Texture Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd, Velká Británie). Pro každou modelovou sadu vzorků byl test proveden dvakrát a hodnoty uváděné ve výsledcích jsou průměrem těchto měření.



### 4.2.3 Relaxační test

Relaxační test byl proveden opět na přístroji TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd, Velká Británie). Přístroj byl před měřením kalibrován a modelové vzorky byly upraveny stejně jako pro texturní profilovou analýzu. Pro stanovení byla taktéž použita desková sonda o průměru 100 mm. Vzorky byly kompresovány do 50 % počáteční výšky, rychlostí 2 mm/s (aktivační síla 5 g) a sonda byla držena v maximální silové pozici po dobu 300 s, pokles v síle byl zaznamenáván v časech 30 s, 60 s, 90 s, 120 s, 150 s, 180 s, 210 s a 300 s. Měření bylo prováděno při teplotě místnosti  $23 \pm 1$  °C. Výsledky měření byly zpracovány v programu Texture Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd, Velká Británie).

Data z relaxačního testu, počínaje maximální silou ( $F_{max}$ ) a konče okamžikem zahájení vytahování sondy ze vzorku (300 s), byla podrobena analýze pomocí Pelegova modelu podle následující rovnice:

$$Y(t) = \frac{F_{max} - F_t}{F_{max}}$$

Normalizované hodnoty byly následně linearizovány podle vztahu:

$$\frac{t}{Y(t)} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}$$

Hodnoty parametrů  $a$  a  $b$  regresních křivek byly odhadnuty nelineární regresní analýzou. Parametr  $a$  představuje asymptotické zbytkové hodnoty  $Y(\infty)$ . Je-li  $a = 0$ , napětí vůbec nerelaxuje (ideálně elastické pevné látky), v případě  $a = 1$  může napětí dosáhnout nuly (kapaliny). Parametr  $b$  představuje počáteční rychlost, ve které napětí relaxuje. Je-li  $b = 0$ , napětí se vůbec neuvolní (ideálně elastické pevné látky).

Ze získaných dat byla dále vypočítána rychlost Henckeho deformace a zdánlivá elongační viskozita.

Pro každou modelovou sadu vzorků byl test proveden dvakrát a hodnoty uváděné ve výsledcích jsou průměrem těchto měření.

#### 4.2.4 Warner-Bratzlerův test

Warner-Bratzlerův test (WB test) neboli stříhová zkouška byl také prováděn na přístroji TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd, Velká Británie). Přístroj byl před měřením kalibrován a modelové vzorky byly, ihned po vyjmutí z lednice ( $4 \pm 2$  °C), upraveny do hranolků o délce 40 mm a šířce a výšce 10 mm. Pro stanovení byl použit Warner-Bratzlerův nůž o délce 50 mm. Přestřížení vzorku probíhalo rychlostí 1,33 mm/s kolmo na hranolek do vzdálenosti 20 mm. Měření bylo prováděno při teplotě místnosti  $23 \pm 1$  °C. Pro každou modelovou sadu byl test proveden pětkrát. Výsledkem měření byla deformační křivka představující energii nutnou k přeříznutí vzorku. Získaná data byla vyhodnocována v programu Texture Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd, Velká Británie).

#### 4.2.5 Stanovení reologických vlastností

Pro stanovení reologických (viskoelastických) vlastností byl použit dynamický oscilační střížný reometr HAAKE RheoStress 1 (Thermo Scientific™, Bremen, Německo) s měřicí geometrií deska–deska o průměru 35 mm, s mezerou mezi deskami 1 mm. Všechny vzorky byly měřeny v režimu kontrolního smykového napětí při frekvenci v rozsahu od 0,01 do 10,00 Hz, při  $20,0 \pm 0,1$  °C. Amplituda smykového napětí byla nastavena na 20 Pa.

Měřeními byly získány hodnoty elastického modulu pružnosti  $G'$  [Pa] a ztrátového modulu pružnosti  $G''$  [Pa] v závislosti na zvoleném rozsahu frekvencí. Ze získaných hodnot byl dle následující rovnice vypočten komplexní modul pružnosti  $G^*$  [Pa]:

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

Reologická analýza vzorků byla provedena 60. den skladování. Pro každou modelovou sadu vzorků byl test proveden třikrát a hodnoty uváděné ve výsledcích jsou průměrem těchto měření.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky této práce jsou rozděleny do tří částí. V první a v druhé části jsou shrnuté výsledky měření Experimentu I (2900 otáček, 80 °C / 90 °C) a Experimentu II (1500 otáček / 2000 otáček, 90 °C) a ve třetí části je souhrnná diskuze pro oba experimenty.

Výsledky všech měření byly podrobeny statistické analýze pomocí Mann-Whitneyovým U testu a ve výsledkové části jsou uvedeny průměrné hodnoty.

### 5.1 Výsledky Experimentu I

Reprezentativní vzorky z každé modelové sady byly podrobeny stanovení obsahu sušiny, stanovení pH, texturní profilové analýze, relaxačnímu testu a Warner-Bratzlerovému testu po 30. a 60. dni skladování. Po 60. dni skladování bylo navíc provedeno stanovení reologických vlastností.

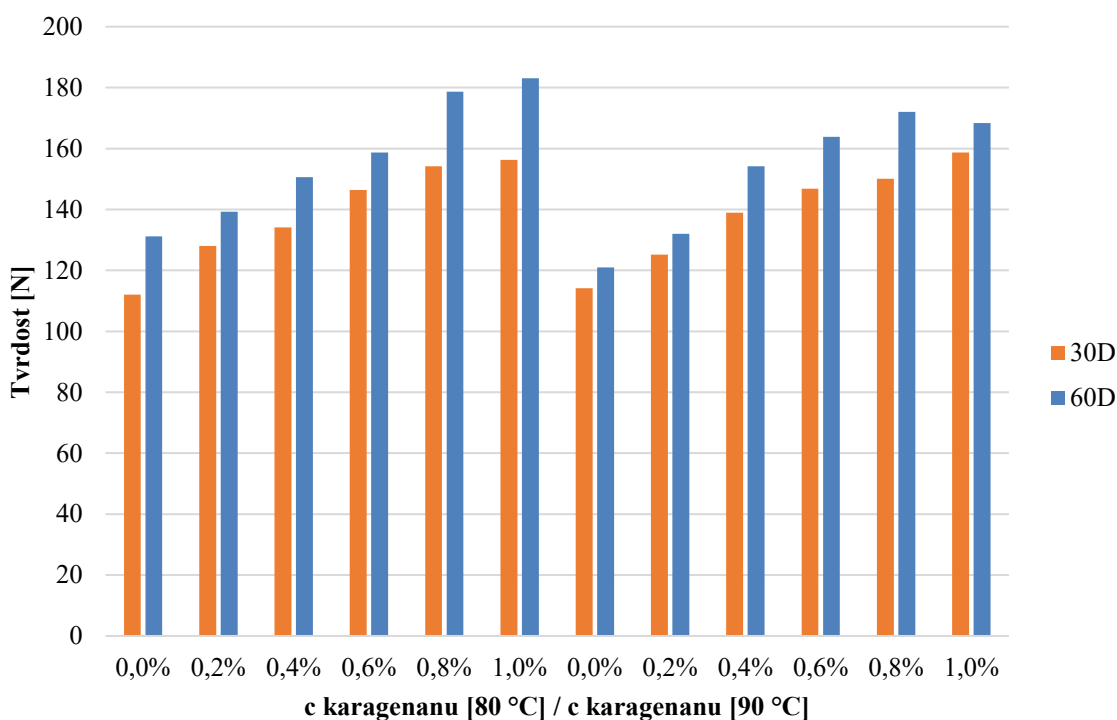
Obsah sušiny pro obě sady modelových vzorků rostl s rostoucím obsahem karagenanu a pohyboval se v rozmezí 47,55 – 50,79 % (w/w), přičemž doba skladování na obsah sušiny neměla výrazný vliv.

Tabulka 12: Přehled hodnot pH modelových vzorků, Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C

<b>80 °C_30D</b>	<b>pH</b>	<b>80 °C_60D</b>	<b>pH</b>
<b>0,0 %</b>	6,25	<b>0,0 %</b>	6,20
<b>0,2 %</b>	6,30	<b>0,2 %</b>	6,29
<b>0,4 %</b>	6,27	<b>0,4 %</b>	6,47
<b>0,6 %</b>	6,41	<b>0,6 %</b>	6,44
<b>0,8 %</b>	6,38	<b>0,8 %</b>	6,45
<b>1,0 %</b>	6,37	<b>1,0 %</b>	6,45
<b>90 °C_30D</b>	<b>pH</b>	<b>90 °C_60D</b>	<b>pH</b>
<b>0,0 %</b>	5,84	<b>0,0 %</b>	6,18
<b>0,2 %</b>	6,26	<b>0,2 %</b>	6,26
<b>0,4 %</b>	6,17	<b>0,4 %</b>	6,24
<b>0,6 %</b>	6,40	<b>0,6 %</b>	6,35
<b>0,8 %</b>	6,33	<b>0,8 %</b>	6,34
<b>1,0 %</b>	6,43	<b>1,0 %</b>	6,39

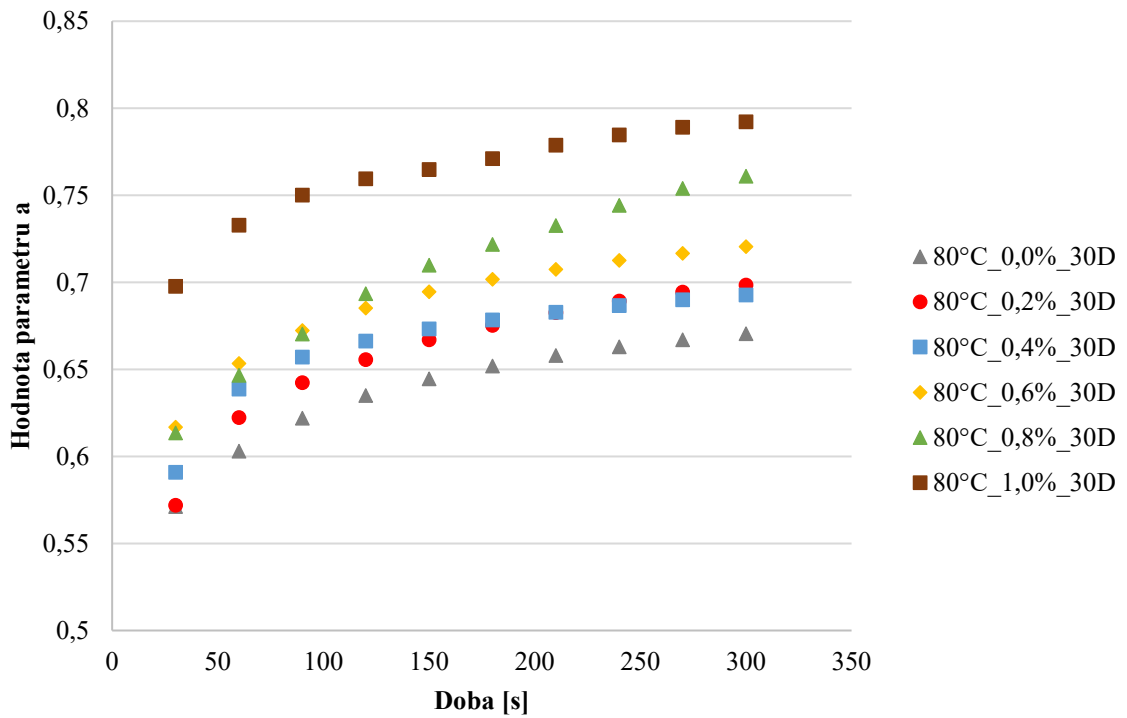
Hodnoty pH obou sad modelových vzorků mírně kolísaly, nicméně nebyl pozorován jednotný vzrůstající nebo klesající trend v závislosti na koncentraci karagenanu či době skladování (Tabulka 12).

Z dat získaných texturní profilovou analýzou byla vypočtena soudržnost / kohezivnost modelových vzorků. Hodnoty soudržnosti se pohybovaly v rozmezí 0,31 – 0,46, přičemž nejvyšší hodnoty dosahovaly vzorky při obsahu karagenanu 0,2 % (w/w) a s dobou skladování se hodnoty mírně zvyšovaly, rozdíly však nebyly statisticky prokazatelné.

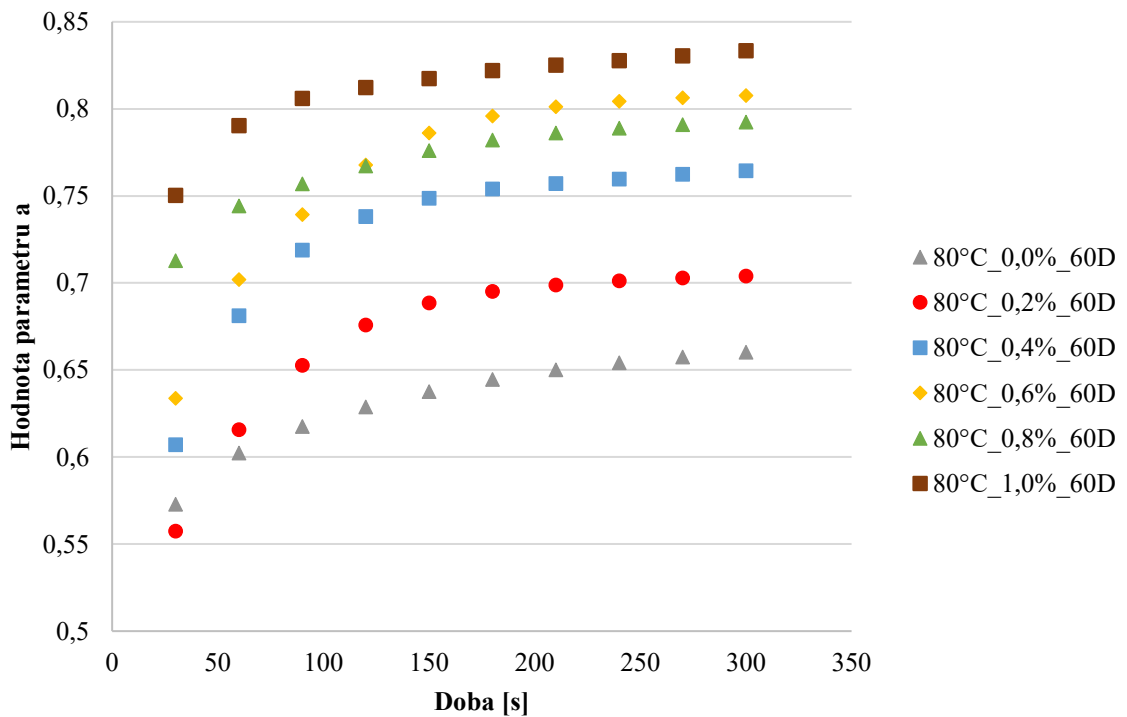


Obrázek 6: Grafické znázornění změny tvrdosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C

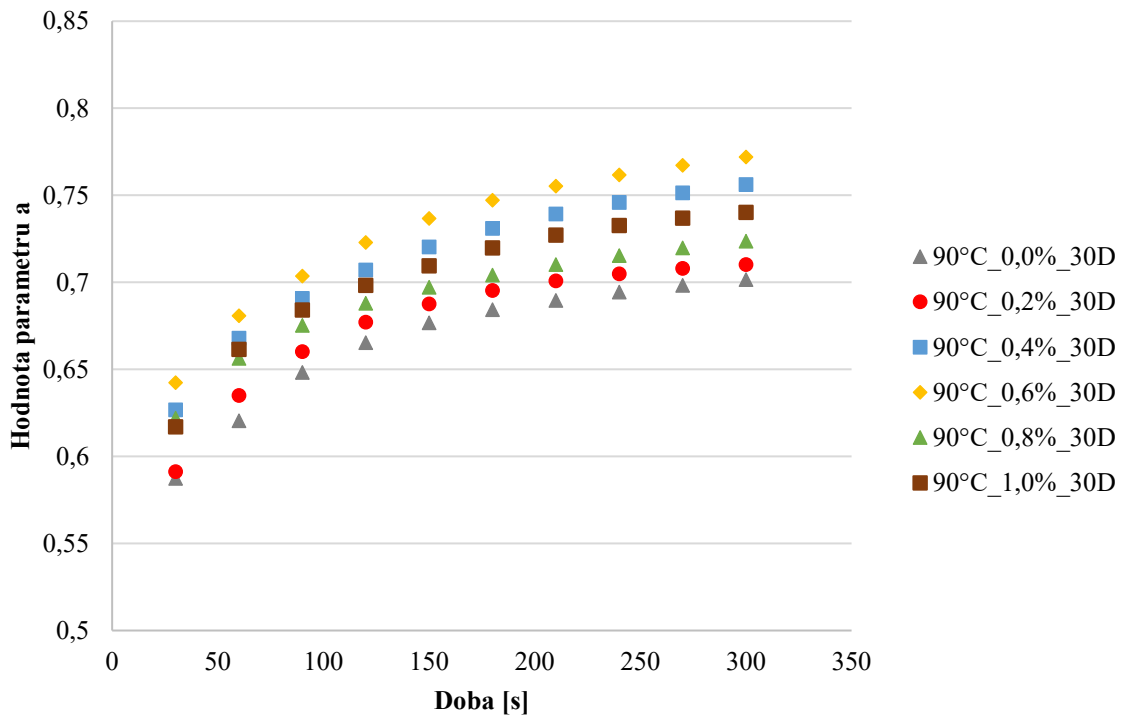
Na Obrázku 6 jsou prezentovány výsledky představující vývoj tvrdosti modelových vzorků v závislosti na koncentraci karagenanu. Tvrdost vzrůstala s rostoucí koncentrací karagenanu. Dále je možné pozorovat malý nárůst tvrdosti v 60. dni skladování, nicméně tento rozdíl nebyl statisticky významný.



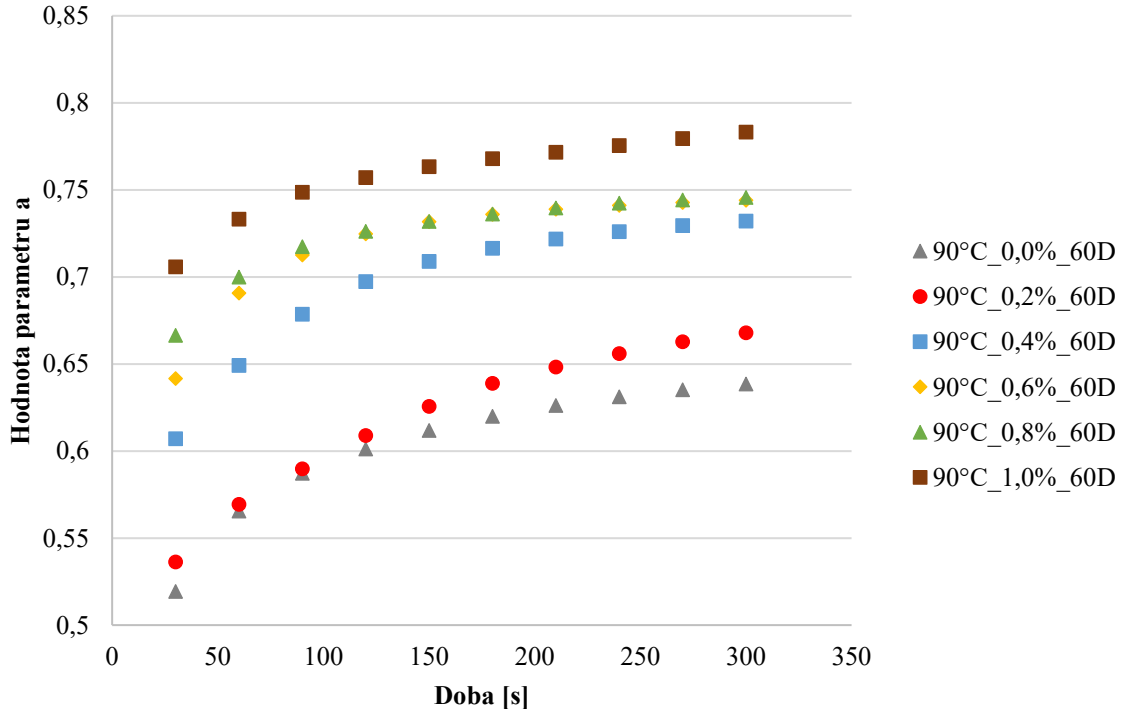
Obrázek 7: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 30. dni



Obrázek 8: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 60. dni



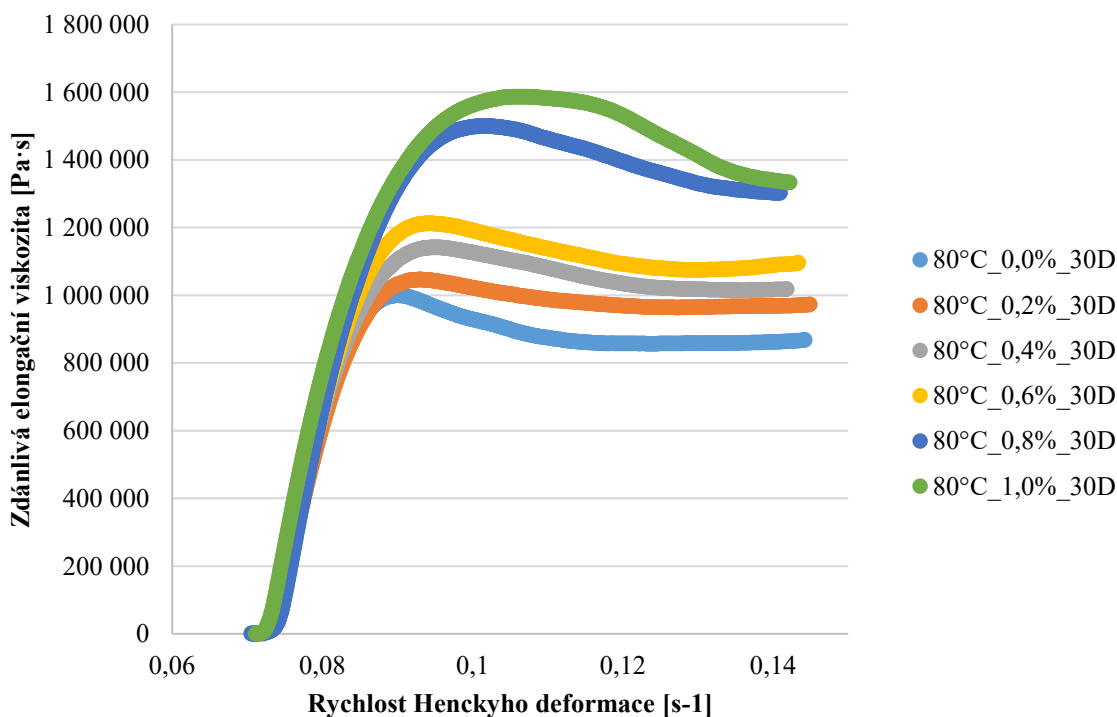
Obrázek 9: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni



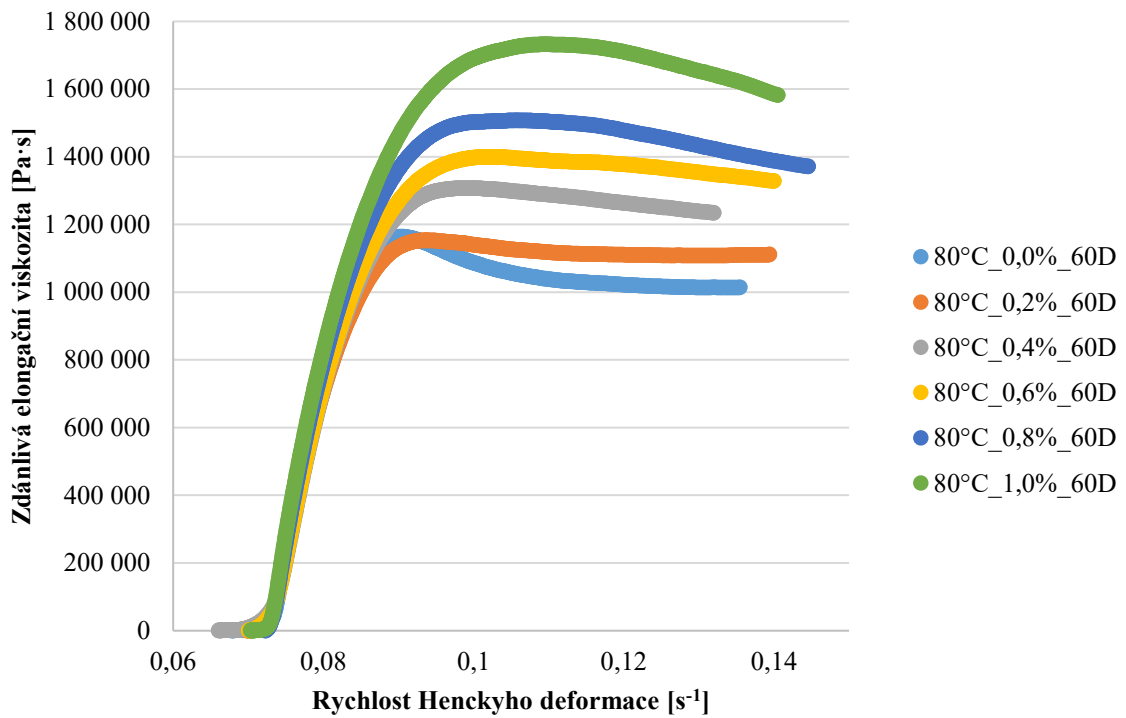
Obrázek 10: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni

Nárůst tvrdosti v závislosti na koncentraci karagenanu potvrzovala i data (maximální síla  $F_{\max}$ ) získaná ze zátěžové křivky relaxačního testu. Data z relaxačního testu, počínaje maximální silou ( $F_{\max}$ ) a konče okamžikem zahájení vytahování sondy ze vzorku (300 s), byla podrobena analýze pomocí Pelegova modelu. Průběh změny parametru  $a$  v čase je zaznamenán na Obrázku 7 – 10. Z hodnocení parametru  $a$  vyplývá, že s rostoucí koncentrací karagenanu dochází k poklesu elasticity. Zároveň je možné pozorovat mírný pokles elasticity vzorku po 60 dnech skladování, avšak tento rozdíl opět nebyl statisticky významný.

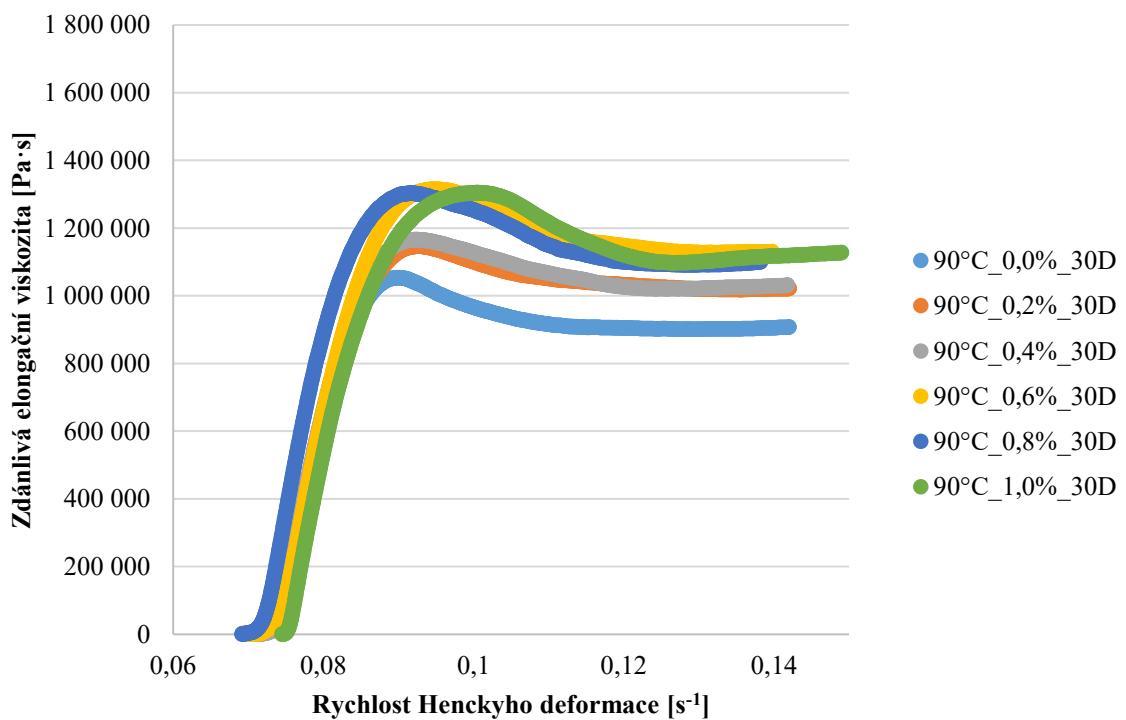
Trend rostoucí tvrdosti v závislosti na zvyšující se koncentraci karagenanu koreluje se zvyšující se zdánlivou elongační viskozitou v závislosti na rychlosti Henckeho deformace, což je vyobrazeno na Obrázku 11 – 14.



Obrázek 11: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 30. dni

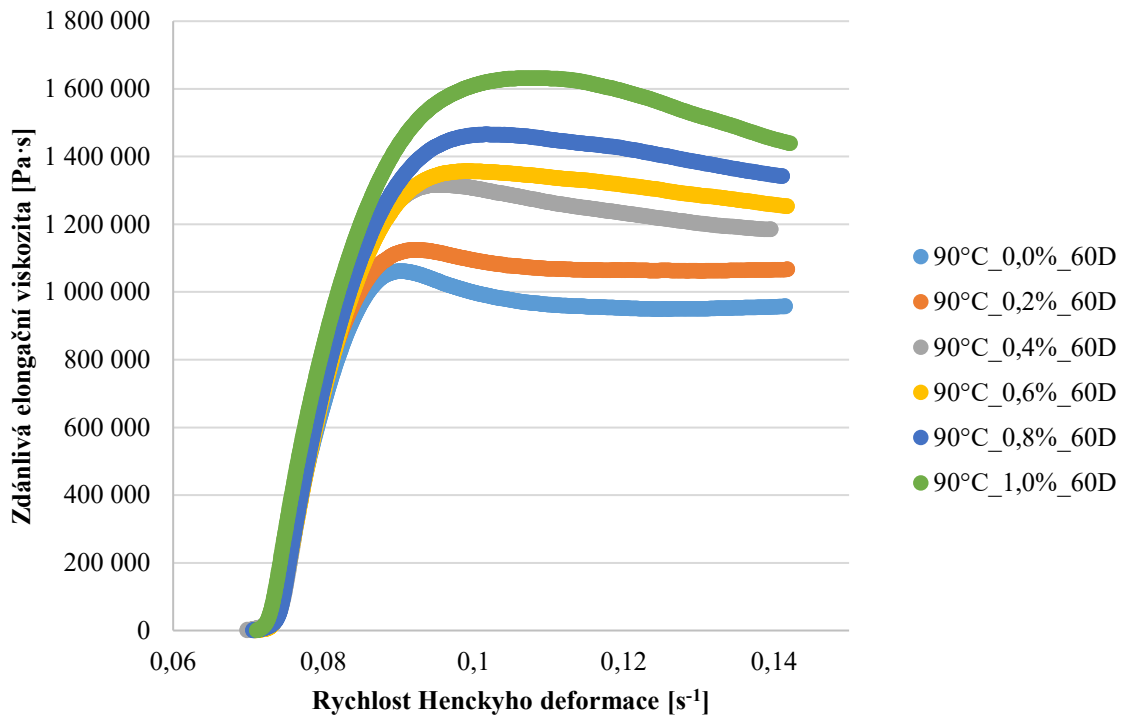


Obrázek 12: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 60. dni



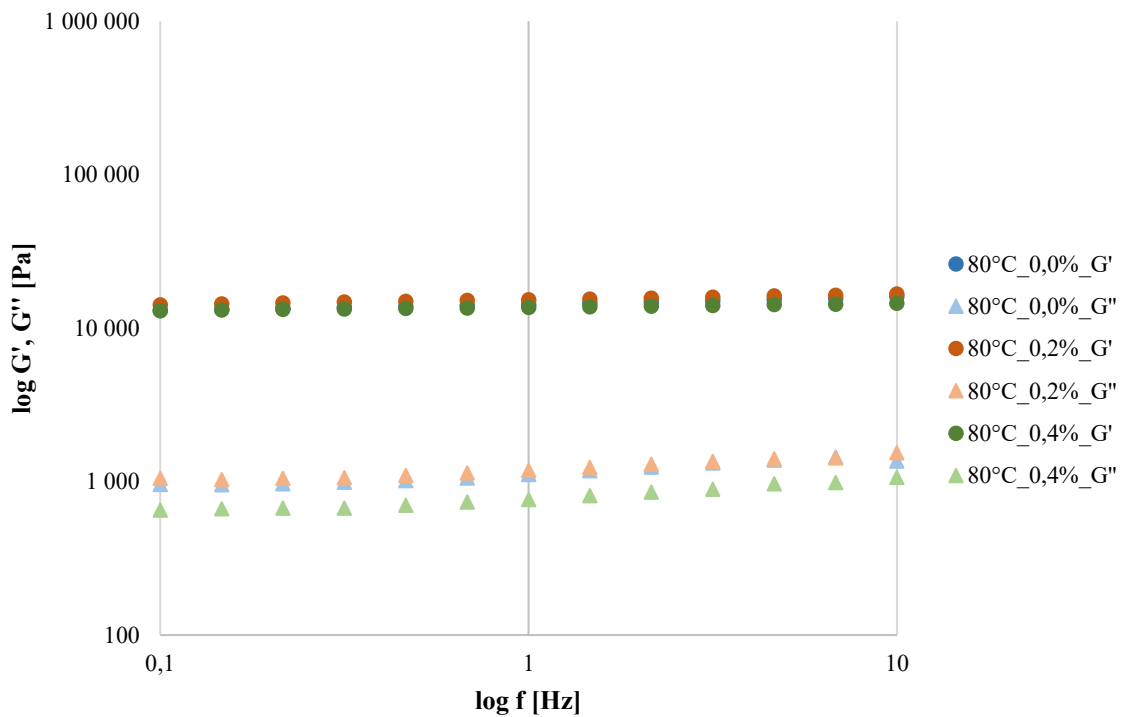
Obrázek 13: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni



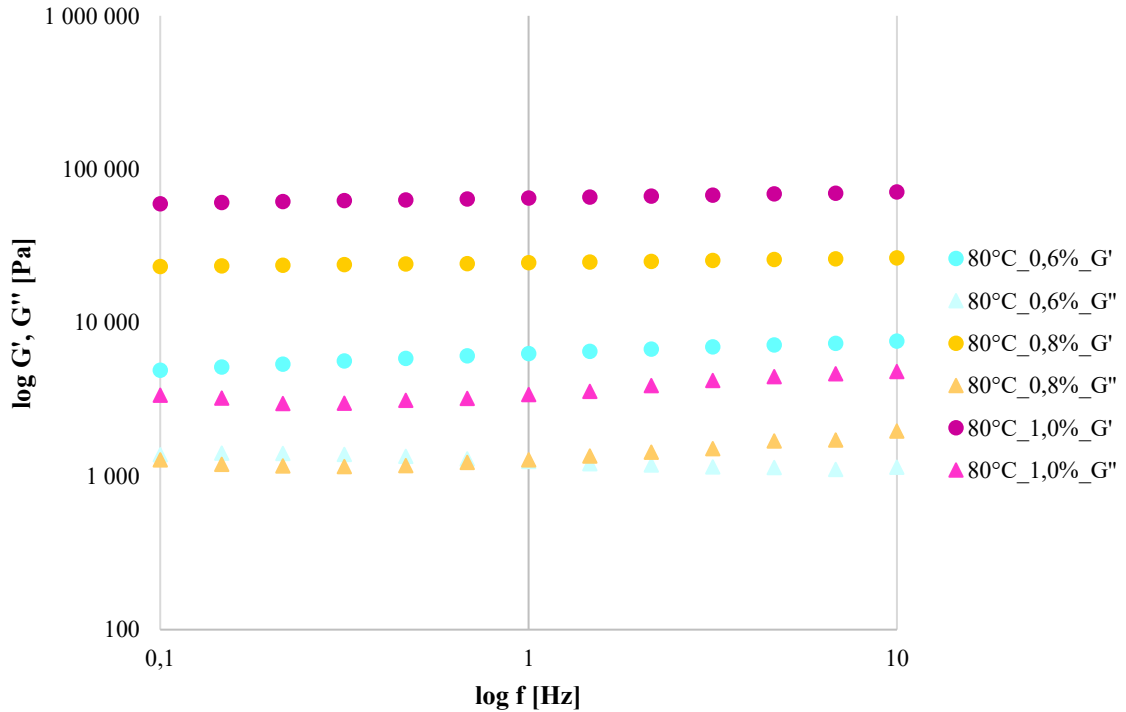


Obrázek 14: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni

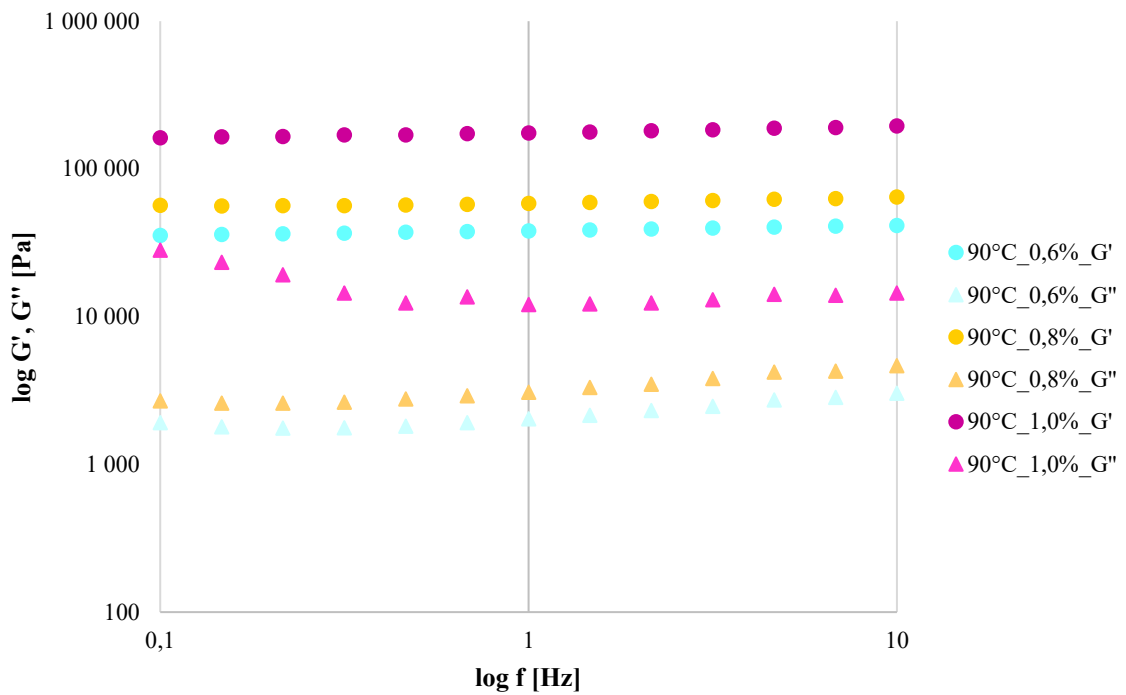
V 60. dni skladování bylo provedeno stanovení reologických vlastností a výsledky jsou uvedeny na Obrázku 15 – 17. Z uvedených grafů je patrné, že hodnota elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) a ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) se s měnící se frekvencí výrazně nesnižovala ani nezvyšovala. Na Obrázku 18 jsou pro lepší přehlednost uvedeny hodnoty komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) při frekvenci rovné jedné a hodnoty jsou uvedené v závislosti na koncentraci karagenanu v modelových vzorcích, přičemž je z grafu patrné, že hodnota  $G^*$  se s rostoucí koncentrací karagenanu zvyšovala. Dále je možné z grafu vyčíst, že u modelové sady vzorků vyrobené za vyšší tavicí teploty (90 °C) dosahuje  $G^*$  vyšších hodnot.



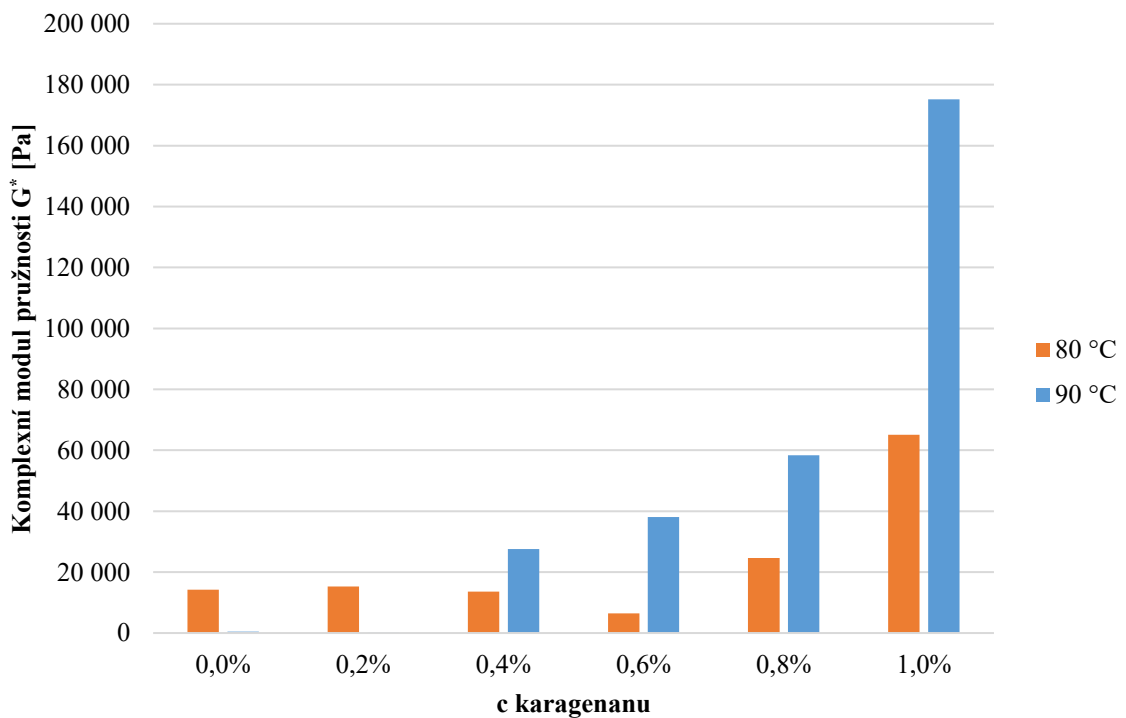
Obrázek 15: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, koncentrace karagenanu 0,0 % - 0,4 %, měřeno v 60. dni



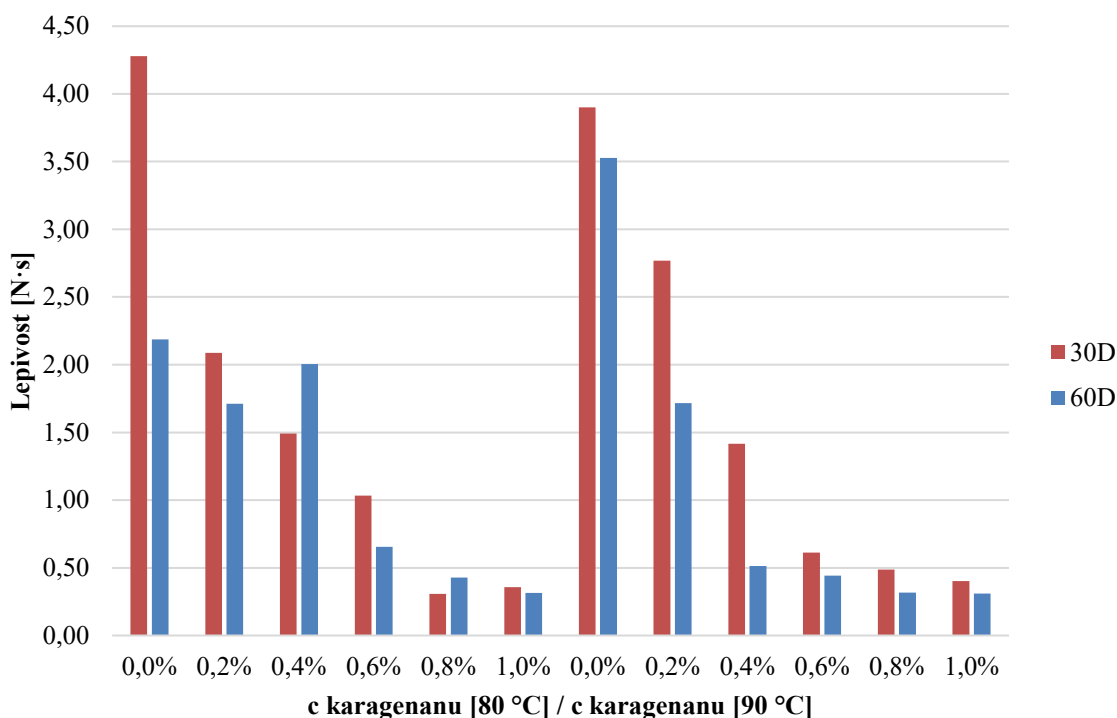
Obrázek 16: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, koncentrace karagenanu 0,6 % - 1,0 %, měřeno v 60. dni



Obrázek 17: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,6 % - 1,0 %, měřeno v 60. dni



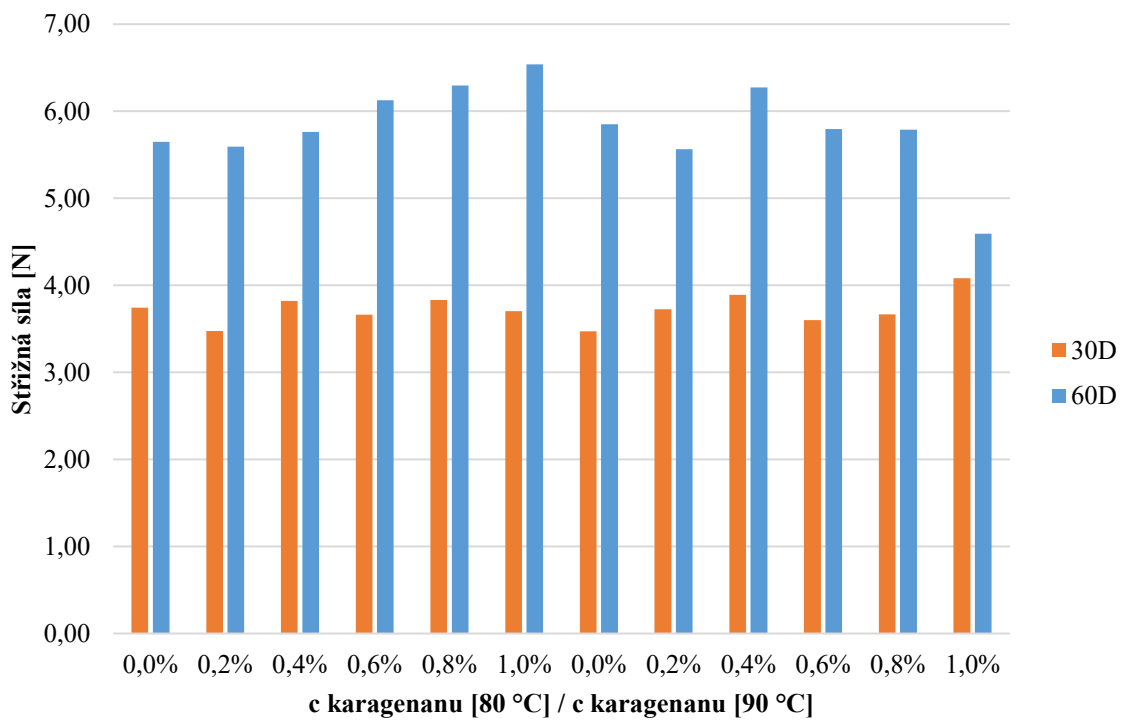
Obrázek 18: Grafické znázornění změny komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) při  $f = 1$  Hz v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C



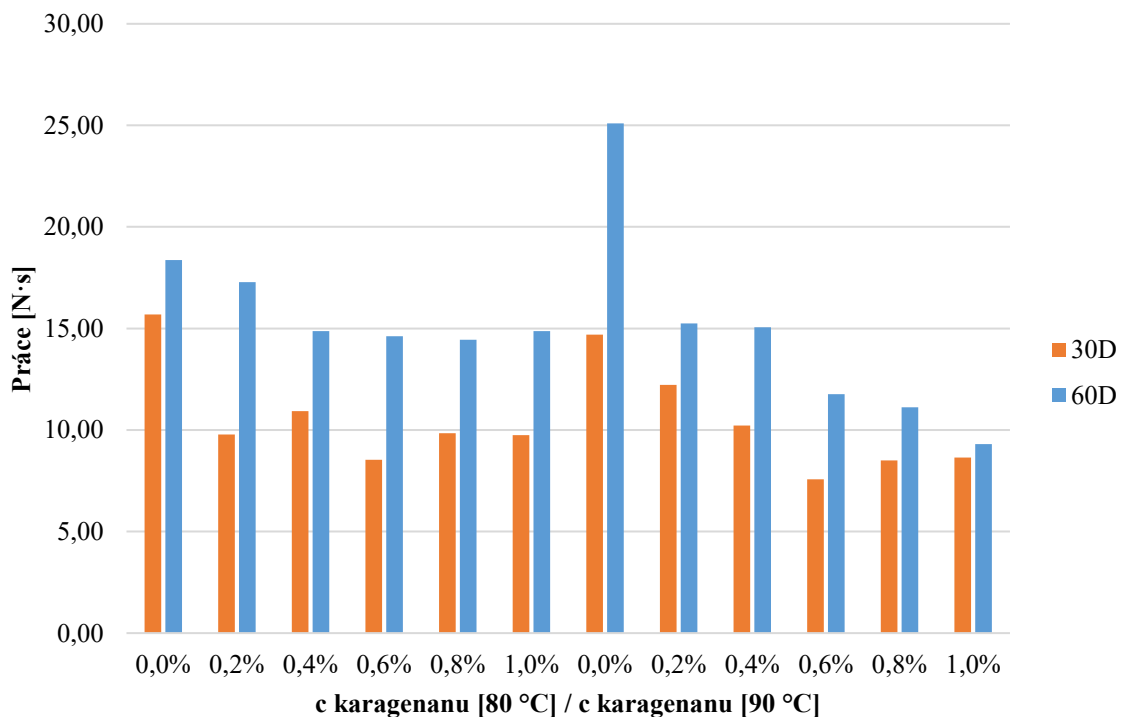
Obrázek 19: Grafické znázornění změny lepivosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C

Relativní lepivost byl další parametr, který byl získán ze zátěžové křivky z texturní profilové analýzy. Na Obrázku 19 je graficky vyobrazena závislost lepivosti na obsahu karagenanu, přičemž hodnoty jsou vyjádřeny v absolutní hodnotě. Se zvyšující se koncentrací karagenanu se relativní lepivost snižovala, přitom největší rozdíly je možné pozorovat při přidávku do 0,4 % (w/w), vyšší přídavky již neměly statisticky významný vliv. Až na malé odchylky byla statisticky nevýznamná i doba skladování.

Dalším sledovaným parametrem byla sřizná síla. Na Obrázku 20 – 21 je vyobrazena maximální sřizná síla a celková práce potřebná k přeřiznutí vzorku v závislosti na koncentraci karagenanu. Z Obrázku 20 je patrné, že koncentrace karagenanu na výslednou hodnotu neměla významný vliv, a dále byl pozorován nárůst potřebné sřizné síly po 60. dni skladování.



Obrázek 20: Grafické znázornění změny maximální střížné síly v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C



Obrázek 21: Grafické znázornění změny potřebné celkové práce v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C

## 5.2 Výsledky Experimentu II

Modelové vzorky obou sad v Experimentu II byly podrobeny stejným stanovením, ve stejném časovém rozmezí, jako modelové vzorky v Experimentu I.

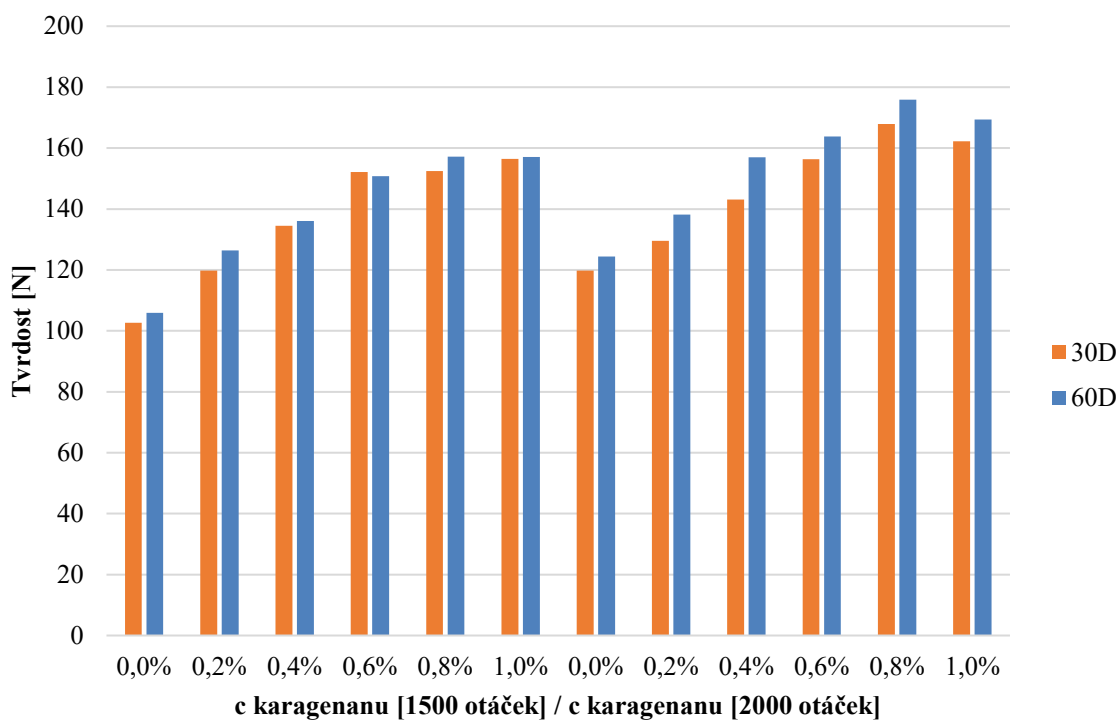
Obsah sušiny pro obě sady modelových vzorků rostl s rostoucím obsahem karagenanu a pohyboval se v rozmezí 47,19 – 52,26 % (w/w), přičemž doba skladování na obsah sušiny neměla výrazný vliv.

Tabulka 13: Přehled hodnot pH modelových vzorků, Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C

<b>1500 ot_30D</b>	<b>pH</b>	<b>1500 ot_60D</b>	<b>pH</b>
0,0 %	6,00	0,0 %	5,78
0,2 %	6,02	0,2 %	5,79
0,4 %	6,03	0,4 %	5,79
0,6 %	6,07	0,6 %	5,77
0,8 %	6,14	0,8 %	5,89
1,0 %	6,33	1,0 %	5,98
<b>2000 ot_30D</b>	<b>pH</b>	<b>2000 ot_60D</b>	<b>pH</b>
0,0 %	6,05	0,0 %	5,72
0,2 %	5,91	0,2 %	5,85
0,4 %	5,96	0,4 %	5,84
0,6 %	6,06	0,6 %	5,89
0,8 %	6,15	0,8 %	5,95
1,0 %	6,16	1,0 %	5,99

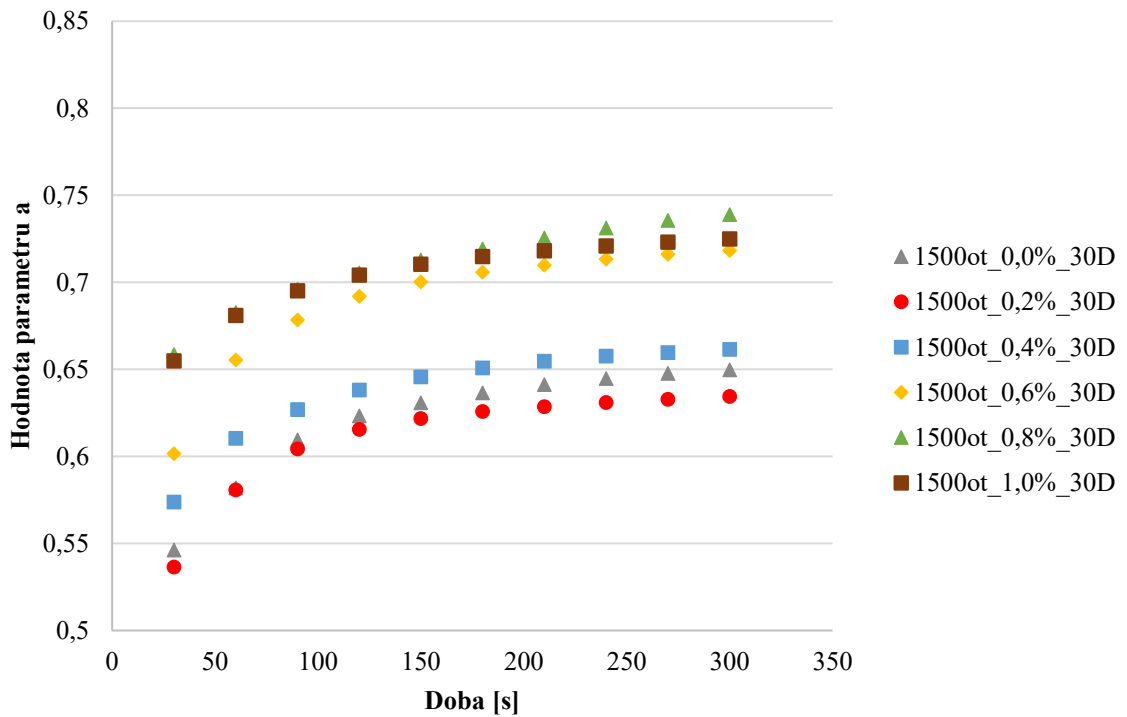
V Tabulce 13 jsou uvedeny hodnoty pH. Z uvedených hodnot je patrné, že v průběhu skladování došlo k mírnému poklesu pH, nicméně tento pokles byl statisticky nevýznamný.

Hodnoty soudržnosti / kohezivnosti modelových vzorků získané texturní profilovou analýzou se pohybovaly v rozmezí 0,31 – 0,42, nejvyšší hodnoty měly vzorky při obsahu karagenanu 0,2 % (w/w) a s dobou skladování se hodnoty mírně zvyšovaly, rozdíly však nebyly statisticky prokazatelné.

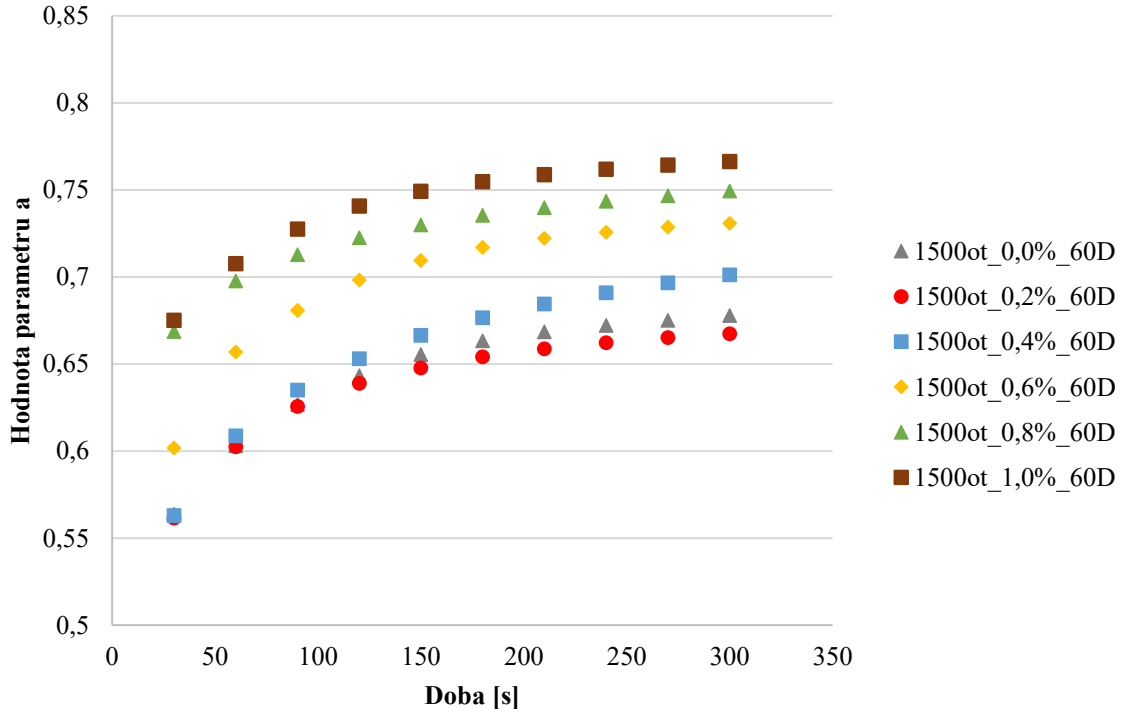


Obrázek 22: Grafické znázornění změny tvrdosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C

Na Obrázku 22 jsou uvedeny výsledky představující vývoj tvrdosti modelových vzorků v závislosti na koncentraci karagenanu. Tvrdost vzrůstala s rostoucí koncentrací karagenanu. Nárůst tvrdosti v závislosti na době skladování nebyl statisticky prokazatelný.

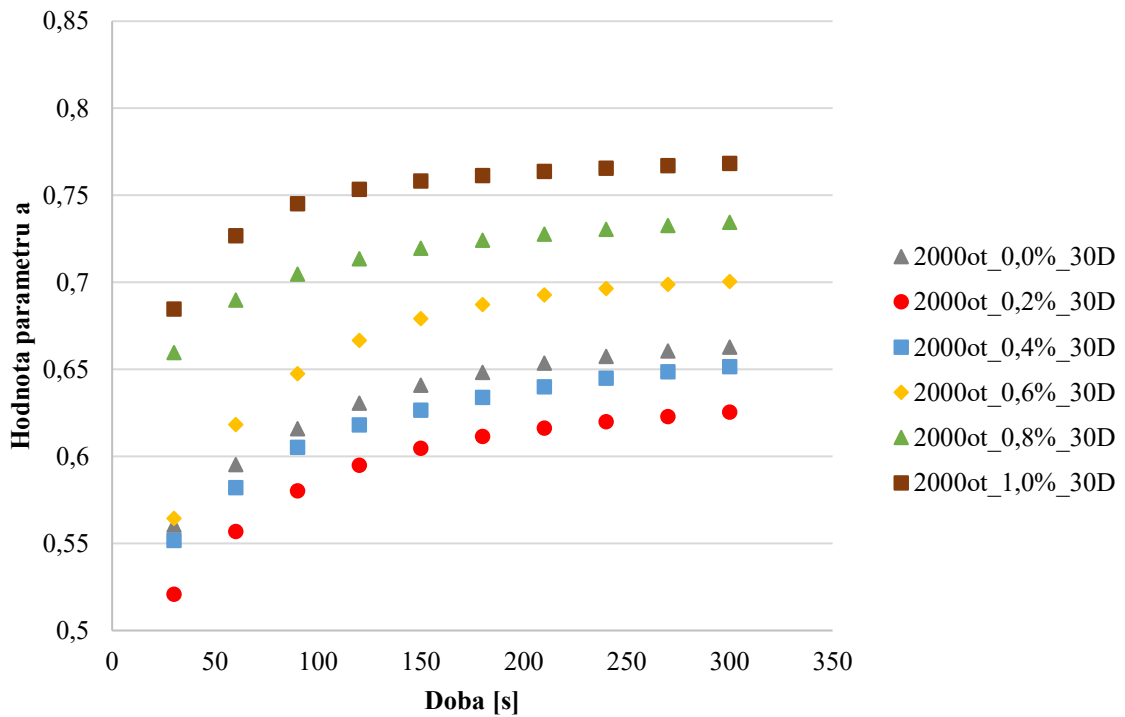


Obrázek 23: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni

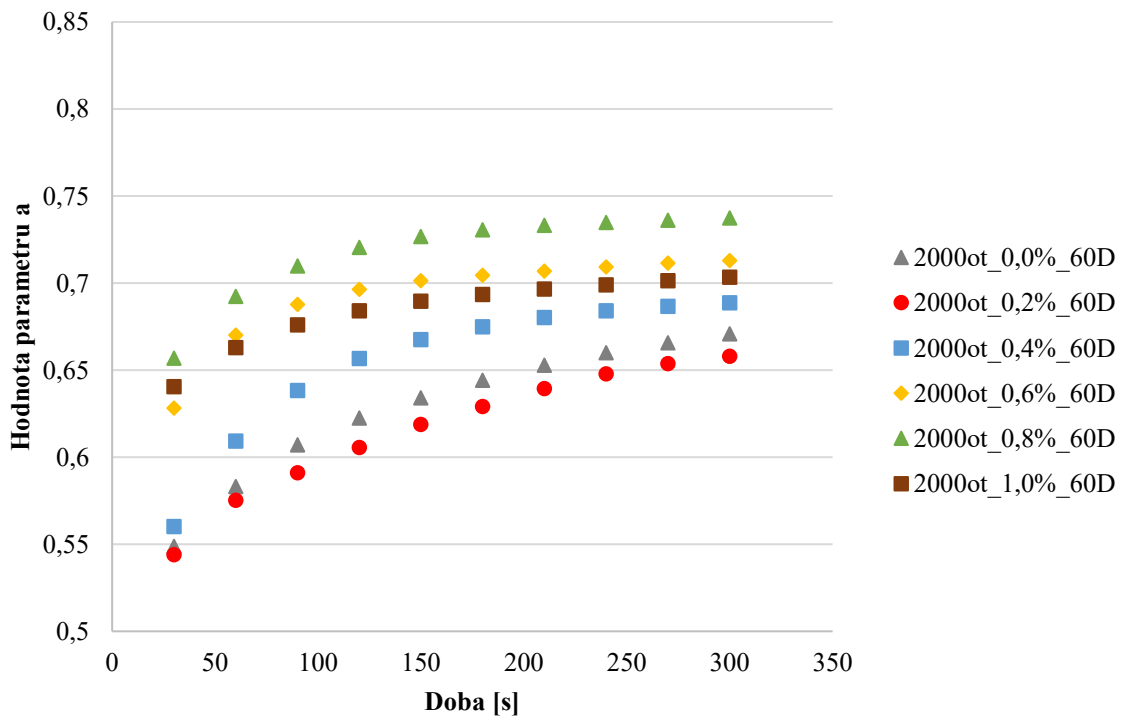


Obrázek 24: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni





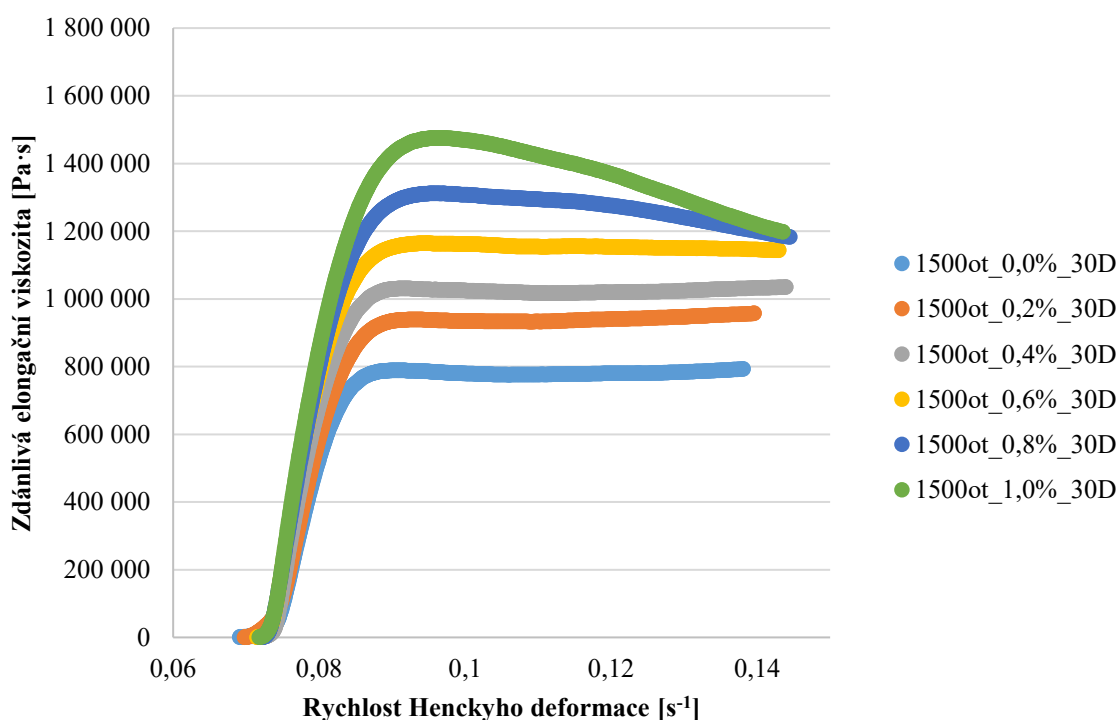
Obrázek 25: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II – 2000 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni



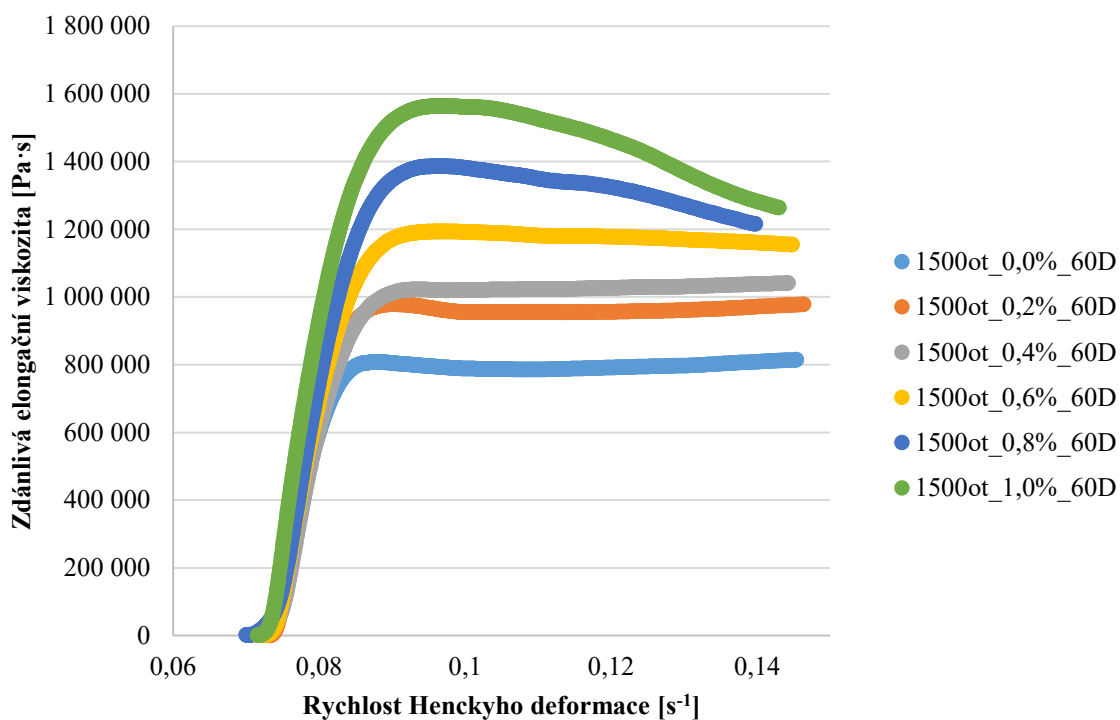
Obrázek 26: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II – 2000 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni

Data získaná z relaxačního testu představovala podobné výsledky jako u Experimentu I a tedy potvrzovala nárůst tvrdosti v závislosti na koncentraci karagenanu. Průběh změny parametru  $a$  v čase, získaný analýzou dat pomocí Pelegova modelu, je zaznamenán na Obrázku 23 – 26. Z hodnocení parametru  $a$  vyplývá, že s rostoucí koncentrací karagenanu dochází k poklesu elasticity. Dále výsledky neprokazují, že by v průběhu skladování došlo k výraznému poklesu elasticity.

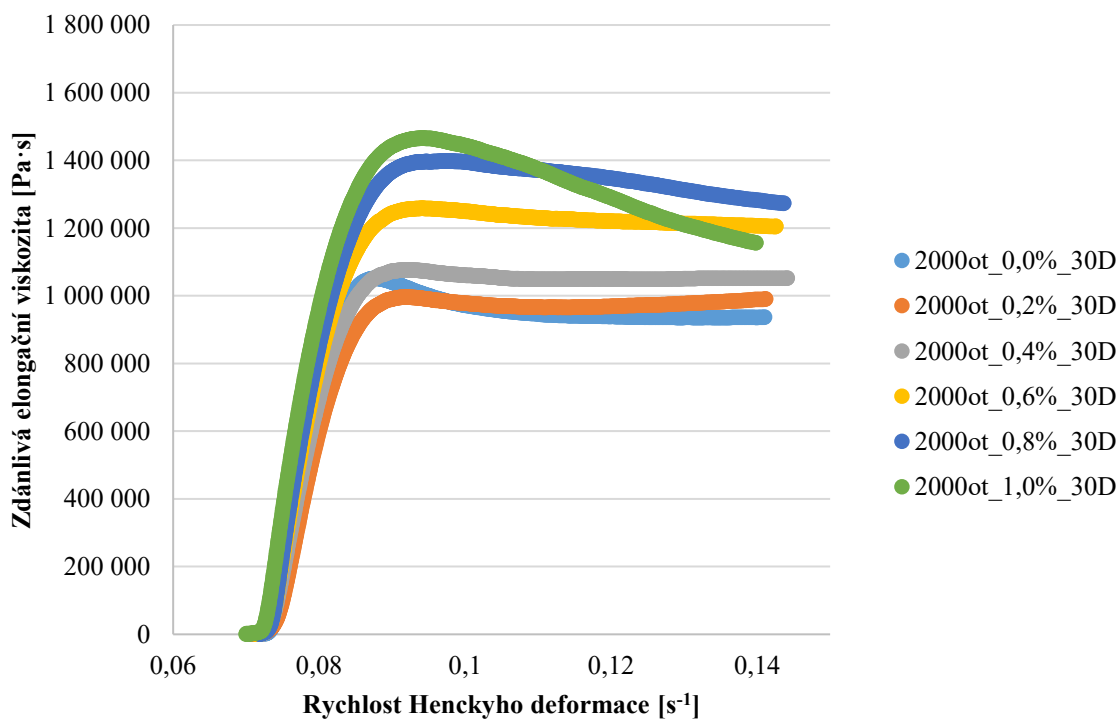
I v tomto případě trend rostoucí tvrdosti v závislosti na zvyšující se koncentraci karagenanu koreluje se zvyšující se zdánlivou elongační viskozitou v závislosti na rychlosti Henckeho deformace, což je vyobrazeno na Obrázku 27 – 30.



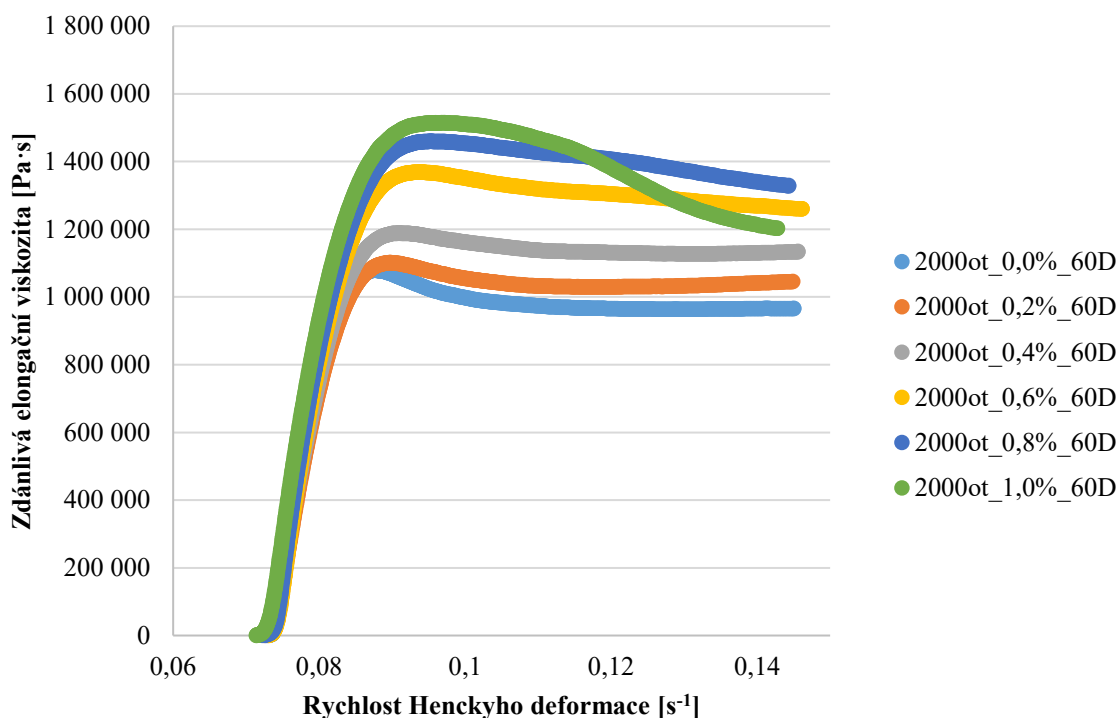
Obrázek 27: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni



Obrázek 28: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni

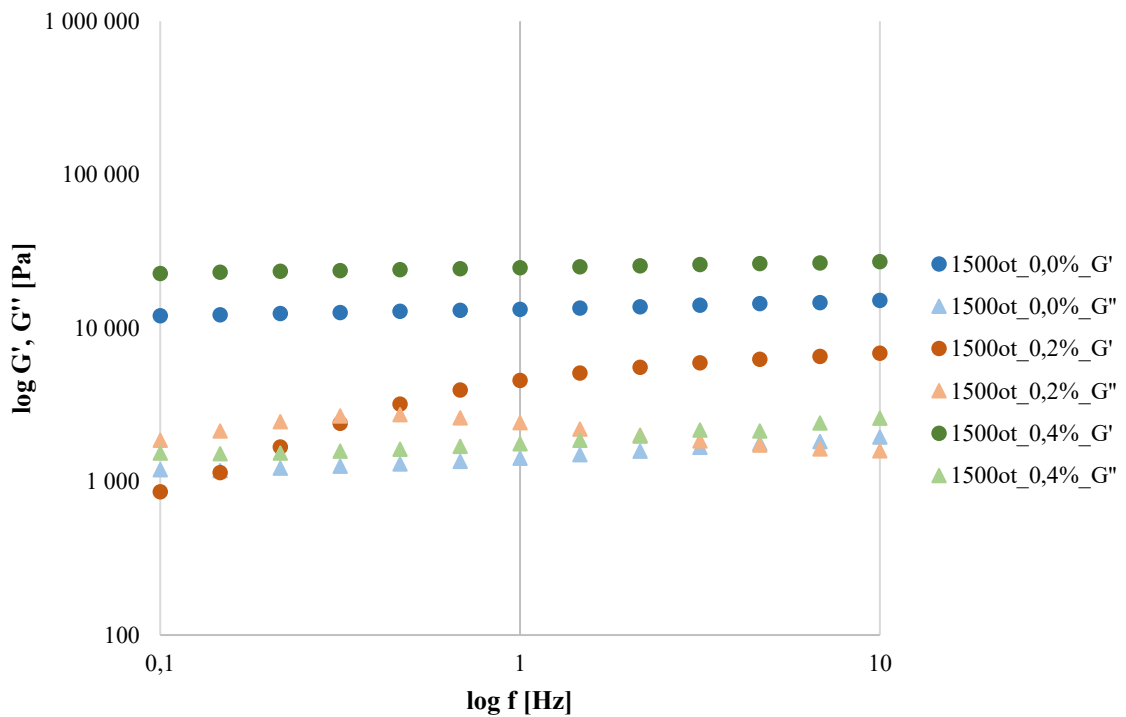


Obrázek 29: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment II – 2000 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni

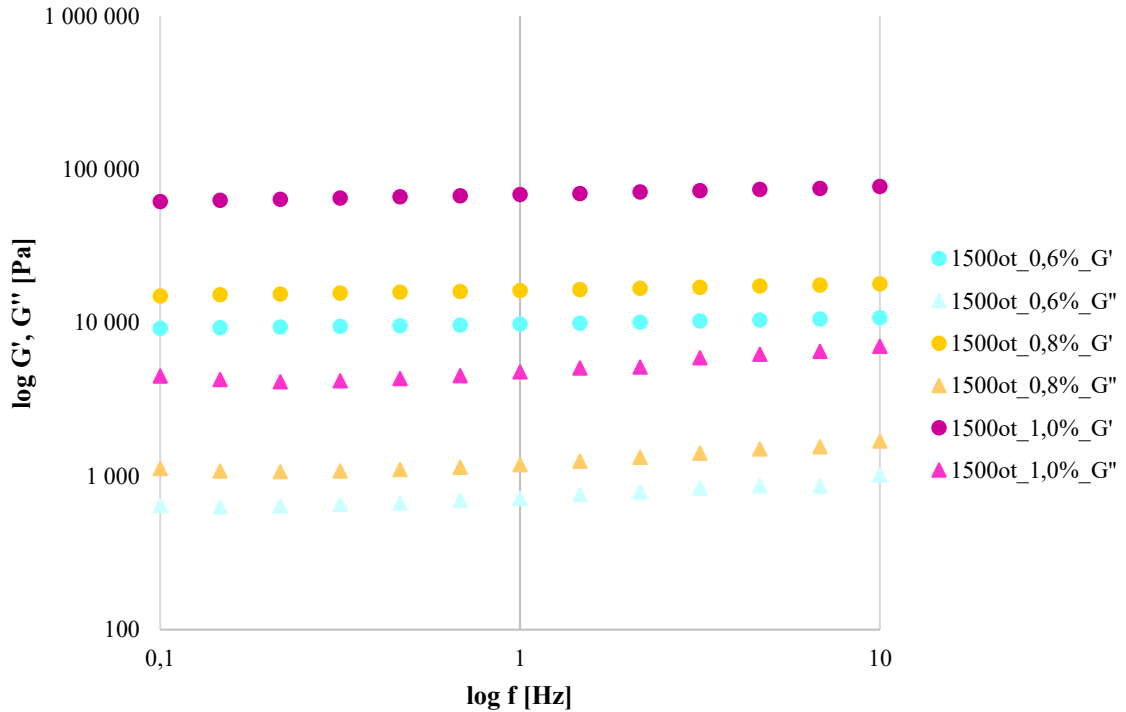


Obrázek 30: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henkyho deformace; Experiment II – 2000 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni

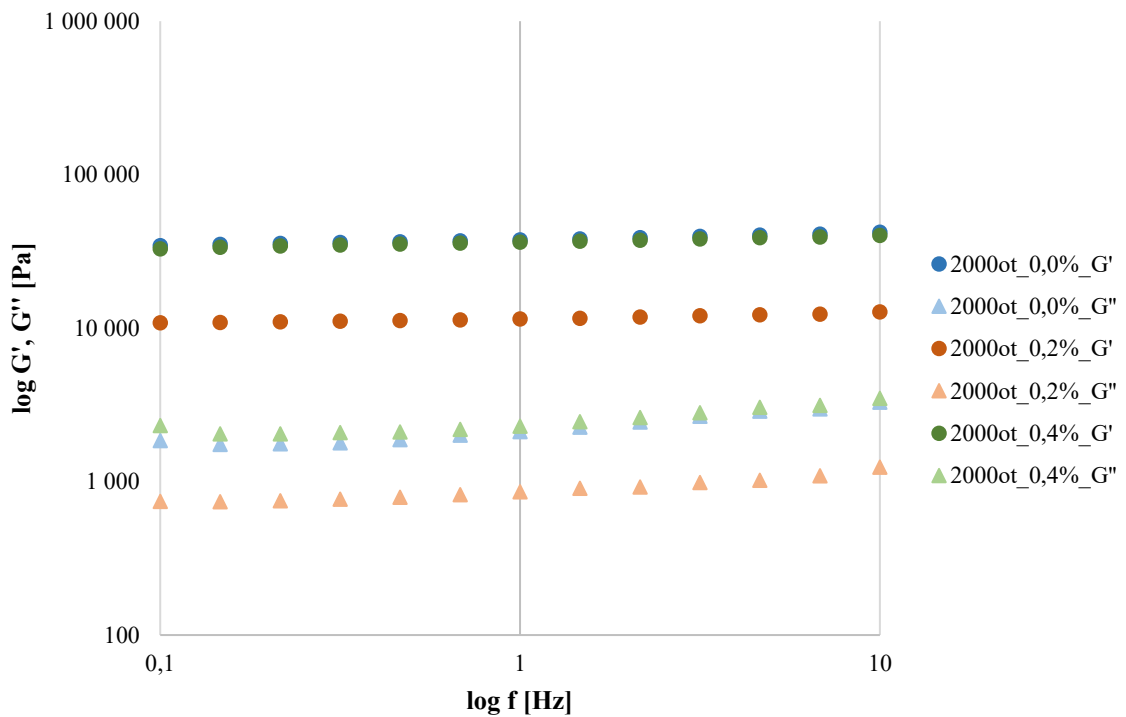
Výsledky stanovení reologických vlastností jsou uvedeny na Obrázku 31 – 33. Z uvedených grafů je patrné, že hodnota elastického modulu pružnosti ( $G'$ ) a ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ) se s měnící se frekvencí výrazně nesnižovala ani nezvyšovala. Hodnoty komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) při frekvenci rovné jedné jsou uvedeny na Obrázku 34. Výsledné hodnoty jednoznačně neprokazují, že by v závislosti na rostoucí koncentraci karagenanu docházelo k nárůstu  $G^*$ , zároveň výsledky jednoznačně neprokazují, že by nižší / vyšší rychlost otáček snižovala / zvyšovala výslednou hodnotu  $G^*$ .



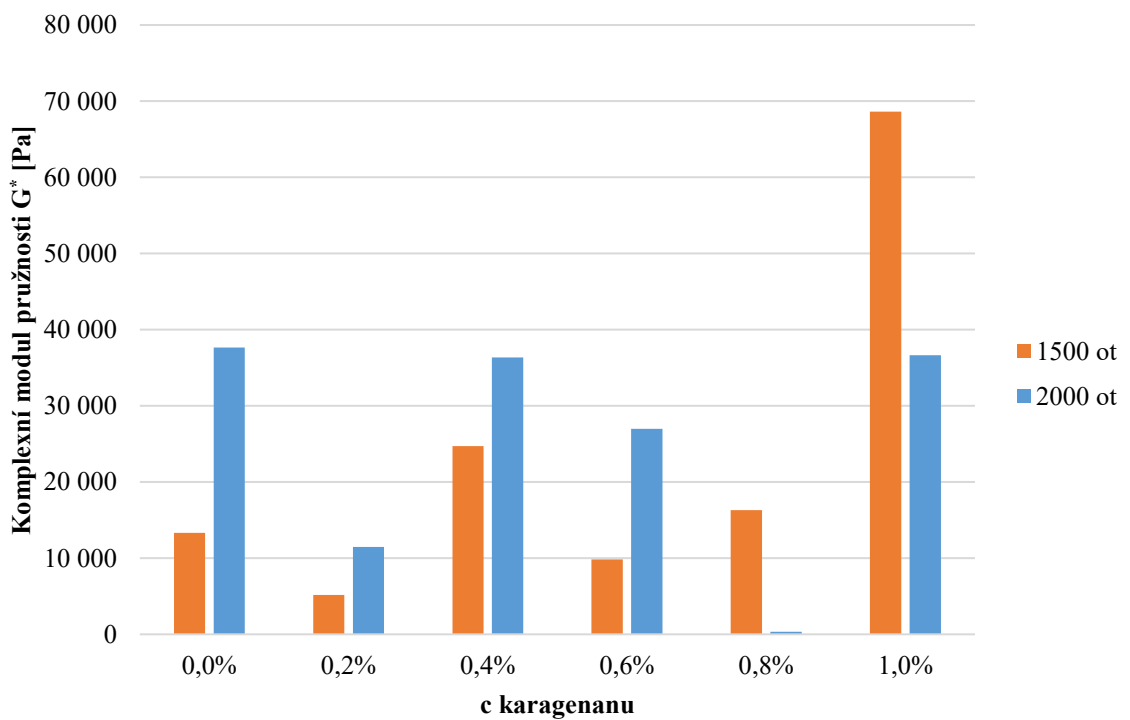
Obrázek 31: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 1500 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,0 % - 0,4 %, měřeno v 60. dni



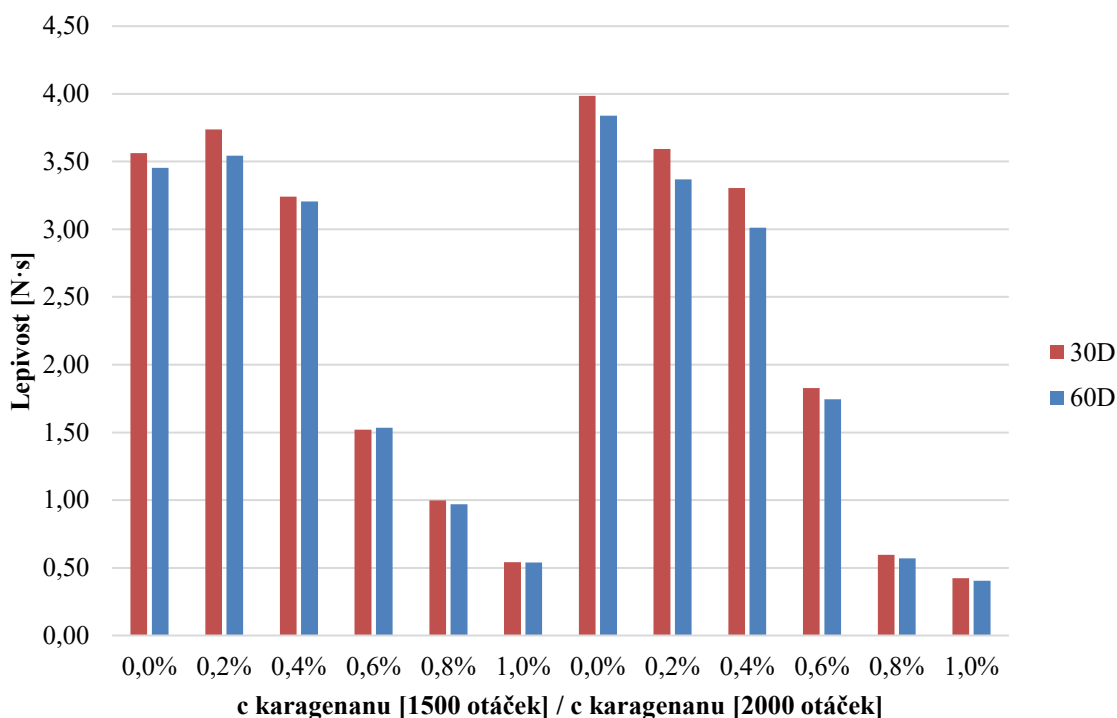
Obrázek 32: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 1500 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,6 % - 1,0 %, měřeno v 60. dni



Obrázek 33: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2000 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,0 % - 0,4 %, měřeno v 60. dni



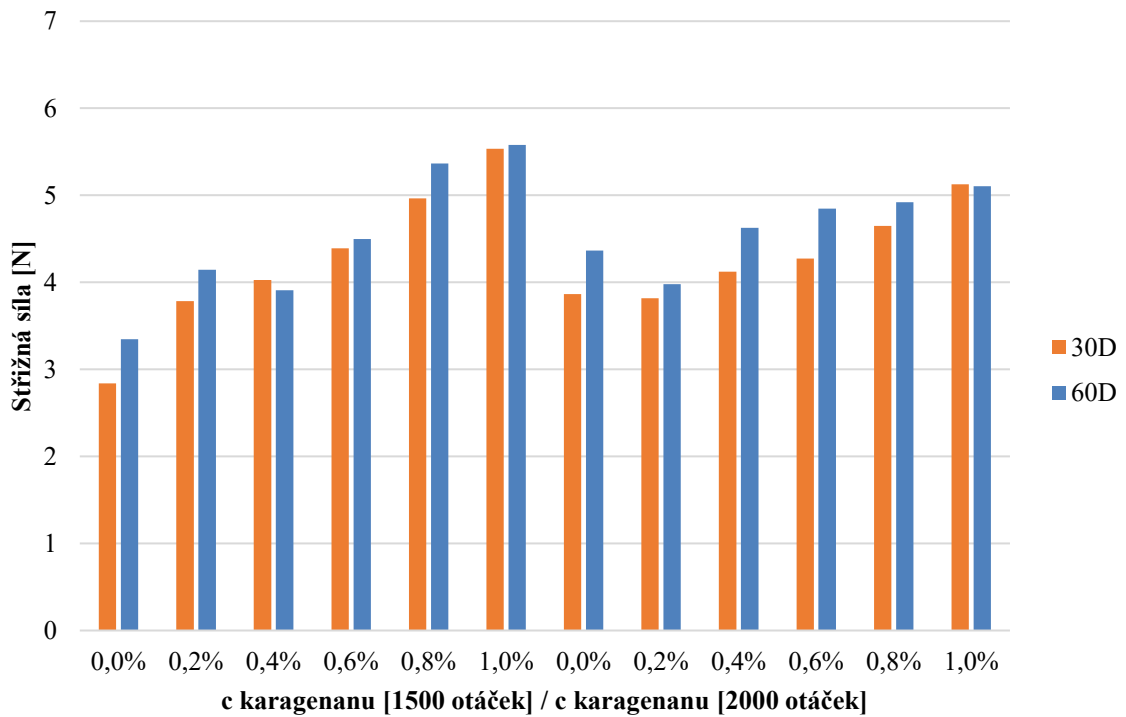
Obrázek 34: Grafické znázornění změny komplexního modulu pružnosti  $G^*$  v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C



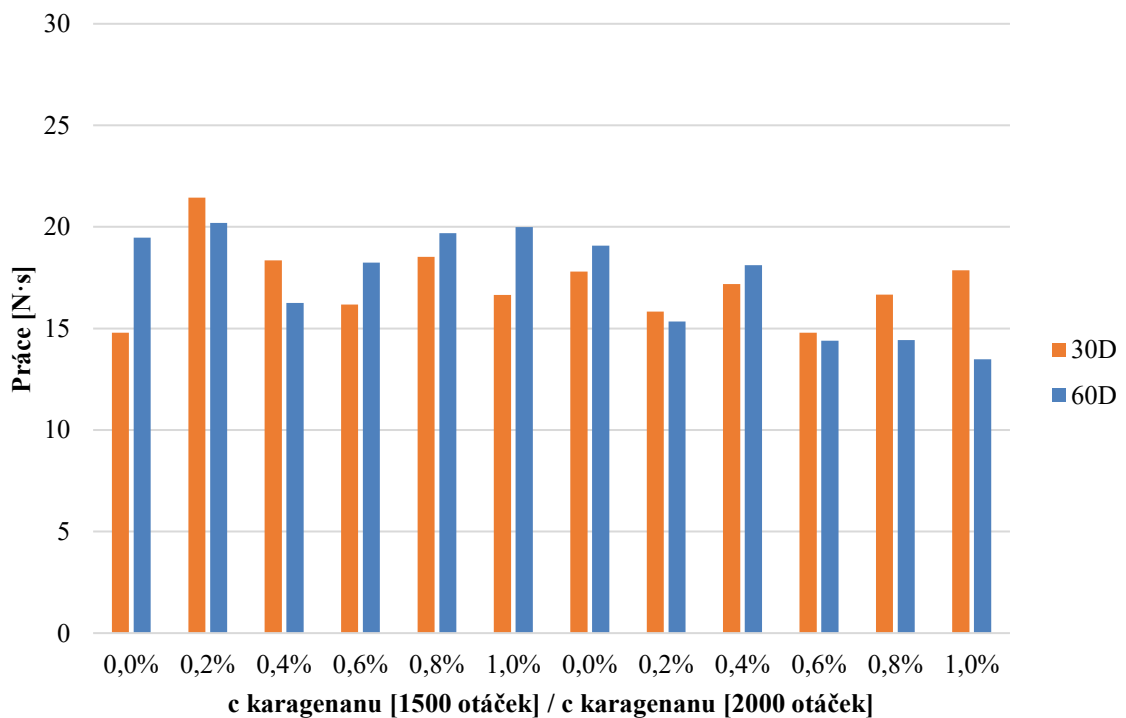
Obrázek 35: Grafické znázornění změny lepivosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C

Hodnoty relativní lepivosti v závislosti na koncentraci karagenanu jsou uvedeny na Obrázku 35, přičemž hodnoty jsou vyjádřeny v absolutní hodnotě. Se zvyšující se koncentrací karagenanu se relativní lepivost snižovala, přitom největší rozdíly je možné pozorovat při přidavku do 0,4 % (w/w), vyšší přidavky již neměly statisticky významný vliv. Až na malé odchylky byla statisticky nevýznamná i doba skladování.

Obrázky 36 – 37 prezentují maximální střížnou sílu a celkovou práci potřebnou k přerýznutí vzorku v závislosti na koncentraci karagenanu. Na Obrázku 36 je možné sledovat mírný nárůst hodnoty střížné síly s rostoucí koncentrací karagenanu, přičemž pro modelovou sadu vyrobenou při 1500 otáčkách je nárůst více viditelný. Hodnoty celkové práce (Obrázek 37) rostoucí trend nevykazují. Doba skladování na hodnoty neměla zásadní vliv.



Obrázek 36: Grafické znázornění změny maximální sřížné síly v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C



Obrázek 37: Grafické znázornění změny potřebné práce v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C



### 5.3 Souhrnná diskuze

V rámci diplomové práce byl sledován vliv různých výrobních parametrů (tavicí teplota, rychlost otáček), různého složení (koncentrace karagenanu) a doby skladování na konzistenci veganských produktů typu „krájitelný tavený sýr“.

Je nutné uvědomit si, že pro výrobu modelových vzorků byla využita receptura s kompletní absencí živočišných složek. Vzhledem k tomu, že na analogy tavených sýrů s matricí složenou čistě z rostlinných surovin nebylo prozatím provedeno dostatek studií, nebylo možné provést jednoznačné porovnání.

Základní chemická analýza zahrnovala stanovení obsahu sušiny a stanovení pH. Obsah sušiny modelových vzorků byl v rámci obou experimentů téměř totožný a zvyšoval se s rostoucí koncentrací karagenanu, což odpovídalo surovinové skladbě modelových vzorků, viz Tabulka 11. Doba skladování na obsah sušiny neměla prokazatelný vliv. Hodnota pH v rámci obou experimentů dosahovala hodnot 5,72 – 6,47, přičemž pokles pH v průběhu skladování nebyl statisticky prokazatelný. Získané hodnoty pH lehce převyšují optimální hodnotu pH tavených sýrů, která se obvykle pohybuje v rozmezí 5,5 – 6,0 [88]. Tato mírná odchylka je pravděpodobně způsobena rozdílnou matricí modelových vzorků a zároveň absencí tavicích solí. Zároveň je možné tvrdit, že mírné změny v pH neměly vliv na texturu a reologické vlastnosti finálních vzorků, což ve své práci potvrzuje i Lee & Klostermeyer [5].

Texturní profilovou analýzou (TPA) byly získány hodnoty soudržnosti, tvrdosti a lepivosti. Soudržnost v obou experimentech dosahovala obdobných hodnot a nebyl zde prokázán signifikantní vliv rozdílné tavicí teploty, rychlosti otáček, koncentrace karagenanu či doby skladování. Tvrdost modelových vzorků se v rámci obou experimentů zvyšovala s rostoucí koncentrací karagenanu, zároveň doba skladování neměla na tvrdost modelových vzorků prokazatelný vliv. Podle Guinee dochází v průběhu skladování tavených sýrů a jejich analogů k nárůstu tvrdosti, což bývá často připisováno také hydrolýze fosforečnanových solí [9]. Z tohoto důvodu je možné konstatovat, že právě absence fosforečnanových solí v matrici modelových vzorků zajišťuje poměrně dobrou stabilitu tvrdosti v průběhu skladování. Zároveň je možné konstatovat, že nejvhodnější koncentrací karagenanu pro zvýšení tuhosti analogu je 0,8 % (w/w). Tato hodnota je v rozporu s Nagyovou a kol., kteří ve své práci uvádějí, jako efektivní koncentraci vedoucí k výraznému zvýšení tvrdosti taveného sýra, koncentraci do 0,5 % (w/w), přičemž při zvýšení koncentrace nad 0,65 % (w/w) již

nepozorovali nárůst tuhosti [29]. I v tomto případě je však nutné neopomenout jinou surovinovou skladbu, kterou pro svoji práci využili. Posledním sledovaným texturním parametrem byla relativní lepivost, která se u obou experimentů snižovala se zvyšujícím se obsahem karagenanu, což dobře vysvětlují Caric & Kalab, kteří uvádějí, že během vytváření finální struktury tavených sýrů napomáhají přísady hydrokoloidů k vytvoření tužší a silnější matrice, čímž se zvyšují adhezivní síly a díky tomu se snižuje relativní lepivost [89].

Vývoj tvrdosti a zároveň elasticity modelových vzorků byl také určen z dat získaných relaxačním testem, analyzovaných pomocí Pelegova modelu. Výsledky obou experimentů potvrzují nárůst tvrdosti v závislosti na zvyšující se koncentraci karagenanu a zároveň potvrzují minimální vliv skladování na tvrdost modelových vzorků. Z výsledků je také patrné, že hodnoty parametru  $a$  s rostoucí dobou relaxace stoupaly, tedy elasticita modelového vzorku se snižovala, nicméně od 210 s do 300 s testu byly rozdíly již statisticky nevýznamné. K obdobným výsledkům došel i Buňka a kol. [90]. Obdobné změny související s koncentrací karagenanu je možné pozorovat i na grafech závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace, ze kterých je patrné, že vzorky s vyšší koncentrací karagenanu dosahují vyšších viskozitních hodnot.

Viskoelastické vlastnosti ( $G'$ ,  $G''$ ,  $G^*$ ) se v obou experimentech zvyšovaly se zvyšující se koncentrací karagenanu. Stejný trend potvrzuje i Lascombes et al., který studoval interakce mezi škrobem a karagenanem [85]. Z výsledků je patrné, že převládající složku zaujímá elastický modul pružnosti ( $G' > G''$ ) v celém rozsahu frekvencí, to znamená, že má materiál schopnost vratně ukládat energii, při namáhání se vnitřní struktura vzorku natahuje a méně teče. Elastický modul pružnosti ( $G'$ ) je přibližně 10x vyšší než ztrátový modul pružnosti ( $G''$ ), což je pro polotvrdé materiály typické. Hodnoty komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) získané v rámci Experimentu I rostou v závislosti na rostoucí koncentraci karagenanu a zároveň je možné pozorovat nárůst  $G^*$  i s rostoucí tavicí teplotou. Tento trend ve svých pracích potvrzují i Dimitreli a kol. a Loisel a kol. [58, 91]. Ačkoli Garimella a Guinee ve svých pracích potvrzují vliv zvyšujících se otáček na tvrdost a elasticitu tavených sýrů, v Experimentu 2 tento rostoucí trend nebyl signifikantně potvrzen. Různé výsledky mohou být pravděpodobně zapříčiněny odlišně zvolenými rychlostmi otáček a v neposlední řadě odlišnou surovinovou skladbou. [92, 93]

Posledním stanovením byl v rámci obou experimentů Warner-Bratzlerův test neboli stříhová zkouška. Tento test byl využit pro imitaci krájení, jelikož modelové vzorky mají strukturu „krájitelného sýru“. V jednotlivých experimentech byly získány lehce odlišné výsledky.

V rámci Experimentu II je možné pozorovat korelaci výsledků s výsledky z TPA, a to jak v závislosti na obsahu karagenanu, tak v závislosti na době skladování. Naopak z výsledků v Experimentu I je patrná odlišnost výsledků. WB test v rámci Experimentu I nepotvrdil nárůst střížné síly s rostoucí koncentrací karagenanu a jsou možné pozorovat i změny v závislosti na době skladování. Ačkoli Revilla et al., ve své práci tvrdí, že WB test je pro vzorky s vysokou tvrdostí vhodnější než TPA, v rámci této práce byl nárůst tvrdosti v závislosti na koncentraci karagenanu pomocí TPA potvrzen výsledky relaxačního testu, proto je možné konstatovat, že výsledky TPA podávají přesnější důkaz o změnách tvrdosti než výsledky z WB testu [94].

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo sledování změny konzistence veganských produktů typu „krájitelný tavený sýr“. Tento cíl zahrnoval několik dílčích cílů, přičemž prvním krokem byla výroba modelových sad vzorků. Každá sada se sestávala z řady vzorků o různé koncentraci  $\kappa$ -karagenanu (0,0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 % až 1,0 %). Při výrobě prvních dvou sad vzorků (Experiment I) byly užity různé tavicí teploty (80 °C, 90 °C) a stejné otáčky (2900 otáček). Při výrobě dalších dvou sad (Experiment II) byla užita stejná tavicí teplota (90 °C) a různé otáčky (1500 otáček, 2000 otáček). U modelových vzorků z každé sady byla ve 30. a 60. dni od výroby provedena základní chemická analýza (stanovení obsahu sušiny a pH), texturní profilová analýza (tvrdost, lepivost, soudržnost), relaxační test a Warner-Bratzlerův test. Po 60. dni skladování bylo navíc provedeno stanovení reologických vlastností.

Na základě výsledků získaných v experimentální části z jednotlivých analýz lze formulovat následující závěry:

- Vzrůstající koncentrace karagenanu, doba skladování, tavicí teplota či rychlost otáček nemá významný vliv na obsah sušiny, pH a soudržnost výrobku.
- Se vzrůstající koncentrací karagenanu vzrůstá tvrdost výrobku a snižuje se jeho relativní lepivost.
- Doba skladování na tvrdost a relativní lepivost výrobku nemá signifikantní vliv.
- S rostoucí koncentrací karagenanu se zvyšuje elasticita výrobku.
- Elasticita roste s rostoucí tavicí teplotou, vliv různých otáček nebyl prokázán.

Závěrem lze říci, že by bylo vhodné provést další experimenty, ve kterých by se sledoval vliv různých surovin, například odlišný typ použitého oleje, případně vliv snížení obsahu škrobové směsi, jelikož se jedná o poměrně nákladnou surovinu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TAMIME, A. Y. Processed Cheese and Analogues: An Overview. *Processed cheese and analogues*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011, s. 1–24. ISBN 1405186429.
- [2] KOPÁČEK, J., LIKLER, L. Tavené sýry – švýcarský vynález, ale tak trochu český fenomén. *Potravinářská revue*, 2010, 6, s. 33–35. ISSN 1801-9102.
- [3] 100 let od zahájení výroby tavených sýrů. [www.svet-potravin.cz](http://www.svet-potravin.cz) [online]. Praha: Granville, 2011. Dostupné z: <https://www.svet-potravin.cz/clanek/100-let-od-zahajeni-vyroby-tavenych-syru>.
- [4] GUINEE, T. P. Cheese - Pasteurized Processed Cheese Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd. Boston: Elsevier, 2011, s. 805–813. ISBN 9780123744074.
- [5] LEE, S. K., KLOSTERMEYER, H. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *LWT – Food Science and Technology*, 2001, 34(5), s. 288–292. ISSN 0023-6438.
- [6] BYLUND, G. *Dairy processing handbook*. Lund, Tetra Pak Processing Systems AB, 2015.
- [7] ČESKO. Vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Sbírka zákonů České republiky*.
- [8] SÁDLÍKOVÁ, I., BUŇKA, F., BUDINSKÝ, P., VOLDÁNOVÁ, B., PAVLÍNEK, V., HOZA, I. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT – Food Science and Technology*, 2010, 43 (8), s. 1220–1225. ISSN 0023-6438.
- [9] GUINEE, T. P. Chapter 46 - Pasteurized Processed and Imitation Cheese Products. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. 4th. Boston: Elsevier, 2017, s. 1133–1184. ISBN 9780124170124.
- [10] HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA F., PAVLÍNEK, V., HUDEČKOVÁ, L., JANIŠ, R. The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. *International Journal of Dairy Technology*, 2013, 66(4), s. 484–489. ISSN 1364-727X.
- [11] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2012. ISBN 978-80-7418-145-0.

- [12] DOSTÁLOVÁ, J., KADLEC, P. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2014. ISBN 978-80-7418-208-2.
- [13] *Celostátní přehlídka sýrů 2016: Výsledky přehlídek a sborník příspěvků konference "Mléko a sýry"*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-973-0.
- [14] Dnešní "taveňáky" taví staré předsudky: Který vyhrál v našem testu? *Www.svet-potravin.cz* [online]. Praha: Granville, 2019. Dostupné z: <https://www.svet-potravin.cz/clanek/dnesni-tavenaky-tavi-stare-predsudky-ktery-vyhral-v-nasem-testu-1>.
- [15] *Celostátní přehlídka sýrů 2008: Výsledky přehlídek a sborník příspěvků konference "Mléko a sýry"*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2008. ISBN 978-80-7080-695-1.
- [16] *Celostátní přehlídka sýrů 2014: Výsledky přehlídek a sborník příspěvků konference "Mléko a sýry"*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014. ISBN 978-80-7080-909-9.
- [17] *Celostátní přehlídka sýrů 2012: Výsledky přehlídek a sborník příspěvků konference "Mléko a sýry"*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2012. ISBN 978-80-7080-838-2.
- [18] *Celostátní přehlídka sýrů 2010: Výsledky přehlídek a sborník příspěvků konference "Mléko a sýry"*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2010. ISBN 978-80-7080-760-6.
- [19] SALEK, R. N., ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V., LORENCOVÁ, E., BUŇKA, F. Tvrdost tavených sýrů vyrobených z různých druhů přírodních sýrů. *Mlékařské listy: zpravodaj*. Praha.: Výzkumný ústav mlékárenský. Praha, 2017, 28(162), s. 5–9. ISSN 1212 - 950X.
- [20] BUŇKA, F., KOPÁČEK. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argumentovat. *Potravinářská revue*, 2012, 1, s. 28–31. ISSN 1801-9102.
- [21] BUŇKA, F., HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářská revue*, 2006, 3, s. 13–16. ISSN 1801-9102.
- [22] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L. Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, 6, s. 9–32. ISSN 1801-9102.

- [23] KADLEC, P. *Technologie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [24] EVROPA. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008, o potravinářských přídatných látkách, v platném znění. *Úřední věstník Evropské unie*.
- [25] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2009, 1, s. 13–16. ISSN 1801-9102.
- [26] MAURER, A. 100 let tavených sýrů = 100 let tavicích solí. *Potravinářská revue*, 2012, 1, s. 25–27. ISSN 1801-9102.
- [27] Komoditní karty MLÉKO 2020. [www.akcr.cz](http://www.akcr.cz) [online]. Dostupné z: <http://www.akcr.cz/txt/komoditni-karty-mleko-2020>.
- [28] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-342-6.
- [29] NAGYOVÁ, G. ČERNÍKOVÁ, M., PACHLOVÁ, V., BUŇKA, F. Srovnání účinnosti vybraných hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů. *Mlékařské listy: zpravodaj*. Praha.: Výzkumný ústav mlékárenský. Praha, 2014, 162. ISSN 1212-950X.
- [30] Výroba tavených sýrů, tavených pochoutek. [www.milcom.cz](http://www.milcom.cz) [online]. Dostupné z: <https://www.milcom.cz/index.php/nabizime/vyroba-tavenych-pochoutek>.
- [31] *Celostátní přehledky sýrů 2018: Výsledky přehledů a sborník příspěvků konference "Mléko a sýry"*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2018. ISBN 978-80-7592-030-0.
- [32] FOX, P. F. *Fundamentals of cheese science*. Gaithersburg, MD: Aspen Pub., 2000. ISBN 0-8342-1260-9.
- [33] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V. Výroba tavených sýrů – Technologie výroby, vlivy na konzistenci (přednáška) Zlín: UTB
- [34] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů: Basic principles of processed cheese production : monografie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8.

- [35] LINTON, R., HARPER, N. Survival and Growth of Foodborne Microorganisms in Processed and Individually Wrapped Cheese Slices. *Journal of Environmental Health*, 2008, 70(7), s. 31–37. ISSN 00220892.
- [36] ŠUSTOVÁ, K., SÝKORA, V. *Mlékárenské technologie*. Brno: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [37] ZHONG, Q., DAUBERT, C.R., FARKAS, B.E. Cooling effects on processed cheese functionality. *Journal of Food Process Engineering*, 2004, 27, s. 392–412. ISSN 0145-8876.
- [38] BOWLAND, E. L., FOEGEDING, E.A. Small Strain Oscillatory Shear and Microstructural Analyses of a Model Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*, 2001, 84(11), s. 2372–2380. ISSN 0022-0302.
- [39] GUINEE, T. P. Cheese analogues. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd. Boston: Elsevier, 2011, s. 814–821. ISBN 9780123744074.
- [40] BACHMANN, H.-P. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 2001, 11(4-7), s. 505–515. ISSN 0958-6946.
- [41] O'RIORDAN, E. D., DUGGAN, E., O'SULLIVAN, M., NORONHA, N. Production of Analogue Cheeses. *Processed cheese and analogues*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011, s. 219–244. ISBN 1405186429.
- [42] Internetový portál bezpečnosti potravin – Analogy a jejich označování. *Internetový portál bezpečnosti potravin* [online]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/analogy-a-jejich-oznacovani.aspx>.
- [43] BADEM, A., UCAR, G. Cheese Analogues. *Research & Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 2016, 4(3), s. 44–48. ISSN 2321-6204.
- [44] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [45] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 2010, 20(5), s. 336–343. ISSN 0958-6946.



- [46] DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 2003, 17(1), s. 25–39. ISSN 0268-005X.
- [47] WILLIAMS, P.A., PHILLIPS, G. O. *Handbook of Hydrocolloids (Second Edition)*, Woodhead Publishing, 2009, ISBN 9781845694142.
- [48] REHM, H. A. B. *Alginates: Biology and Applications*. Springer, 2009. ISBN 978-3-540-92679-5.
- [49] JOHNSON, A. F., CRAIG, D. Q. M., MERCER, A. D., CHAUHAN, S. The Effects of Alginate Molecular Structure and Formulation Variables on the Physical Characteristics of Alginate Raft Systems. *International Journal of Pharmaceutics*, 1997, 159(1), s. 35–42. ISSN 0378-5173.
- [50] GERHARD, A. de R., BRIAN, R. Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, 1997, 8(12), s. 389–395. ISSN 0924-2244.
- [51] NICKERSON, M. T., PAULSON, A. T., HALLETT, F. R. Dilute solution properties of  $\kappa$ -carrageenan polysaccharides: effect of potassium and calcium ions on chain conformation. *Carbohydrate Polymers*, 2004, 58(1), s. 25–33. ISSN 0144-8617.
- [52] IMESON, A. P. Carrageenan and furcellaran. *Handbook of Hydrocolloids (Second Edition)*, Woodhead Publishing, 2009, s. 164–185. ISBN 9781845694142.
- [53] STONE, A. K., NICKERSON, M. T. Formation and functionality of whey protein isolate – ( $\kappa$ -,  $\iota$ - and  $\lambda$ -type) carrageenan electrostatic complexes. *Food Hydrocolloids*, 2012, 27, s. 271–277. ISSN 0268-005X.
- [54] LANGENDORFF, V. Effects of Carrageenan Type on the Behaviour of Carrageenan/milk Mixtures. *Food Hydrocolloids*, 2011, 14(4), s. 273–280. ISSN 0268-005X.
- [55] SYRBE, A., BAUER, W. J., KLOSTERMEYER, N. Polymer Science Concepts in Dairy Systems - an Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. *International Dairy Journal*, 1998, 8(3), s. 179–193. ISSN 0958-6946.
- [56] IMESON, A. *Food stabilisers, thickeners and gelling agents*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell Pub., 2010. ISBN 14-051-3267-1.
- [57] KALÁB, M., YUN, J., YIU, S. H. Textural properties and microstructure of process cheese food rework. *Food Structure*, 1987, 6(2), s. 181–192.

- [58] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 2004, 64, s. 265–271. ISSN 0260-8774.
- [59] SWENSON, B. J., WENDORFF, W. L., LINDSAY, R. C. Effects of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. *Journal of Food Science*. 2000, 65, s. 822–825. ISSN 0022-1147.
- [60] GARIMELLA P. S. K., POLLARD, A., METZGER, L. E. Effect of Formulation and manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality – I. Trisodium Citrate. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(7), s. 2386–2396. ISSN 0022-0302.
- [61] LOBATO-CALLEROS, C., VERNON-CARTER E. J., HORNELAS-URIBE, Y. Microstructure and texture of cheese analogs containing different types of fat. *Journal of Texture Studies*, 1998, 29(5), s. 569–586. ISSN 0022-4901.
- [62] CUNHA, C. R., DIAS, A. I., VIOTTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 2010, 43(3), s. 723–729. ISSN 09639969.
- [63] RINALDONI, A., PALATNIK, D., ZARITZKY N., CAMPDERRÓS, M. Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates. *LWT – Food Science and Technology*, 2014, 55(1), s. 139–147. ISSN 00236438.
- [64] JONAS, J. Impact of Vegetable Proteins on Dairy Products. *Journal of Milk and Food Technology*, 1975, 38, s. 39–43. ISSN 0022-2747.
- [65] TALBOT-WALSH, G., KANNAR D., SELOMULYA, C. Review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese – a review. *Trends in Food Science*, 2018, 81, s. 193–202. ISSN 09242244.
- [66] SCHINDLER, S., ZELENA, K., KRINGS, U., BEZ, J., EISNER, P., BERGER, R. G. Improvement of the Aroma of Pea (*Pisum sativum*) Protein Extracts by Lactic Acid Fermentation. *Food Biotechnology*, 2012, 26(1), s. 58–74. ISSN 0890-5436.
- [67] HEWITT, S., YE, A. Phase structures impact the rheological properties of rennet-casein-based imitation cheese containing starch. *Food Hydrocolloids*, 2008, 21, s. 1–7. ISSN 0268005X.

- [68] MASOTTI, F., CATTANEO, S., STUKNYTÉ, M., DE NONI, I. Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, 74, s. 158–169. ISSN 09242244.
- [69] GAMPALA, P., BRENNAN, CH. S. Potential Starch Utilisation in a Model Processed Cheese System. *Starch – Stärke*, 2008, 60(12), s. 685–689. ISSN 00389056.
- [70] AROCAS, A., SANZ, T., FISZMAN, S. M. Clean label starches as thickeners in white sauces. Shearing, heating and freeze/thaw stability. *Food Hydrocolloids*, 2009, 23(8), s. 2031–2037. ISSN 0268005X.
- [71] JANE, J. Preparation and food applications of physically modified starches. *Trends in Food Science & Technology*, 1992, 3, s. 145–148. ISSN 09242244.
- [72] Cell Contents - Pharmacognosy. *Pharmacy 180*. Copyright © 2019, 2020 pharmacy180.com [online]. Dostupné z: <http://www.pharmacy180.com/article/cell-contents-20/>
- [73] THOMAS, D. J., ATWELL, W. A. *Starches*. 5. St Paul: Eagan Press, 1999. ISBN 1891127012 9781891127014.
- [74] NORONHA, N., DUGGAN, E., ZIEGLER, G. R., O'RIORDAN, D., O'SULLIVAN, M. Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocolloids*, 2008, 22(8), s. 1612–1621. ISSN 0268005X.
- [75] EVROPA. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011, ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnic Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004. *Úřední věstník Evropské unie*.
- [76] EVROPA. Nařízení Komise (EU) č. 231/2012, ze dne 9. března 2012, kterým se stanoví specifikace pro potravinářské přídatné látky uvedené v přílohách II a III nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008. *Úřední věstník Evropské unie*.

- [77] GUSTAW, W., MLEKO, S. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwiss.-Milk Sci. Int.*, 2007, 62(1), s. 59–62.
- [78] AVEBE. Food starch - DT - October 2019 (prezentace)
- [79] SIMSEK, S., OVANDO-MARTINEZ, M., MAREFATI, A., SJÖÖ, M., RAYNER, M. Chemical composition, digestibility and emulsification properties of octenyl succinic esters of various starches. *Food Research International*, 2015, 75, s. 41–49. ISSN 0963-9969.
- [80] BAO, J., XINGZ, J., PHILLIPS, D. L., CORKE, H. Physical Properties of Octenyl Succinic Anhydride Modified Rice, Wheat, and Potato Starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(8), s. 2283–2287.
- [81] EVROPA. Nařízení Komise (EU) č. 231/2012 ze dne 9. března 2012, kterým se stanoví specifikace pro potravinářské přídatné látky uvedené v přílohách II a III nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 Text s významem pro EHP.
- [82] DAMODARAN, S., PARKIN, K. L. *Fennema's food chemistry (4th ed.)* Boca Raton, FL, USA: CRC Press/Taylor & Francis, 2007. ISBN 9780849392726.
- [83] ŠÁRKA, E., DVOŘÁČEK, V. New processing and applications of waxy starch (a review). *Journal of Food Engineering*, 2017, 206, s. 77–87. ISSN 0260-8774.
- [84] HUC, D., MATIGNON, A., BAREY, P., DESPRAIRIES, M., MAUDUIT, S., SIEFFERMANN, J. M., MICHON, C. Interactions between modified starch and carrageenan during pasting. *Food Hydrocolloids*, 2014, 36, s. 355–361. ISSN 0268-005X.
- [85] LASCOMBES, C., AGODA-TANDJAWA, G., BOULENGUER, P., LE GARNEC, C., GILLES, M., MAUDUIT, S., BAREY, P., LANGENDORFF, V. Starch-carrageenan interactions in aqueous media: Role of each polysaccharide chemical and macromolecular characteristics. *Food Hydrocolloids*, 2017, 66, s. 176–189. ISSN 0268-005X.
- [86] ČESKO. Vyhláška č. 4/2008 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. *Sbírka zákonů České republiky*.

- [87] ČSN EN ISO 5534. Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [88] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79, s. 1364–1373. ISSN 0260-8774.
- [89] CARÍĆ, M., KALÁB, M. Processed cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2, Major Cheese Groups (2nd ed.)*, Chapman & Hall, London, 1997, s. 467–505. ISBN 0-412-535106.
- [90] BUŇKA, F., PACHLOVÁ, V., BUREŠOVÁ, I., PERNICKÁ, L., BUŇKOVÁ, L. Využití Pelegova modelu pro hodnocení jakosti přírodních sýrů v průběhu zrání. *Potravinářstvo*, 2013, 7. ISSN 1337-0960.
- [91] LOISEL, C., TECANTE, A., CANTONI, P., DOUBLIER, J. L. Effect of temperature on the rheological properties of starch/carrageenan mixtures. *Gums and stabilisers for the food industry 10*, Woodhead Publishing, 2000, s. 181–187. ISBN 9781855737884.
- [92] GARIMELLA PURNA, S.K., POLLARD, A., METZGER, L.E. Effect of formulation and manufacturing parameters on process cheese food functionality-I. Trisodium citrate. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(7), s. 2386–2396. ISSN 0022-0302.
- [93] GUINEE, T.P., 2011a. Effects of natural cheese characteristics and processing conditions on rheology and texture: The Functionality of Cheese Components in the Manufacture of Processed Cheese. *Processed Cheese and Analogues*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex, UK, 2011, s. 81–109.
- [94] REVILLA, I., GONZÁLEZ-MARTÍN, I., HERNÁNDEZ-HIERRO, J. M., VIVAR-QUINTANA, A., GONZÁLEZ-PÉREZ, C., LURUEÑA-MARTÍNEZ, M. A. Texture evaluation in cheeses by NIRS technology employing a fibre-optic probe. *Journal of Food Engineering*, 2009, 92(1). ISSN 0260-8774.
- [95] TRINTH, K. T., GLASGOW, S. On the texture profile analysis test. *Chemeca 2012: Quality of life through chemical engineering: 23-26 September 2012*, Wellington, New Zealand. Barton, A.C.T.: Engineers Australia, 2012, s. 749–760. ISBN: 9781922107596.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

např.	Například
Sb.	Sbírka
č.	číslo
tzv.	tak zvaný
atd.	a tak dále
%	procento
ot	otáčky
w/w	hmotnostní procento
mm	milimetr
°C	stupeň Celsia
g	gram
s	sekunda
Pa	Pascal
N	Newton
t.v.s.	tuk v sušině
o/v	olej ve vodě
TPA	texturní profilová analýza

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma výměny vápenatých iontů za ionty sodíku při výrobě tavených sýrů. (A – aniont tavicí soli; NaA – sodná tavicí sůl, CaA – vápenatá tavicí sůl) [25] .....	13
Obrázek 2: Schéma diskontinuální výroby tavených sýrů [33] .....	20
Obrázek 3: Tavicí zařízení [6] .....	21
Obrázek 4: Mikroskopický vzhled běžných škrobových zrn [72] .....	29
Obrázek 5: Chemické a biochemické modifikace škrobů [47] .....	31
Obrázek 6: Grafické znázornění změny tvrdosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C .....	44
Obrázek 7: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 30. dni .....	45
Obrázek 8: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 60. dni .....	45
Obrázek 9: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni .....	46
Obrázek 10: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni .....	46
Obrázek 11: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 30. dni ..	47
Obrázek 12: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, měřeno v 60. dni ..	48
Obrázek 13: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni ..	48
Obrázek 14: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckeho deformace; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni ..	49
Obrázek 15: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, koncentrace karagenanu 0,0 % - 0,4 %, měřeno v 60. dni .....	50
Obrázek 16: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C, koncentrace karagenanu 0,6 % - 1,0 %, měřeno v 60. dni .....	50

- Obrázek 17: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2900 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,6 % - 1,0 %, měřeno v 60. dni .....51
- Obrázek 18: Grafické znázornění změny komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) při  $f = 1$  Hz v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C .....51
- Obrázek 19: Grafické znázornění změny lepivosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C .....52
- Obrázek 20: Grafické znázornění změny maximální střížné síly v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C .....53
- Obrázek 21: Grafické znázornění změny potřebné celkové práce v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C .....53
- Obrázek 22: Grafické znázornění změny tvrdosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C .....55
- Obrázek 23: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni.....56
- Obrázek 24: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni.....56
- Obrázek 25: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II – 2000 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni.....57
- Obrázek 26: Grafické znázornění hodnoty parametru „a“ vypočítaného podle Pelegova modelu; Experiment II.....57
- Obrázek 27: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henkyho deformace; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni 58
- Obrázek 28: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henkyho deformace; Experiment II – 1500 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni 59
- Obrázek 29: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henkyho deformace; Experiment II – 2000 otáček, 90 °C, měřeno v 30. dni 59



- Obrázek 30: Grafické znázornění závislosti zdánlivé elongační viskozity na rychlosti Henckyho deformace; Experiment II – 2000 otáček, 90 °C, měřeno v 60. dni 60
- Obrázek 31: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 1500 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,0 % - 0,4 %, měřeno v 60. dni .....61
- Obrázek 32: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 1500 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,6 % - 1,0 %, měřeno v 60. dni .....61
- Obrázek 33: Grafické znázornění závislosti elastického / ztrátového modulu pružnosti na frekvenci; Experiment I – 2000 otáček, 90 °C, koncentrace karagenanu 0,0 % - 0,4 %, měřeno v 60. dni .....62
- Obrázek 34: Grafické znázornění změny komplexního modulu pružnosti  $G^*$  v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C .....62
- Obrázek 35: Grafické znázornění změny lepivosti v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C .....63
- Obrázek 36: Grafické znázornění změny maximální střížné síly v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C .....64
- Obrázek 37: Grafické znázornění změny potřebné práce v závislosti na koncentraci karagenanu, změřené v 30. dni a v 60. dni skladování; Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C .....64

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Fosforečnany používané pro výrobu tavených sýrů [25] .....	13
Tabulka 2: Povolené volitelné ingredience v tavených sýrech [32] .....	15
Tabulka 3: Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků [7] .....	16
Tabulka 4: Přehled jednotlivých hydrokoloidů a jejich zdrojů [47] .....	17
Tabulka 5: Základní struktura karagenanů [44] .....	19
Tabulka 6: Suroviny používané pro výrobu analogů sýrů [39, 43] .....	26
Tabulka 7: Různé vlastnosti amylózy a amylopektinu [73] .....	29
Tabulka 8: Vlastnosti různých nativních škrobů [47] .....	30
Tabulka 9: Modifikace škrobů, jejich účinky a benefity [47, 71, 73] .....	32
Tabulka 10: Modifikované škroby s jejich příslušnými E-kódy [75, 76, 78] .....	34
Tabulka 11: Surovinová skladba pro jednu sadu modelových vzorků .....	39
Tabulka 12: Přehled hodnot pH modelových vzorků, Experiment I – 2900 otáček, 80 °C / 90 °C .....	43
Tabulka 13: Přehled hodnot pH modelových vzorků, Experiment II – 1500 / 2000 otáček, 90 °C .....	54

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1: Specifikace produktu perfectasol <sup>tm</sup> D 510 .....	84
---	----

# PŘÍLOHA P 1: SPECIFIKACE PRODUKTU PERFECTASOL™ D 510



Avebe

P.O. Box 15  
9640 AA Veendam  
The Netherlands

E-mail [customerservice@avebe.com](mailto:customerservice@avebe.com)  
[www.avebe.com](http://www.avebe.com)

## General product information document

### Perfectasol™ D 510

Perfectasol™ D 510 is a composition of acid treated potato starch, hydroxypropylated distarch phosphate of potato origin and pregelatinized starch sodium octenyl succinate of potato origin. It is a white powder and free from objectionable odours. This product is intended for use in food.

### Physical and Chemical Specification

Item	Value	Method complies with
Heavy metals		
Arsenic (As)	<= 0.1 mg/kg	ISO 11212
Cadmium (Cd)	<= 0.1 mg/kg	ISO 11212
Mercury (Hg)	<= 0.05 mg/kg	ISO 11212
Lead (Pb)	<= 0.5 mg/kg	ISO 11212
Sulphite (as SO <sub>2</sub> ) anhydrous	<= 9.9 mg/kg	ISO 5379
Sulphated ash	<= 10 mg/g	ISO 5809
Moisture Content	<= 200 mg/g	ISO 1666

- This product meets the requirements of Regulation (EU) No. 231/2012 on specifications for food additives (E1442 and E1450).
- This product meets the requirements of the Food Chemical Codex (food Starch Modified).
- This product meets the requirements of USA 21 CFR § 172.892 (Food Starch Modified).
- This product meets the requirements of the JECFA monograph on modified starch (Codex Alimentarius, INS 1401, INS 1442 and INS 1450).

### Microbiological Specification

Item	Value	Method complies with
Total aerobic mesophilic count	<= 10.000 CFU/g	ISO 4833
Yeasts	<= 100 CFU/g	ISO 21527
Moulds	<= 100 CFU/g	ISO 21527
Bacillus Cereus	<= 100 CFU/g	ISO 7932
Enterobacteriaceae	<= 100 CFU/g	ISO 21528
Escherichia coli (1 g)	Absent	ISO 7251
Escherichia coli O157:H7 (25 g)	Absent	ISO 16654
Salmonella (25 g)	Absent	ISO 6579



## General product information document

### Nutritional Properties

Item	Typical value per 100 g <sup>1</sup>	Item	Typical value per 100 g <sup>1</sup>
Energy	293 kcal /1236 kJ	Calcium	0.02 g
Protein	0.05 g	Chloride	0.01 g
Carbohydrates	80 g	Iron	0.0001 g
Sugars	—	Magnesium	0.003 g
Fat	0.05 g	Phosphorus	0.07 g
Saturates	—	Potassium	0.005 g
Unsaturates (mono- and poly)	—	Sodium	0.04 g
Transfats	—	Vitamins	—
		Salt (2,5*Na)	0.1 g

<sup>1</sup> All values are expressed in product as such at maximum specified moisture content (typical values, not a specification).  
— Not present in significant amounts.

### Shelf life and Storage conditions

Perfectasol™ D 510 has a best before date of 2 years after the manufacturing date.  
Store inside, cool and dry, in sound and well closed packaging. Protect from contamination. Do not store or ship together with odorous or toxic substances. It is advised however, to keep the storage time as short as possible, because the moisture content may change.

### Additional Product Information

**Bulk density**  
675 kg/m<sup>3</sup>

**Botanical Origin**  
• *Solanum Tuberosum spp.*; Potato tubers (US.: white potato tubers).

**Allergens**  
Information about allergens is communicated via an allergen statement, which is available on request.

**Dietary suitability**  
• Suitable for vegan, ovo-vegetarian, lacto-vegetarian and ovo-lacto vegetarian diets.  
• Kosher and Halal certified.

**Intended Use**  
• For use in food.  
• This product is in its available packaging variants not intended for retail sale.