

# Mechanické vlastnosti sýrů eidamského typu

Ivana Nehodová

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ivana NEHODOVÁ**  
Osobní číslo: **T09121**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Mechanické vlastnosti sýrů eidamského typu**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

**1. Obecná charakteristika a chemické složení sýrů eidamského typu.**

### II. Praktická část

- 1. Srovnání mechanických vlastností sýrů eidamského typu na daných zařízeních.**
- 2. Srovnání použitých měřicích metod.**
- 3. Zpracování výsledků z hlediska různé zralosti sýrů.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] LAPČÍK, Lubomír; RAAB, Miroslav. *Nauka o materiálech II*. Vyd. 2. Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2004. 133 s. ISBN 80-7318-229-7.

[2] GAJDŮŠEK, Stanislav. *Laktologie*. Vyd. 1. V Brně : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 78 s. ISBN 80-7157-657-3.

[3] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Vyd. 1. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. 236 s. ISBN 80-7080-510-2.

[4] FOEGEDINGA E. A., BROWNB J., DRAKEA M., DAUBERT Ch. R. *Sensory and mechanical aspects of cheese texture*. *International Dairy Journal*. 2003,13, 585-591.

Vedoucí bakalářské práce:

**RNDr. Marta Sližová, CSc.**

Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**10. ledna 2014**


Termín odevzdání bakalářské práce:

**2. května 2014**

Ve Zlíně dne 3. února 2014

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



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

Příjmení a jméno: NEHODOVÁ I VANA

Obor: CHTP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 19. 1. 2004

NEHODOVÁ I VANA

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

<sup>2)</sup> Vysoká škola nepověřuje zveřejněním diplomové, bakalářské a magisterské práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledků obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Zveřejněním stanoví vnitřní předpisy vysoké školy.

<sup>3)</sup> Odevzdání diplomové, bakalářské a magisterské práce odevzdáním uchazečem k obhajobě musí být též nejmenší při pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřními předpisy vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořádat na své náklady výtisky, copy nebo rozmnoženiny.

<sup>4)</sup> Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>5)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3.

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

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 50 Školní dílo.

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Osobou, která uzavře takového díla užíte smlouvu bez vědného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle a soudu. Ústanovení § 35 odst. 3 činnosti neobtěženo.

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

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

## **ABSTRAKT**

Teoretická část práce je zaměřena na fyzikální a chemické vlastnosti mléka a složení kravského mléka. Dále je v teoretické části popsán technologický postup výroby sýrů eidamského typu. Praktická část se zabývá relaxační zkouškou, která byla použita na hodnocení texturních vlastností sýrů eidamského typu. Další ze zkoušek byla tahová zkouška. Byl studován vliv doby zrání na texturu a mechanické vlastnosti.

Klíčová slova: sýr eidamského typu, relaxační zkouška, tahová zkouška.

## **ABSTRACT**

The theoretical part of the thesis is focused on the physical and chemical characteristics and composition of cow milk. Moreover, it describes the technological process of producing Edam-European type cheese. The practical part of the thesis deals with the relaxation test which was used to evaluate the textural characteristics of the Edam-type cheese. Another test was the tensile test. The influence of maturation time on the texture and mechanical properties.

Keywords: Edam-type cheese, relaxation test, tensile test.

Úvodem bych chtěla poděkovat paní RNDr. Martě Sližové, CSc., za pomoc při realizaci má bakalářské práce. Zejména za trpělivost, cenné rady při konzultaci a vedení mé práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 MLÉKO</b> .....	<b>12</b>
1.1 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI MLÉKA .....	12
1.2 CELKOVÉ SLOŽENÍ.....	12
1.3 SLOŽENÍ KRAVSKÉHO MLÉKA .....	13
1.3.1 Dusíkaté látky.....	13
1.3.1.1 Základní rozdělení dusíkatých látek mléka .....	13
1.3.2 Mléčný tuk .....	14
1.3.3 Sacharidy.....	15
1.3.4 Minerální látky .....	15
1.3.5 Vitamíny.....	16
1.3.6 Enzymy .....	16
1.3.7 Hormony .....	17
1.3.8 Plyny .....	17
1.4 SENZORICKÉ VLASTNOSTI MLÉKA .....	17
1.5 NUTRIČNÍ HODNOTY MLÉKA A SÝRŮ .....	18
<b>2 SÝRY EIDAMSKÉHO TYPU</b> .....	<b>20</b>
2.1 MLÉKO NA VÝROBU SÝRŮ .....	20
2.2 ROZDĚLENÍ SÝRŮ .....	21
2.3 TECHNOLOGIE VÝROBY SÝRŮ.....	22
2.3.1 Syřidla a syřidlové preparát .....	22
2.3.2 Tepelné ošetření mléka (Pasterace).....	22
2.3.3 Úprava mléka před sýřením .....	23
2.3.4 Sýření mléka.....	23
2.3.5 Zpracování sýřeniny, formování, lisování .....	24
2.3.6 Solení sýrů.....	25
2.3.7 Zrání sýrů .....	26
2.4 CHARAKTERISTIKA TVRDÝCH SÝRŮ .....	27
2.4.1 Tvrdé sýry .....	27
2.4.1.1 Tvrdé sýry s nízko dohřívanou sýřeninou.....	27
2.5 MECHANICKÉ A TEXTURNÍ VLASTNOSTI POTRAVIN .....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>30</b>
<b>3 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>31</b>
<b>4 MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>32</b>
4.1 EIDAMSKÁ CIHLA .....	32
4.2 RELAXAČNÍ ZKOUŠKA .....	32
4.3 TAHOVÁ ZKOUŠKA .....	35
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	<b>39</b>
5.1 RELAXAČNÍ ZKOUŠKA .....	39
5.1.1 Výsledky relaxační zkoušky .....	39



5.2	TAHOVÁ ZKOUŠKA .....	42
<b>6</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>49</b>
6.1	POROVNÁNÍ RELAXAČNÍ A TAHOVÉ ZKOUŠKY .....	51
6.2	SROVNÁNÍ MĚŘÍCÍCH METOD .....	52
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>61</b>

## ÚVOD

Sýry představují velkou a relativně různorodou skupinu mléčných výrobků. V odborných zprávách bývá uváděno, že v současnosti existuje přes 3 000 druhů sýrů, ale vzhledem k vývoji není číslo konečné [5]. V České republice je sýrařství skutečně nejdynamičtěji se rozvíjejícím se mlékařským odvětvím. Výroba sýrů se před vstupem do Evropské unie pohybovala okolo 50 000 tun, avšak po vstupu České republiky do Evropské unie došlo v produkci sýrů ke značnému poklesu, z důvodu dovozu polotvrdých sýrů ze zahraničí [19].

V pevných potravinách je textura dominantou celkové jejich kvality. Textura přispívá také ke klasifikaci odrůd sýra, jejichž kategorie se pohybují od měkkých až velmi tvrdým. Počáteční proces vývoje tvrdých sýrů, struktury a textury je vytvoření soudržné síly mezi zrnem v průběhu a po výrobním procesu. Soudržnosti (z latinského cohaerere: držet spolu) je obecný termín označující fyzickou představu, že prvky hmoty drží pohromadě chemickými vazbami a mezimolekulárními silami [28].

Bakalářská práce je zaměřena na mechanické vlastnosti sýru eidamského typu. Teoretická část je zaměřena na fyzikální a chemické vlastnosti a také technologickou výrobu sýrů eidamského typu. V praktické části se zabývám relaxační a tahovou zkouškou v závislosti na době zrání.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 MLÉKO

Mléko a mléčné výrobky mají ve výživě člověka jedno z klíčových postavení a jsou součástí potravy člověka již několik tisíc let. Mléko je nenahraditelný pokrm kojenců, ale i důležitá strava pro dospívající, dospělé, staré a nemocné lidi. Mléko obsahuje bílkoviny, které zahrnují osm esenciálních aminokyselin, lehce stravitelný tuk, mléčný cukr (laktózu), všechny hlavní minerální látky a pro organismus důležité vitamíny rozpustné ve vodě i tuku. Je třeba upozornit hlavně na obsah vitamínů skupiny B a vitamínu A. Nejvíce je používáno mléko kravské. Mléko a mléčné výrobky mají ve výživě člověka zásadní postavení. Mlékem se nazývá tekutý sekret mléčné žlázy savců. V rozvinutých zemích tvoří 98% z vyrobeného mléka, v rozvojových zemích pouze 2/3, zbývající část tvoří mléka jiného původu – buvolí, ovčí, kozí nebo velbloudí [1,2,15].

### 1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti mléka

Krémový neprůhledný vzhled mléka způsobuje mléčný tuk, kasein a částečně nerozpustný  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Hustota mléka je průměrně  $1,03\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Čerstvé mléko je takřka neutrální, hodnota pH je v rozmezí 6,5 až 6,7. Pěnivost mléka souvisí s jeho nízkým povrchovým napětím a hromaděním bílkovin na rozhraní fáze mléko - vzduch. Schopnost vystupování smetany na povrch mléčného sloupce, je určena rozdílem hustoty mléčné plazmy ( $1,035\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) a mléčného tuku ( $0,93\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Srážení mléka při jeho kysnutí a při výrobě sýrů je typická vlastnost, která souvisí s jeho změnou stavu koloidního roztoku na sraženinu [7].

### 1.2 Celkové složení

V současné době je známo více jak 200 druhů různých složek mléka. Můžeme je rozdělit na původní složky (vznikly během látkové přeměny při mléčné sekreci) a nepůvodní složky mléka (dostaly se do mléka např. přes krevní oběh, stykem se zařízením či okolním prostředím). Původní složky se dále dělí na hlavní, ke kterým patří voda, bílkoviny, tuk a laktóza a na vedlejší, ke kterým patří např. některé soli (ve formě aniontů a kationtů), kyselina citronová, fosfolipidy, steroly, enzymy, vitamíny, plyny apod. Množství jednotlivých živin v mléce je značně proměnlivé. Závisí na dědičných vlastnostech plemene dojníc, na zdravotním stavu, na biologické hodnotě a množství krmiv, na době laktace a stáří dojníc. Kravské mléko obsahuje průměrně 88% vody a 12% sušiny. Průměrný obsah živin je uveden v tabulce 1 [1,15].

Tab. 1: Průměrný obsah jednotlivých živin v 1 litru kravského mléka [1].

Druh živin		Obsah živin v 1 l mléka
Bílkoviny	(g/l)	31 - 35
Esenciální aminokyseliny	(g/l)	1,3
Mléčný tuk	(g/l)	30 - 46
Mléčný cukr	(g/l)	45 - 50
Minerální látky	(g/l)	7
Vitamíny	(mg/l)	11,4 - 42,4

### 1.3 Složení kravského mléka

#### 1.3.1 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky mléka určují základní fyzikální a chemické vlastnosti mléka a některé z nich kromě nutriční hodnoty mají vysoce významné biologické funkce (imunoglobuliny, enzymy). Bílkoviny se běžně stanovují po spálení celého vzorku mléka podle Kjeldahla a zjištěný obsah dusíku se přepočte na bílkoviny násobením faktorem 6,38. Pro celé mléko je uváděn jako přesnější faktor 6,35, pro nutriční hodnocení bílkovin se používá obecný faktor 6,25. Bez ohledu na velikosti faktoru neurčuje výsledek, ale veškeré dusíkaté látky mléka, vyjádřené jako bílkoviny. Z veškerého dusíku v mléce je ale v bílkovinách obsaženo v ideálním případě pouze 93 až 95%, zbývajících 5 až 7% je obsaženo v nebílkovinných dusíkatých látkách. Proto se tato hodnota běžně označuje jako hrubá bílkovina. Obsah skutečných – čistých bílkovin je tedy nejméně o těchto 5 až 7 % nižší. Ve většině států však jsou běžně jako bílkoviny stanoveny hrubé bílkoviny, pouze ve Francii jsou sledovány jen čisté bílkoviny [2].

##### 1.3.1.1 Základní rozdělení dusíkatých látek mléka

- 1) Kasein – asi čtyři pětiny mléčných bílkovin tvoří kasein, který představuje směs 10 různých bílkovin. Jedná se o čtyři základní druhy fosfoproteinů, které jsou synteti-

zovány mléčnou žlázou a tvoří v mléce přežvýkavců převážnou část bílkovin. Kasein je možno z mléka vysrážet okyselením při pH 4,6 a teplotě 20 °C.

- 2) Syrovátkové bílkoviny – globulární bílkoviny, rozpustné při pH 4,6. Některé z nich jsou syntetizovány mléčnou žlázou. Tvoří asi 1/5 z obsahu čistých bílkovin.
- 3) Proteázy – peptony – tepelně stabilní fosfoproteiny, rozpustné při pH 4,6. Tvoří asi 2 až 6 % z čistých bílkovin.
- 4) Ostatní bílkoviny mléka – jedná se o řadu minoritních látek bílkovinné povahy (enzymů, lipoproteinů).
- 5) Nebílkovinné dusíkaté látky – jedná se o velký počet látek, obsahující dusík, které odpovídají 250 až 300mg dusíku v litru mléka [2,13].

### 1.3.2 Mléčný tuk

Mléčný tuk má velmi komplikované složení a strukturu. Základními složkami jsou: tri-, di- a monoacylglyceroly, volné mastné kyseliny, fosfolipidy, steroly, estery sterolů, uhlovodíky a v tuku rozpustné vitamíny. Z celkových lipidů mléka však kolem 98 % tvoří triacylglyceroly. Specifickou vlastností mléčných lipidů je, že převážná část se jich nachází v mléce ve formě tukových kuliček. Jejich počet v 1 ml mléka se pohybuje kolem hodnoty  $1,5$  až  $6 \cdot 10^{10}$  a průměr se může pohybovat v intervalu od 0,1 do 22  $\mu\text{m}$ . Malá část lipidů je vázána na kaseinových micelách a společně s kaseinem se sráží při kyselém srážení. Účelem této jemné disperze je udržet tuk v systému složek mléka a dále jeho snadná přístupnost enzymům trávicího traktu sajícího mláďate, ale i mikrobiálním enzymům, které mohou při silné kontaminaci mléka způsobovat rychlý rozklad tuku. Není-li mléko odpovídajícím způsobem vychlazeno, může dojít k rychlému rozkladu tuku působením přirozených popř. bakteriálních lipáz. Relativní množství volných mastných kyselin se mění v závislosti na druhu mléka, složení mléka a mikrobiologických a technologických procesech během výroby. Volné mastné kyseliny mohou dále způsobovat chuťové vady výrobků a můžou i negativně ovlivňovat růst bakterií mléčného kvašení. Zvýšení obsahu volných mastných kyselin v mléce v důsledku lipolýzy znehodnocuje mléko jako surovinu. Vznik technologických problémů při zpracování, sensorických vad mléčných výrobků, rychlejšího kažení a případně dietických rizik pro konzumenty [2,8,13].

### 1.3.3 Sacharidy

Hlavním zástupcem sacharidů v mléce je laktóza, což je disacharid D - glukosou a D - galaktózou spojenými  $\beta$  - glykosidovou vazbou, nacházející se v různém množství v mléce všech savců. Laktóza se vyskytuje specificky jen v mléce, proto je také nazývána mléčný cukr, a nebyla nalezena v žádných dalších tělních tekutinách ani orgánech živočišného organismu. Nejběžnějším způsobem jejího katabolického rozkladu je homo fermentativní mléčné kvašení, které se uskutečňuje po enzymové hydrolýze laktózy na glukosu a galaktózu. Disacharid laktóza je tvořen v mléčné žláze z krevní glukosy, galaktóza je tvořena až v mléčné žláze biochemickými procesy také z glukosy. Ve směsném mléce od zdravých a dobře krmených krav se její obsah pohybuje kolem 4,8 %. Laktóza je rozpuštěna v přítomné vodě, dodává mléku nasládlou chuť a s ostatními rozpustnými složkami působí osmotický tlak v mléce. Laktóza je substrátem pro rozvoj řady bakterií. V případě fermentovaných mléčných výrobků a sýrů je laktóza využívána bakteriemi mléčného kvašení k základním technologickým procesům [2,8,13].

### 1.3.4 Minerální látky

Minerální látky jsou v mléce přítomny v různé formě. Jednak jsou v mléčném séru v roztoku nebo koloidní formě a jednak jsou vázány na některé organické součásti mléka. Vzhledem k obtížnosti stanovení jednotlivých minerálních látek se obvykle provádí stanovení veškerých minerálních látek ve formě popelovin. Obsah popelovin v kravském mléce kolísá v intervalu od 6 do 8 g v litru. Množství minerálních látek, stanovených z popelovin, však nemusí být ve všech případech totožné s jejich skutečným obsahem v mléce. Dochází k rozkladu organických kyselin, přeměně kyselých solí, případně vytěkání některých sloučenin. Minerální látky jsou do mléka přenášeny z krve. Epitelové buňky mléčné žlázy mají schopnost shromažďovat minerální látky. Z technologického hlediska je nejvýznamnější obsah vápníku v mléce, protože aktivita  $\text{Ca}^{2+}$  významně ovlivňuje koloidní stabilitu kaseinu, tedy jednak termostabilitu mléka a jednak sladké srážení mléka a vlastnosti sýření při výrobě sýrů [2,13].

Tab. 2: Obsah hlavních minerálních látek v mléce [2].

Prvek	Obsah v mléce (g/l)	
	Průměrná hodnota	Interval
Ca	1,21	0,9 - 1,4
P	0,95	0,7 - 1,2
K	1,50	1,0 - 2,0
Na	0,47	0,3 - 0,7
Cl	1,03	0,8 - 1,4
Mg	0,12	0,05 - 0,24
S	0,32	0,2 - 0,4

### 1.3.5 Vitamíny

V mléce, jako prvotním a prakticky jediným zdroji potravy sajícího mláděte po narození jsou přítomny veškeré vitamíny, i když koncentrace některých je pouze minimální. Všeobecně však jsou u většiny vitaminů zvýšené hladiny v mlezivu. Významný vliv na obsah vitaminů hraje roční doba v souvislosti s výživou dojnic. V letním období, v době zeleného krmení a pastvy, obsahuje mléko více karotenů a vitaminu A, D a E. Pouze malé difference mezi letním a zimním mlékem pak byly pozorovány v obsahu vitaminů B skupiny a vitaminu C. Přehled o průměrném obsahu jednotlivých vitaminů v mléce udává tabulka Tab. 3 viz příloha [2].

### 1.3.6 Enzymy

V kravském mléce, jako biologické tekutině, byl detekován velký počet enzymů tzv. nativních enzymů. Řada z nich se podílí na přirozeném antibakteriálním systému mléka, některé však mohou katalyzovat též biochemické reakce, které vedou ke vzniku sensorických vad, případně i ke změně technologických vlastností. Enzymy jsou jednat syntetizovány v mléčné žláze, ale některé se dostávají do mléka z krve. Kromě nativních enzymů obsahuje nadojené mléko i mikrobiální enzymy pocházející z kontaminující mikroflóry (termore-



zistentní proteázy a lipázy psychrotrofní mikroorganismů). Výrazné zvýšení aktivity je u většiny enzymů zjišťováno v mlezivu. Záhřevem mléka dochází k denuraci a inaktivaci enzymů. Stanovování enzymů může být využíváno zejména k:

- rozlišení mlék jednotlivých savců, u kravského k odlišení zralého mléka od mleziva
- diagnostice zdravotního stavu mléčné žlázy
- zjištění hygieny získávání a ošetřování mléka
- hodnocení nebezpečí rozkladu jednotlivých složek mléka působením enzymů
- kontrole provedení tepelného ošetření [2,13].

### 1.3.7 Hormony

Žlázy s vnitřní sekrecí produkují chemické sloučeniny, které secernují do krve pro transport do různých cílových tkání. Sekrety těchto tkání hormony katalyzují a řídí rozmanité metabolické pochody v živém organismu. Přes rozličné účinky a různou specifitnost mají hormony mnoho společných charakteristik. Jsou potřebné ve velmi malém množství a nejsou během svého katalytického působení spotřebovávány. Všechny hormony, které jsou produkovány v těle (endogenní), nebo které byly dodány zvenčí (exogenní) jsou vylučovány mlékem, protože mléko je snadno přístupný substrát [2].

### 1.3.8 Plyny

Čerstvě nadojené mléko obsahuje průměrně 6 až 9 obj. % plynů, z nichž převážná část připadá na CO<sub>2</sub>. Část plynů se dostává do mléka až po styku se vzduchem. Kysličník uhlíčitý však pravděpodobně přechází do mléka z krve. Po určité době stání klesá množství rozpuštěných plynů v důsledku ustanovení rovnováhy mezi mlékem a ovzduším a dojde také i ke kvalitativním změnám (pokles CO<sub>2</sub>, zvýšení N<sub>2</sub>, a O<sub>2</sub>). Malé množství kyslíku stimuluje rozvoj aerobních mikroorganismů [2].

## 1.4 Senzorické vlastnosti mléka

K základním sensorickým vlastnostem mléka patří chuť, vůně, barva a konzistence.

- Chuť - sladkou chuť mléka způsobuje laktóza. Kromě laktózy se na výsledné chuti mléka částečně podílejí i mléčný tuk a fosfatidy. Negativně mohou chuť mléka některé látky z krmiva. Vzhledem k riziku přítomnosti patogenů, resp. podmíněné pa-

togenních mikroorganismů v syrovém mléce se chuť mléka smí zkoušet až po provedené pasteraci.

- Vůně - čerstvě nadojené mléko nemá zvláštní výraznou vůni. Mléko však velmi snadno přímá cizí pachy z vnějšího prostředí. Vůně mléka proto souvisí především se stupněm jeho znečištění. Z toho důvodu je třeba prostředí, ve kterém je mléko získáváno a uchováváno věnovat mimořádnou pozornost.
- Barva - Mléčný tuk ve formě tukových kuliček a částečně také kasein ve formě kaseinových micel podmiňují bílou až slabě krémovou neprůhlednou barvu mléka. Krémově žlutá barva je závislá na obsahu karotenů, rozpuštěných v mléčném tuku, částečně také ovlivněna riboflavinem.
- Konzistence - je způsobena především vysokým obsahem vody a homogenní strukturou mléka, ve které se nachází laktóza a část minerálních látek v roztoku, bílkoviny v koloidní fázi a pouze mléčný tuk v emulzní fázi [2].

## 1.5 Nutriční hodnoty mléka a sýrů

Z nutričního hlediska jsou nejcennější složkou mléka mléčné bílkoviny, které mají rovněž charakteristické imunologické vlastnosti. Předností mléčných bílkovin je jejich vysoká biologická hodnota, jež je dána obsahem velkého množství exogenních esenciálních aminokyselin. Kravské mléko obsahuje 3 - 3,5 % hm plnohodnotných bílkovin. V lidském organismu hrají bílkoviny důležitou roli, při tvorbě buněk a tkání, při tvorbě biologicky aktivních látek, enzymů a hormonů. Koloidní stav bílkovin umožňuje jejich snadnou přístupnost a stravitelnost pro proteolytické enzymy. Kasein je stravitelný v organismu z 95 % a syrovátkové bílkoviny z 97 %. Nutriční hodnota bílkovin se zvyšuje díky vazbám mléčných bílkovin s vitamíny, zejména vitamíny skupiny B, dále minerálními látkami a rovněž s lipidy, jež zlepšují stravitelnost jednotlivých aminokyselin v organismu. Nutriční hodnota mléčných lipidů je dána přítomností celé řady nasycených a nenasycených mastných kyselin a fosfolipidů. Zvláště cenná je přítomnost esenciálních mastných kyselin (linolová, linolenová, arachidonová), jež v důsledku své chemické aktivity mají důležitou úlohu v procesech látkové výměny. Účastní se např. vnitrobuněčné výměny, jsou složkou nervových buněk, regulují hladinu cholesterolu v krvi. Obsah tuku, který udává ve značně míře energetickou hodnotu mléka, se obvykle upravuje v konzumním mléce na 3,5 %hm. Laktóza je charakteristickým sacharidem mléka. Je zdrojem energie důležité pro práci srd-

ce, ledvin a jater, je součástí buněk, koenzymů, vitamínů, účastní se syntézy bílkovin a tuků, má důležitý význam při vnitrobuněčné výměně. Ve střevech se rozkládá na kyselinu mléčnou, je růstovým faktorem řady mikroorganismů a inhibuje rozvoj hnilobných procesů. Na příjmu sacharidů se mléko a mléčné výrobky podílejí pouze 5 - 6 %. Mléko a mléčné výrobky jsou vynikajícím zdrojem vápníku a fosforu. Jsou to dva hlavní prvky významné pro tvorbu kostí a zubů. Mléko obsahuje téměř všechny vitamíny, které jsou potřebné pro zdraví člověka a které se mají nacházet ve správné výživě. Pro denní výživu dospělého z hlediska příjmu aminokyselin a vápníku by postačovala spotřeba 100 g tvrdého sýra ementálského typu, z hlediska některých aminokyselin pouze 50 g. Zpravidla jsou sýry bohatší na bílkoviny než maso a zejména masné výrobky. Výhodou je i to, že sýry neobsahují purinové báze jako maso, což je možno vyhodnotit při prevenci onemocnění dnou [8,16].

U zrajících sýrů je prakticky veškerá laktóza přeměněna na kyselinu mléčnou. Tato kyselina má z hlediska výživy mimořádný význam. Již v samotném sýru brzdí rozvoj nežádoucí hnilobné mikroflóry, působí jako přirozený konzervační prostředek bez jakýchkoliv vedlejších účinků. Obdobně pak působí v celém zažívacím traktu, zejména pak v tlustém střevě, které chrání před negativním působením hnilobné mikroflóry. Celkově okyseluje prostředí trávicího traktu a u zdravých lidí tím usnadňuje trávení. Konzumace sýrů se doporučuje při poškození jater, protože vysoce hodnotné bílkoviny jsou lehce stravitelné a podporují obnovu poškozených jaterních buněk. Rovněž napomáhá organismu překonat oslabení po nedostatečné výživě nebo horečkách [5,20].

## 2 SÝRY EIDAMSKÉHO TYPU

Tento sýr získal, svůj název od přístavního městečka Edam am Ijseelmeer v severním Holandsku, kde se vyráběl již ve 14. století. Edam obsahuje minimálně 40 % tuku v sušině, těsto je zlatožluté s malým počtem menších oček. Tradiční sýr má kulatý tvar nahoře a dole lehce zploštělý [10,14].

### 2.1 Mléko na výrobu sýrů

Mléko pro výrobu sýrů musí odpovídat požadavkům vyhlášky 287/1999 Sb. Po mikrobiální stránce jsou vhodné CPM do 50 000 až 100 000 ml s převahou kyselinotvorných bakterií, malá množství koliformních bakterií a co nejmenší počet sporotvorných bakterií. Nežádoucí jsou psychrotrofní mikroorganismy. Mléko se musí dobře srážet a pocházet od zdravých, dobře živěných dojnic. Mléko s nevhodným složením je často zapříčiněné zápaly vemena dojnic, má snížený obsah kaseinu, kyseliny fosforečné a vápníku [6,7].

Mléko musí odpovídat speciálním požadavkům. Jedná se o syřitelnost mléka, prokysávací schopnost a mikrobiologickou čistotu. Syřitelnost mléka je schopnost srážet se syřidlem a tvořit sýřinu požadovaných vlastností. Syřitelnost je v první řadě podmíněna obsahem vápníku v mléce, zejména jeho ionizované formy, množství kaseinové micely, hodnotou pH. Vlivem změn složení mléka, zejména při zánětech mléčné žlázy, nevhodné výživě, případně metabolických poruchách se výrazně zhoršuje syřitelnost, tvoří se málo kompaktní křehká sraženina, takže značné množství sýřeniny i tuku odchází do syrovátky a vytvořené sýry mají nízkou sušinu. Pro výrobu sýrů je stejně tak nevhodné i mléko získané na počátku a konci laktace. Syřitelnost mléka je také značně ovlivněna teplotou skladování mléka po nadojení. Jestliže je mléko dlouhodobě skladováno při teplotě do 4°C, nebo dojde dokonce k jeho zmrznutí, změní se zastoupení jednotlivých forem vápníků a fosforu v mléce, dojde ke zvýšení pH mléka, změnám ve struktuře kaseinových micel, ke značnému prodloužení doby srážení mléka syřidlem a tvorbě velmi křehké sýřeniny, špatně oddělující syrovátku. Zhoršuje se také výtěžnost. Prokysávací schopnost je rozhodující kritérium, zda v mléce bude zajištěn dobrý růst přídavných ČMK potřebných pro zdárný průběh všech mikrobiologických procesů. Významnou roli ovlivňující kvasnost mléka hraje pH mléka, zastoupení vitamínů a minerálních látek. Mikrobiologická čistota mléka pro výrobu sýrů by měla být co nejlepší. Nejdůležitější není jen nízký celkový počet mikroorganismů, ale

zejména nepřítomnost bakterií máselného kvašení, hnilobných a plynotvorných bakterií. Významnou roli v tomto případě hraje především jakost krmiva. Zejména nekvalitní siláže obsahují velké množství bakterií máselného kvašení [4,9].

Základní ošetření mléka představuje filtraci nebo centrifugaci a další operace, jako je termínace, pasterace, baktofugace, mikrofiltrace, přidavek dusičnanu draselného, lysozymu a dalších antibakteriálních látek, které ovlivňují mikroflóru a enzymy přítomné v mléce [13].

## 2.2 Rozdělení sýrů

Sýry je možné dělit podle řady hledisek:

a) Podle použité suroviny se sýry dělí:

- 1) Přírodní sýry, vyráběny přímo z mléka
- 2) Tavené sýry, vyráběny dalším zpracováním přírodních sýrů
- 3) Sýry, ve kterých je mléčný tuk nahrazen rostlinnými tuky
- 4) Imitace sýrů, které jsou připravovány rekonstitucí jednotlivých složek mléka

b) Podle druhu použitého mléka se sýry dělí:

- 1) Kravské
- 2) Ovčí
- 3) Kozí

c) Podle obsahu sušiny se sýry dělí:

- 1) Tvrdé (obsah vody nejvýše 45%)
- 2) Měkké (obsah vody nad 45%)

d) Podle procentického obsahu tuku v sušině se sýry dělí:

- 1) Vysokotučné (nad 60%tuku)
- 2) Plnotučné (45 – 60%)
- 3) Polotučné (25 – 45%)
- 4) Nízkotučné (10 – 25%)
- 5) Odtučněné (pod 10%)

e) Podle obsahu vody v tukuprosté sušině se sýry dělí:

- 1) Měkké (nejméně 67%)
- 2) Polotvrdé (54 – 69%)
- 3) Tvrdé (49 – 56%)

- 4) Extra tvrdé (méně než 51%)
- f) Podle způsobu srážení mléka:
  - 1) Kyselé sýry - uplatňuje pouze kyselé srážení (tvaroh, Olomoucké tvarůžky)
  - 2) Sladké sýry – uplatňuje se jen působení syřidla. Srážení je relativně rychlé a prokysává působením mikroorganismů probíhá převážně až při dalším zpracování sýřeniny (polotvrdé a tvrdé sýry)
  - 3) Sýry se smíšeným srážením mléka s vlivem kyseliny mléčné a syřidlem tato skupina je zahrnována mezi sladké sýry (měkké sýry, tvarohy)
- g) Podle způsobu zrání se sýry dělí:
  - 1) Čerstvé sýry včetně tvarohů
  - 2) Sýry zrající v celé hmotě
  - 3) Sýry zrající od povrchu do vnitřní hmoty sýra (sýry s mazem a plísní na povrchu)
  - 4) Sýry s plísní uvnitř těsta a speciality s plísní na povrchu i uvnitř těsta [4].

## 2.3 Technologie výroby sýrů

### 2.3.1 Syřidla a syřidlové preparát

Mléko se sráží buď vlivem kyseliny mléčné vytvořené z laktózy mléčnou fermentací, nebo pomocí syřidel. Jako syřidla se používají proteolytické enzymy s optimem působení v kyselé oblasti. Hlavním požadavkem na syřidlové enzymy je úzká substrátová specifita a vysoká schopnost koagulace sladkého mléka. Převážně se používala chymosinová syřidla získávána extrakcí z telecích slezů sajících telat, která byla v důsledku nedostatku výchozích surovin nahrazena jinými typy proteináz živočišného a mikrobiálního původu. Z živočišných syřidel se používají hovězí a vepřový pepsin. V praxi se kombinuje s chymozinem. Zdroje základních proteáz v syřidlech jsou uvedeny v Tab. 4 viz příloha [4,7,9,12].

### 2.3.2 Tepelné ošetření mléka (Pasterace)

Cílem tepelného ošetření mléka pro výrobu mléčných výrobků je především zničení maximálního množství mikroorganismů syrového mléka, maximální inaktivace mikrobiálních i nativních enzymů a bakteriofágů. Pasterace mléka pro výrobu tvrdých sýrů je šetrná, pro sýry s nejvyšší požadovanou sušinou (ementálského typu) jsou používány teploty 71 – 72 °C po dobu 16 s. Pro sýry s nízkou dohřívanou sýřeninou je možné použít teploty 75 – 78

°C. Se zvyšující se pasterační teplotou dochází ke zvýšené denuraci sérových bílkovin, které neodchází do sýřeniny. Zvyšuje se výtěžnost, ale následně i vazba vody. Může tedy dojít ke snižování sušiny sýrů a ke zhoršení jejich jakosti albumin a globulin zadržují větší podíl vody, která se již následnými zásahy bez újmy na jakosti sýra nedá odstranit [1,4,8,9].

### 2.3.3 Úprava mléka před sýřením

Každý druh sýra má předepsaný obsah sušiny, tuku, resp. tuku v sušině. Z toho důvodu je nutné standardizovat obsah tuku v mléce v závislosti na obsahu kaseinu, aby bylo dosaženo požadovaného tuku v sušině. Homogenizace tuku snižuje jeho ztráty do syrovátky a zvyšuje výtěžnost a také kvalitu sýrů. Mléko pro výrobu sýrů je pasterováno převážně šetrně, přesto dochází ke změnám v poměru koloidní a rozpustné formy vápníku a zhoršení syřitelnosti mléka. Proto je k obnovení syřitelnosti do mléka přidáván rozpustný vápník, nejčastěji ve formě chloridu vápenatého. Obvyklý přídavek činí 20 g chloridu vápenatého na 100 l mléka. Při vyšší dávce dochází k hořknutí sýrů. Přídavek čistých kultur do mléka před sýřením je nutnou podmínkou zdárného průběhu celého technologického procesu. Snižování kyselosti mléka před sýřením ovlivňuje rychlost sýření, jeho průběh, kvalitu sýřeniny i zrání sýrů. Mezi primární kultury, které zajišťují prokysání mléka i sýrů a uvolňují enzymy, které se podílejí na tvorbě chuti a vůně v průběhu zrání sýrů, patří především bakterie rodu *Lactococcus*, *Lactobacillus* a *Streptococcus*. U tvrdých sýrů se používají sekundární kultury *Lbc. helveticus* a *Lbc. casei* [1,4,9,12].

### 2.3.4 Sýření mléka

Ke srážení mléka může dojít působením kyseliny mléčné (při pH mléka 4,2 – 4,6 odpovídajícímu izoelektrickému bodu kaseinu) nebo působením syřidlového enzymu vhodným spolupůsobením čistých kultur produkujících kyselinu mléčnou (pH 6,2 – 6,5). Podle způsobu srážení a kyselosti sýřeného mléka se liší obsah vápníku v sýřenině. Optimální podmínky kyselého srážení kaseinu jsou při pH 4,2 – 4,6 a teplotě 35 – 40 °C. Zvýšením teplot zahřevem mléka na 85 – 95 °C se sráží s kaseinem sérové bílkoviny [1,4].

I. fáze - účinek syřidla spočívá v působení proteolytických enzymů na kasein. Účinkem syřidla dochází k destabilizaci kaseinových micel hydrolýzou  $\kappa$  - kaseinu na para -  $\kappa$  -

kasein. V této fázi je hydrolyzováno 80 - 90 % veškerého  $\kappa$  - kaseinu. Poklesem náboje micel se micely spojují.

II. fáze - dochází za přispění Ca iontů k agregaci parakaseinových micel a synerézi. Syneréza je smršťování gelu sýřeniny za současného uvolňování syrovátky.

III. fáze - působení syřidlového enzymu se uplatňuje při proteolytickém zrání sýrů. Tuto fázi však musí zásadně ovlivňovat enzymy ČMK odpovídající druhu sýra [1,4,11].

### 2.3.5 Zpracování sýřeniny, formování, lisování

Zpracování sýřeniny zahrnuje řadu operací podle jednotlivých typů sýrů zajišťující tvorbu sýrového zrna vhodného pro následné formování. U tvrdých sýrů je zpracování náročné, vyžaduje vlastní krájení tzv. sýrařskými harfami, odpouštění syrovátky s případným napouštěním prací vody, přihřívání a dosoušení. U všech druhů sýrů je rozhodující dodržování standardního časového harmonogramu zpracování včetně průběhu teplotní a kyselostní křivky. Na těchto parametrech spočívá předpoklad dobré a vyrovnané kvality sýrů po uzrání [1,4,5,7].

Tab. 5: Srovnání časového harmonogramu při zpracování sýřeniny na výrobu sýrů [1,4].

Technologické operace	Měkké sýry	Eidamské sýry
Sýření	40 min	30 min
Krájení	15 min	15 min
Odpouštění syrovátky	-	5 min
Míchání	10 min	15 min
Přídavek vody	-	15 min
Dosoušení	-	60 min
Celkem zpracování	65 min	140 min
Vypouštění	10 min	10 min

V případě eidamského sýra se vyrobí finální výrobek o sušině 58 %, tuku v sušině 45 %. Sýřící teploty jsou stejné 32 °C, u tvrdého sýra se dohřívá na 39 – 40 °C. Vlastní charakter



sýra je ovlivněn způsobem zpracování sýřeniny. Lisování pak dokončuje tyto operace oddělení syrovátky a tvarování sýrů. Praní zrna u eidamských sýrů reguluje obsah laktózy a kyselost sýra. Teplota prací vody ovlivňuje průběh syneréze sýrového zrna. Stahování sýřeniny (syneréze) vyplývá z dehydratace kaseinu a umožňuje oddělení syrovátky kromě vázané a kapilární vody. Velikost sýrového zrna a jeho tuhost při krájení a zejména vypouštění je dána typem sýra a mechanizačním postupem. Tvrdé sýry mají velikost zrna několik milimetrů [1,4].

Formování sýrů odpovídá požadovanému typu a tvaru sýra. Platí zásada, že vytužené zrno musí být co nejrychleji taveno tak, aby zpracování jednotlivých výrobních šarží bylo zajištěno v průběhu cca 10 minut. Formování se provádí ve speciálních tvořítkách, která jsou nejčastěji kovová nebo plastová různého tvaru a velikosti. Jejich plášť je perforovaný k usnadnění odtoku syrovátky. Do tvořítka se sýřenina nalévá společně se syrovátkou nebo po odtoku syrovátky mimo tvořítka se sýřeniny promíchá nebo se pokrájí a plní do tvoříttek. Konečný tvar a sušinu získávají sýry pod tlakem vytvořeným vlastní hmotností. Lisováním se sýry zbavují syrovátky rychleji. Počáteční tlak se volí menší, aby nedošlo k vytvoření silné kůry, která by bránila dalšímu odtoku syrovátky. Lisování se používá především u tvrdých sýrů (eidamská cihla). Při formování sýrů je důležité, aby teplota v místnosti byla udržována podle druhu vyráběného sýra, protože současně s odkapáváním a lisováním dochází v sýrech k mléčnému kysání [1,4,9].

### 2.3.6 Solení sýrů

Solení sýrů je nezbytná operace všech druhů tvarovaných a zrajících sýrů. Solení zpevňuje povrch sýra, reguluje obsah vody v těstě sýra, což má návaznost na konzistenci těsta a mikroflóru, průběh kysání a zrání. Sýry se převážně solí v solné lázni. Koncentrace je 16 – 23 % NaCl, teplota 10 – 15 °C a kyselost se volí podle druhu vyráběného sýra. Solení sýrů probíhá v časovém intervalu několika hodin až dnů (5 dní). V průběhu solení dochází k difúzi NaCl dovnitř sýra a do solné lázně přechází část syrovátky a rozpustných solí. Po vysolení se sýry ponechají 1 – 2 dny oschnout a balí se do expedičních obalů (čerstvé sýry) nebo do obalů, ve kterých i zrají, případně se bez obalů dopravují do zracích sklepů [1,4,11,12,14].

### 2.3.7 Zrání sýrů

Zrání popisujeme jako veškeré biochemické procesy probíhající v sýrech působením mikrobiálních enzymů a syřidlových enzymů. Zrání sýrů ovlivňuje vzhled, chuť, vůni a konzistenci sýra. U všech druhů sýrů je základním požadavkem dosáhnout potřebného průběhu mléčného kvašení (zkvašování laktózy) kontrolovaného průběhem kyselostní křivky. Během 24 hod. je nutno dosáhnout požadované hranice kyselosti u tvrdých sýrů pH 5,1 – 5,2. Rovněž kyselost vyjádřená SH musí dosáhnout nejvyšší hodnoty (80 – 90 SH průměrné podle sušiny a tuku v sušině). Biochemické procesy probíhající v sýrech se rozdělují do tří základních fází, které na sebe plynule navazují [4,8].

- 1) První fáze: Dochází k rozkladu laktózy bakteriemi mléčného kysání za vzniku kyseliny mléčné. Hlavní rozklad laktózy nastává v průběhu formování sýrů, během odkapávání a lisování sýrů je nejintenzivnější. Pokud není dokysávání dokončeno při lisování, sýry se ukládají po vyjmutí z tvořitek na police do temperované místnosti k dokysání, které bývá dokončeno do 20- 24 hodin. Při dokysávání sýrů v průběhu solení se používá solná lázeň o vyšší teplotě. K úplnému vymizení laktózy dochází u tvrdých sýrů v prvních dnech zrání.
- 2) Sekundární fáze: Dochází ke snížení kyselosti sýra vazbou kyseliny mléčné a jejím mikrobiologickým rozkladem na kyselinu propionovou, CO<sub>2</sub> a vodu. Její vazbou vznikají rozkladné produkty bílkovin. Podle typu sýra dochází k mikrobiologickému rozkladu kyseliny mléčné v celé hmotě.
- 3) Třetí fáze: Probíhá proteolýza bílkovin a to anaerobně v celé hmotě nebo aerobně od povrchu dovnitř. V průběhu zrání dochází k rozkladu mléčných bílkovin. Působením proteolytických enzymů čistých kultur a syřidla se vytváří peptidy o vysoké molekulové hmotnosti. Vysokomolekulární peptidy jsou dále hydrolyzovány na peptidy s nízkou molekulovou hmotností (6 – 15 reziduí aminokyselin) a další proteolýzou vznikají ještě kratší peptidy, dipeptidy, aminokyseliny, případně jsou i aminokyseliny dále degradovány až na amoniak a vodu [1,4].

Zrání sýrů probíhá ve zracích sklepích, kde jsou vytvořeny optimální podmínky teploty a relativní vlhkosti. Ve sklepích se sýry ukládají na policích nebo zrají rovnou v přepravních paletách. Během zrání se musí ošetřovat (umývání sýrů, obracení). Některé sýry zrají v obalech, které současně slouží i jako expediční obal, nebo pod nátěrem. Tím se snižuje

pracnost při ošetřování a také ztráty během zrání. Doba zrání sýrů se pohybuje od 24 hodin (čerstvé solené sýry), po dobu několika dnů (Romadúr, Hermelín), týdnů (Niva) až měsíců (Ementál, Čedar). Zralé sýry se označují etiketami, na kterých musí být vedle názvu sýra a výrobce uvedeny i další hodnoty, zejména obsah tuku a sušiny a datum vyskladnění. Dále se sýry ukládají do transportních obalů, nejčastěji kartonů. Je nutno je dále skladovat při teplotě 10 °C, záruční doba bývá uváděna až dva měsíce, při vhodném skladování může být i delší [5,9].

U všech sýrů, polotvrdých a tvrdých, je velmi důležitá jejich zralost. Test Eidamů z roku 2005 odhalil, že řada sýrů nabízených českým spotřebitelům není dostatečně prozralá. Nemohou pak chutnat jako sýry se správnou zralostí. Polotvrdé sýry se často distribuují do obchodů v době, kdy ještě nejsou dostatečně zralé, z důvodu uspokojení velké poptávky zákazníků. V distribuční síti a u spotřebitelů jsou produkty skladovány za chladírenských teplot ( 4 - 8°C), které jsou však významně nižší než skladovací podmínky. Následná nižší teplota skladování pak může zpomalit zrací procesy a tím ovlivnit organoleptické vlastnosti produktu [19].

## 2.4 Charakteristika tvrdých sýrů

### 2.4.1 Tvrdé sýry

#### 2.4.1.1 Tvrdé sýry s nízkou dohříváním syřeninou

Podle vyhlášky ministerstva zemědělství se sýr označuje jako mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, prokysáním a oddělením podílu syrovátky. Principem je oddělení určitého podílu syrovátky ze sraženiny mléka stanovené tučnosti. Z nutričního hlediska jsou sýry plnohodnotnými výrobky obsahující všechny esenciální aminokyseliny. Zdrojem využitelné energie jsou bílkoviny a mléčný tuk. Laktóza z mléka jako suroviny je obsažena v malém množství a většinou je převedena na kyselinu mléčnou a produkty kvašení. Významný je obsah vápníku ve výrobcích, jehož množství se liší podle typu výrobku. Čím je menší vliv mléčného kysání při zpracování syřeniny a větší vliv enzymatického srážení, tím vyšší je obsah vápníku ve výrobku [1,3].

Typické pro tuto skupinu sýrů je dohřívání a dosoušení sýřeniny při teplotě 34 až 42 °C. Podstatným parametrem výroby je tzv. praní zrna za účelem snížení obsahu laktózy. Sýřenina se s prací vodou přehřívá na 35 - 40 °C. Tato operace má výrazný vliv na zrání a jakost finálního výrobku. Sýry jsou vyráběny ve tvaru bochníku, cihly, koule nebo bloku obvykle s obsahem sušiny 43 až 60 %, obsahem tuku v sušině 20 až 60 % a obsahem soli 1,5 až 3,5 %. Mají jemnou sýrovou slabě nakyslou chuť a typickou vůni. Kyselější bývají sýry nedostatečně prozrálé, ostřejší až štiplavou chuť mohou mít sýry příliš zralé, nebo při použití méně vhodného mléka, nebo i nevhodné mikrobiální kultury. Existuje celá řada možných závad, způsobených nevhodnou technologií, nebo nekvalitními surovinami. Konzistence těchto sýrů je měkčí, pružná, celistvá, soudržná. Na řezu může být jedna, nebo několik málo pravidelných kulovitých děrek velikosti hrášku, sýr nemá mít trhliny, nebo nepravidelné početnější otvory, je možno tolerovat několik menších nepravidelných oček blízko povrchu sýra, které bývají způsobeny pouze drobnou závadou v průběhu lisování. Sýr nesmí v žádném případě uvolňovat syrovátku, silněji páchnout, mít výrazně nepravidelný tvar a podobně. Do této skupiny sýrů zařazujeme sýry holandského typu (podle původu v holandských městech Edam a Gouda). V ČR je vyráběn sýr s označením Eidamská (holandská) cihla. Zrání u většiny těchto sýrů probíhá při teplotách 6 – 12 °C a relativní vlhkostí vzduchu okolo 80 % podle velikosti sýra 4 – 8 týdnů i déle. Pokud sýry zrají v obalech z plastických hmot, není nutno sýry ošetřovat ani obracet, postačuje kontrola průběhu zrání a jejich jakosti [1,5,9,11].

## 2.5 Mechanické a texturní vlastnosti potravin

Mechanické vlastnosti se dotýkají působení vnějších sil na materiál. Základní mechanické vlastnosti:

- pevnost – strukturní odolnost materiálu vůči působení vnějších sil.
- poddajnost – schopnost materiálu deformovat se.
- pružnost – elasticita – schopnost materiálu po skončení působení vnějších sil vrátit se do původního tvaru.
- viskoelasticita – schopnost materiálu vracet se do původního tvaru s časovým zpožděním, deformace je částečně nevratná.
- tvárnost – plasticita – opak elasticity – schopnost materiálu uchovat si deformaci [6,17].

Texturní vlastnosti potravin jsou prioritně sledovány jako ukazatel kvality potravin pro spotřebitele, významné jsou také při uskladnění potravin (sledování změn texturních vlastností ovoce při skladování nebo u zrání sýrů), významné jsou i u zhodnocení odolnosti produktů proti mechanickým účinkům (poškození potravin při dopravě popř. při manipulaci – poškození hlíz brambor, otlučení ovoce při sklizni). Složky texturních vlastností potravin se rozdělují do čtyř základních skupin.

- Geometrickými složkami bývají nazývány složky vztahující se k rozměru, tvaru a uspořádání částic výrobku. Konzumentem jsou vnímány zrakem popř. v ústech – jedná se například o velikost a tvar částic.
- Povrchovými složkami textury se rozumí požitky vyvolávané vlhkostí potravin popř. obsahem tuku. Prakticky si je lze představit jako přilnavost – přilnavost taveného sýru na hliníkový obal, lepivost medu, vlhkost, tučnost.
- Mechanické složky textury potravin, které se vztahují k reakci potravin na silové působení – např. na deformaci. Mechanické složky textury jsou hodnoceny při manipulaci s potravinami – při krájení potravin a roztírání [30,31].

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo sledovat změny texturních vlastností, tvrdosti a elasticity během doby zrání v přírodním sýru eidamského typu.

Pro vypracování bakalářské práce bylo důležité řešit následující dílčí úkoly:

- zpracovat rešerši o chemických vlastnostech, nutričních hodnotách a výrobě sýrů nízko dohřívaného typu
- s postupnou dobou zrání byla sledována změna textury a mechanické vlastnosti sýru
- na základě teoretické části a výsledků praktické části formulovat výsledky

## 4 MATERIÁL A METODIKA

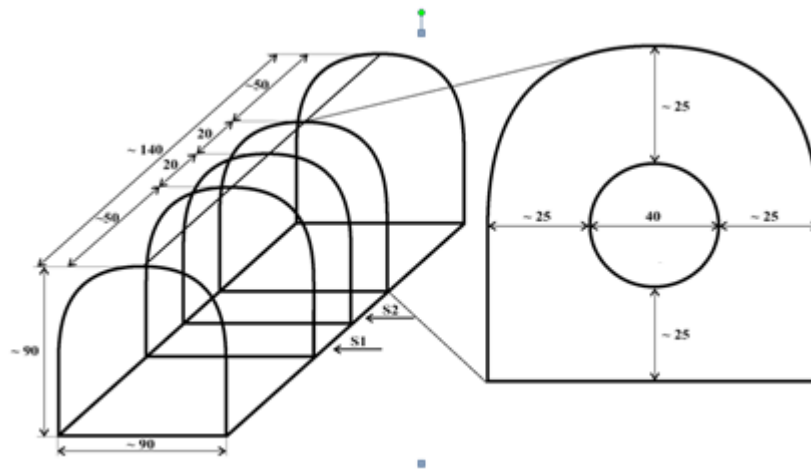
### 4.1 Eidamská cihla

Vzorky byly odebrány z eidamské cihly, která byla vyrobena standardním způsobem v průmyslové výrobě. Mléko bylo upraveno na tučnost 30% smícháním pasterovaného plnotučného mléka a pasterovaného odstředěného mléka. Byl přidán smetanový zákys a nastává doba prokysání. Po uplynutí této doby byly ke směsi přidány přídatné látky - nasycený roztok chloridu vápenatého, dusičnan sodný a barviva. Poté bylo do mléka přidáno syřidlo. Po přidavku syřidla byla směs uvedena do klidu a určitou dobu musela stát. Následovalo zpracování sýřeniny, krájení, drobení, přehřívání, dosušování a mletí. Poté bylo zrno vypuštěno do lisovací vany, kde bylo nejdříve pomocí nižšího tlaku lisováno. Poté se tlak se postupně zvyšuje. Cihly byly vloženy do solné lázně třetí den. Následně byly okapány a baleny do spotřebitelských obalů a uloženy do zracích sklepů při teplotě  $10 \pm 2$  °C a relativní vlhkosti 90%.

### 4.2 Relaxační zkouška

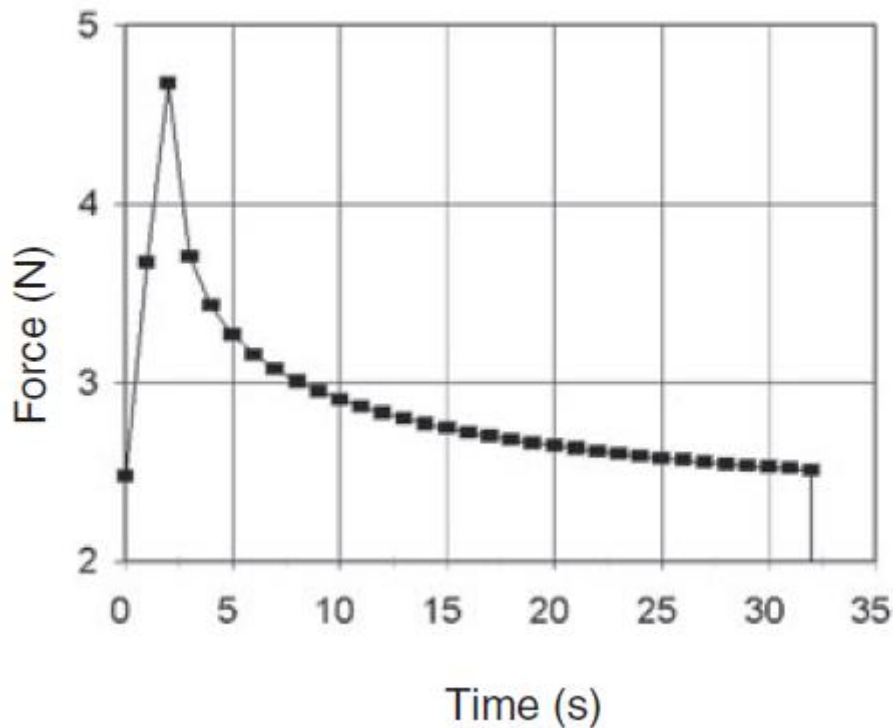
Pro experiment bylo vyrobeno 14 šarží eidamských cihel, které byly skladovány ve zracím sklepě při teplotě  $10 \pm 2$  °C v kryovakové fólii. Cihly byly odebírány postupně. Ve dnech 0, 3, 7, 14, 28, 42, 56 bylo prováděno hodnocení texturních parametrů. Den 0 označuje vzorky, které byly odebrány ještě před vstupem do solící lázně. Pro měření byly odebrány vždy 2 cihly a byly analyzovány 4 vzorky ve tvaru válečku. Pro měření byl z eidamské cihly používán jen střed, proto docházelo k úpravě a to tak že cihla byla rozkrojena na dvě části a z každé strany byly odkrojeny 2 pláty silné 20 mm. Z plátů ze středové části byl vykrojen váleček o rozměrech 40 mm v průměru a 20 mm výšky. Odběr je znázorněn na Obr. 1.





Obr. 1: Schéma znázornění odběru [29].

Po texturní analýze byl použit analyzátor TAXT Plus (Stable Micro Systém, V. B.) vybavený 30 kg měřicí celou. Vzorky byly před měřením temperovány 3 hodiny při teplotě 20 °C. Připravený vzorek o průměru 40 mm a výšce 20 mm, byl vložen mezi desky přístroje a stlačen o 20% (z původní výšky vzorku) [21]. Desky se posouvaly rychlostí 1 mm\*s<sup>-1</sup>. Pro přesnější texturní analýzu se používaly relaxační testy. Používala se sonda o průměru 5 mm (P/50). Sonda byla držena v pozici 300 s a byly zaznamenávány hodnoty, které se zapisovaly do zátěžové křivky, na které je znázorněna závislost síly Ft (N) na čase t (s) viz Obr. 2. Ze zátěžové křivky byla odečtena maximální síla F max. (N), která je ukazatelem tvrdosti (pevnosti) [22, 23].



Obr. 2: Typická zátěžová křivka závislosti síly  $F_t$  na čase  $t$  získaná z relaxačního testu [25].

Data z relaxačního testu byly použity k matematické analýze, kde se použije jen část křivky počínaje silou  $F$  (max.) a okamžikem vytažení sondy ze vzorku s využitím Pelegova modelu [24, 25]. Hodnoty síly  $F$  v čase  $t$  byly normalizované podle vztahu:

$$Y_t = \frac{F_{\max} - F_t}{F_{\max}}$$

Normalizovaná zátěžová křivka se převede do vztahu:

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

parametr  $a$  jsou zbytkové hodnoty  $Y(\infty)$ . Je-li  $a = 0$ , napětí nerelaxuje (ideálně elastické pevné látky) a jeli  $a = 1$  napětí může dosáhnout nuly (kapaliny). Parametr  $b$  je počáteční

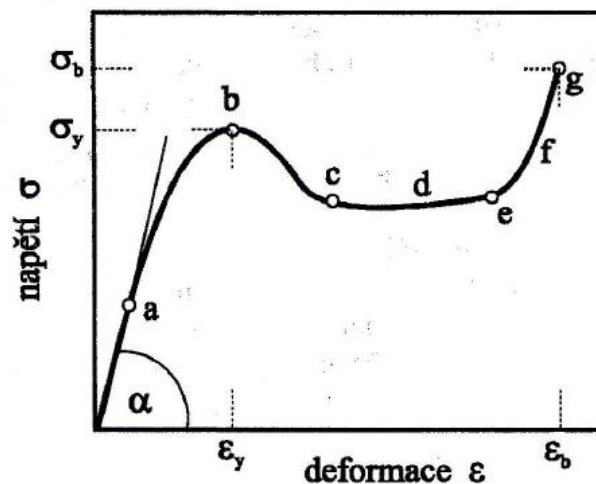
rychlost, v které napětí relaxuje, jeli  $b = 0$  napětí se neuvolní (ideálně elastické pevné látky). Pro výpočet parametrů  $a$  a  $b$  byl použit statistický software Unistat 5.5 [24, 25].

### 4.3 Tahová zkouška

Zkouška v tahu hodnotí pevnost. Materiál je namáhán silou tak, že dojde k jeho porušení. Kdyby byl materiál izotropní (v reálu nenastává), bylo by napětí rovnoměrně rozložené v celém průřezu vzorku.

Průběh zkoušky charakterizuje tahová křivka Obr. 3 (závislost působícího napětí na deformaci). Při působení síly  $F$  na vzorek o průřezu  $S$  bude osově napětí  $\sigma = (dF / dS)$ . Průřez tělesa se při zkoušce mění až do okamžiku vzniku rovnováhy mezi deformací a napětím. Při dalším působení síly se těleso přetrhne. Rovněž dochází k prodlužování tělesa z původní délky  $l_0$  na  $l$  což vyjádříme jako relativní prodloužení  $\varepsilon = (l - l_0) / l_0 = \Delta l / l_0$ .

V lineární části tahové křivky platí Hookův zákon - deformace je přímo úměrná síle, konstantou úměrnosti je Youngův modul pružnosti v tahu  $E$ :  $E = \sigma / \varepsilon$ .



Obr. 3: Diagram zkoušky tahem [27].

Lineární oblast křivky (do bodu  $a$ ) popisuje Hookův zákon a charakterizuje elasticitu (pružnost), tedy schopnost látky deformovat se vratně. Oblast nelineární elasticity (mezi body  $a$  a  $b$ ) říká, že část deformace je po odlehčení nevratná. Do bodu meze kluzu nedochází u materiálu ke změně struktury. Po dosažení a překročení meze kluzu (bod  $b$ ) materi-

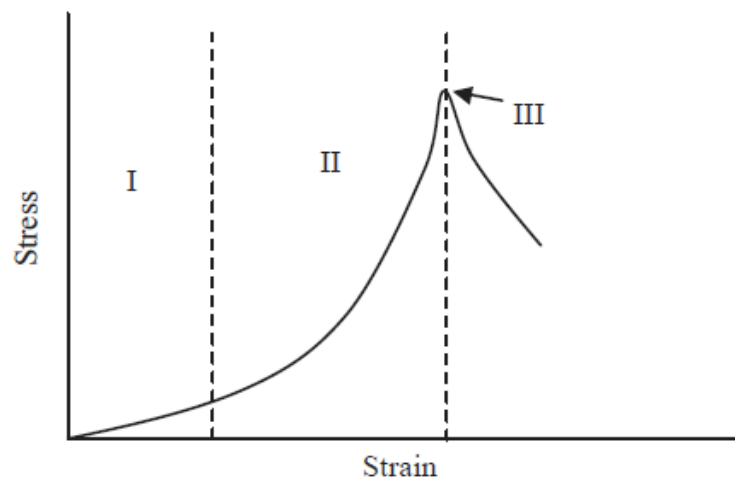
ál podléhá plastické deformaci za současné změny struktury a materiál zůstává zdeformován, přestane-li na něj působit vnější síla. Směrnice lineární závislosti odpovídá Youngovu modulu pružnosti  $E$ , body  $\sigma_y$  a  $\varepsilon_y$  reprezentují napětí a deformaci na mezi kluzu. Stanoví se z prvního lokálního maxima nebo smluvně z bodu, v němž se křivka začíná zřetelně odchýlovat od lineárního průběhu. Poslední bod odpovídá přetržení zkušebního tělesa, určuje pevnost v tahu  $\sigma_b$  a tažnost (deformace při přetržení)  $\varepsilon_b$ . Plocha pod křivkou udává deformační práci spotřebovanou až do přetržení tělesa, je mírou houževnatosti materiálu.

Pro experiment bylo vyrobeno 14 šarží eidamských cihel, které byly skladovány ve zracím sklepě při teplotě  $10 \pm 2$  °C v kryovakové fólii. Cihly byly odebírány postupně. Ve dnech 0, 3, 7, 14, 28, 42 a 56 bylo prováděno hodnocení texturních parametrů. Den 0 označuje vzorky, které byly odebrány ještě před vstupem do solící lázně. Pro měření byly odebrány vždy 2 cihly a bylo analyzováno 12 vzorků. Docházelo k úpravě a to tak, že cihla byla rozkrojena na dvě části a z každé strany bylo odkrojeno 6 plátů. Z plátů byly vykrojeny zkušební vzorky, pomocí raznice viz Obr. 7. Tloušťka jednotlivých vzorků byla od 5mm do 8 mm, nepřesnost stanovení spočívala v přesnosti krájení.

Vzorky byly vysekávány nožem ve tvaru lopatek pro upínání o rozměrech: délka lopatky 9,95 cm, šířka v upínací čelisti 2,90cm a pracovní šířka lopatky 1,95cm - Obr. 7. Vzorky byly temperovány na laboratorní teplotu 20 °C. Před započítím zkoušky byla naměřena tloušťka a šířka vzorku s přesností na dvě desetinná místa. Zkušební vzorek byl upnut do čelistí trhačického stroje japonské firmy Shimadzu, AG-X (50kN) s řídicím programem Trapezium Obr. 6. Čelisti se odtahují a trhačí stroj vykresluje trhačí diagram Obr. 4, který má několik významných bodů. Napětí ve vzorku narůstá lineárně, platí Hookův zákon:

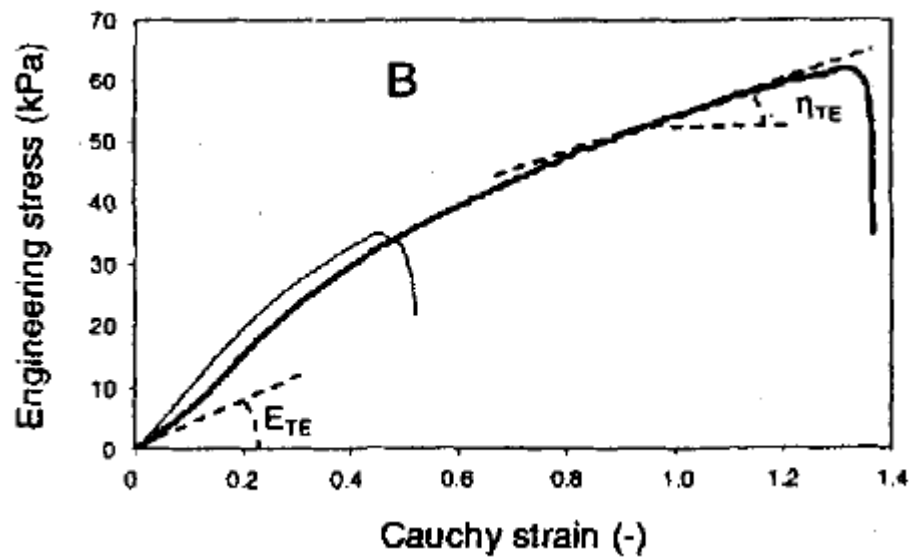
$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ [MPa]}$$

kde  $E$  označuje modul pružnosti v tahu. Geometricky odpovídá směrnici přímkové části diagramu. Napětí dál narůstá, až do meze pružnosti (I)  $E$  do tohoto napětí probíhá pružná deformace. Po dosažení meze pružnosti se vzorek začíná deformovat, až dosáhne meze kluzu (III) v tomto bodě klesne zatěžovací síla a po dosažení maximální deformace tedy meze kluzu se vzorek přetrhl. Proto se hodnotu meze kluzu snažíme ovlivnit prostředky, jež na ni mají vliv (chemické složení, struktura, velikost zrna). Diagram zkoušky tahem pro experiment končí přetržením v mezi kluzu (III) [26, 27].

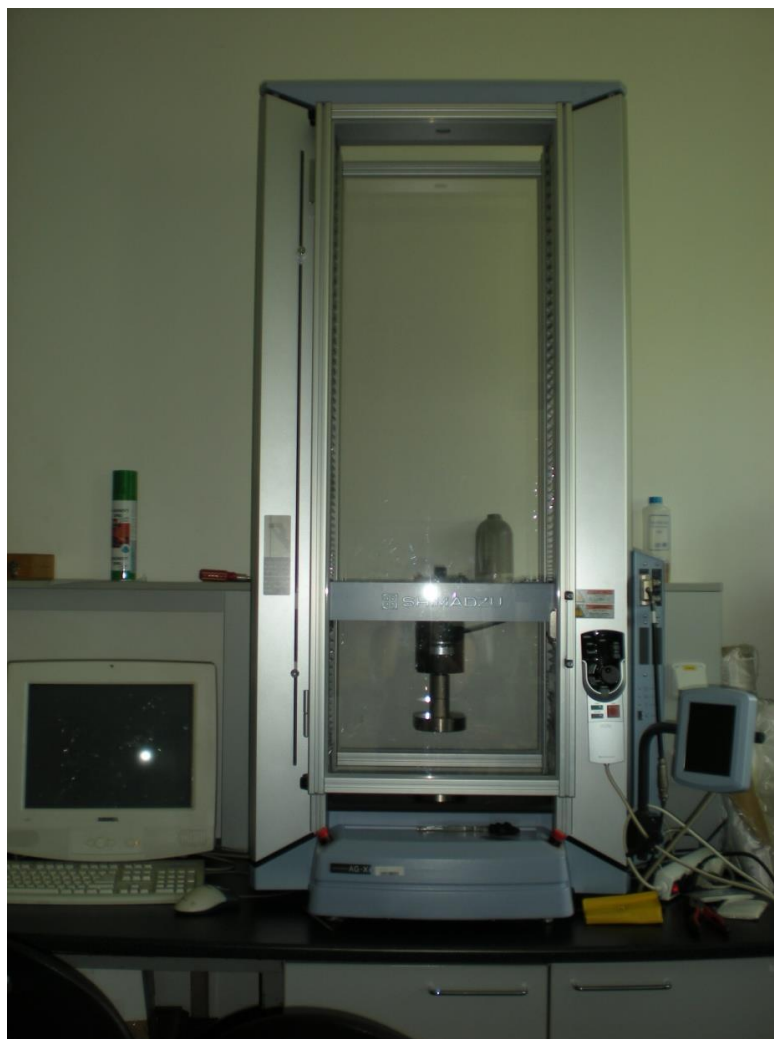


Obr. 4: Diagram zkoušky tahem pro sýry [26].

Podle Pesentiho [28] obr. 5 byl vyhodnocen modul pružnosti  $E_{TE}$ , v oblasti deformace 0-2% Tab. viz příloha PIV. a parametr viskozity  $\eta_{TE}$  v oblasti deformace 20-25% Tab. viz. příloha PIV.



Obr. 5: Sestrojení modulů [28].



*Obr. 6: Trhačka Shimadzu, AG-X.*



*Obr. 7: Zkušební lopatka.*

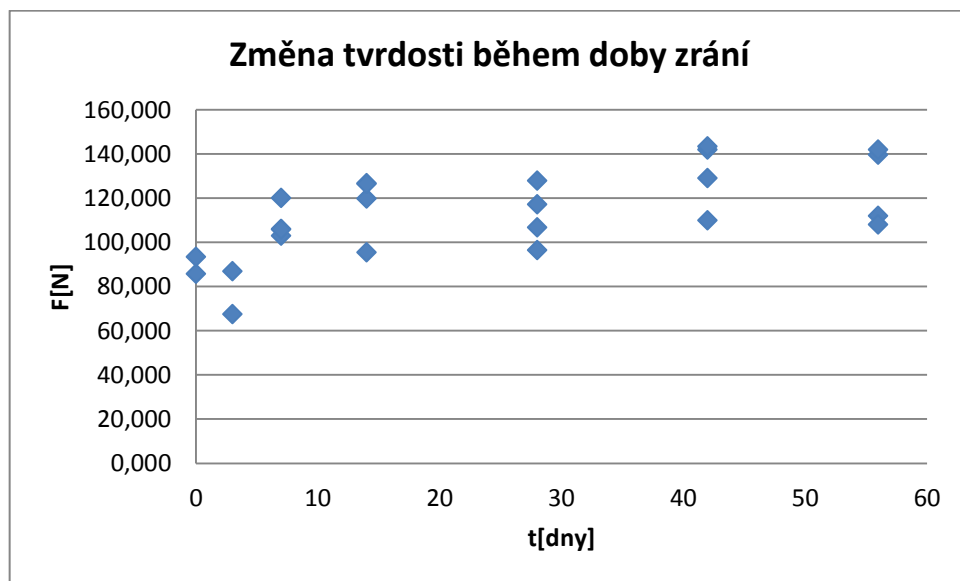
## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Relaxační zkouška

Cílem relaxační zkoušky bylo sledovat tvrdost a tuhost během průběhu zrání. Vzorky byly odebrány ve dnech 0, 3, 7, 14, 28, 42, a 56. Byla sledována změna textury eidamské cihly pomocí kompresních testů, z kterých byla odečtena  $F_{\max}$  (N), které se říká ukazatel tvrdosti. Na kompresní testy byla použita sonda o průměru 5 mm a době výdrže 300s. Dále byly vypočteny parametry  $a$  a  $b$  z Pelegova modulu.

#### 5.1.1 Výsledky relaxační zkoušky

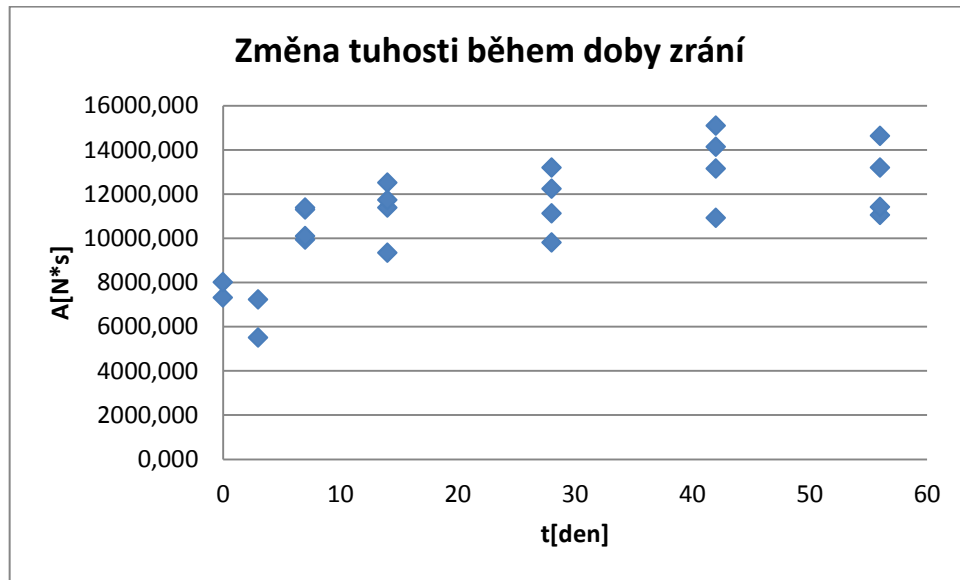
K hodnocení texturních vlastností byl použit přístroj TA.XT Plus (Stable Micro Systems, UK). Z grafů, kde je znázorněna závislost síly  $F_t$  na čase  $t$ , byla odečtena síla  $F_{\max}$  (N), tato síla je hodnocena jako ukazatel tvrdosti. Na Obr. 8 je grafické znázornění změny tvrdosti v průběhu doby zrání.



Obr. 8: Změna tvrdosti během doby zrání.

Z grafu je patrné, že tvrdost postupně stoupala. V nultý den byla zaznamenána tvrdost prvního vzorku 86 N a druhého vzorku 94 N. V době zrání čtrnáctého dne jde vidět malí pokles. Poté hodnoty zase narůstají. Jednotlivé hodnoty jsou zaznamenány v Tab. 6 viz příloha.

Dále byla z grafu odečtena hodnota  $A_1$ , což je ukazatel tuhosti. Na Obr. 9 je grafické znázornění změny tuhosti v průběhu doby zrání. Také má stoupající charakter se stejným průběhem Tab. 6 viz příloha. Tvrdost, byla podrobena korelační analýze. Byl získán kladný středně těsný korelační koeficient tvrdosti 0,6238.



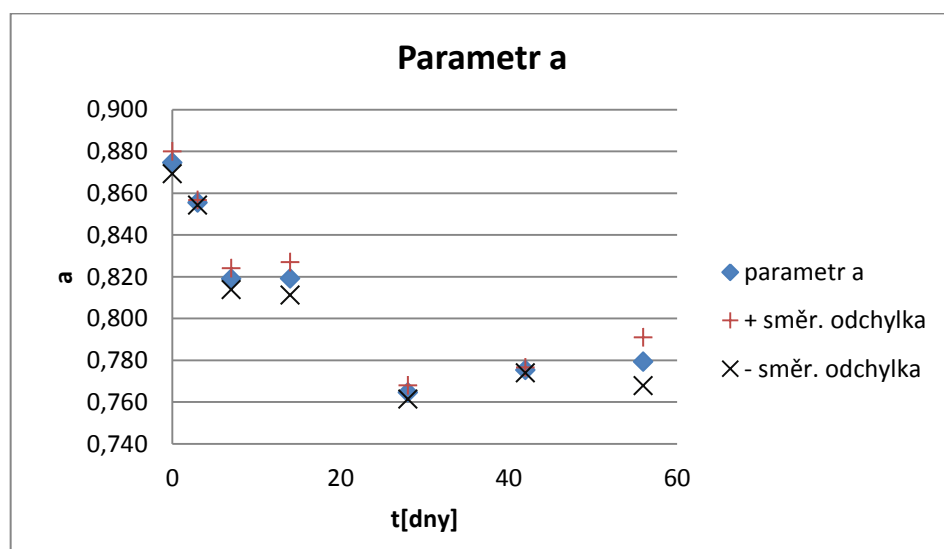
Obr. 9: Změna tuhosti během doby zrání.

Ze zátěžové křivky byla data dále zpracovávána. Byla použita pouze část zátěžové křivky počínaje maximální silou  $F_{\max}$ , a konče okamžikem vytahování sondy ze vzorku. Křivka byla podrobena analýze s využitím Pelegova modelu. Byly získány hodnoty parametrů  $a$  a  $b$  Tab. 7. Tyto parametry se označují jako parametry elasticity zobrazeny v Obr. 10 a Obr. 11.

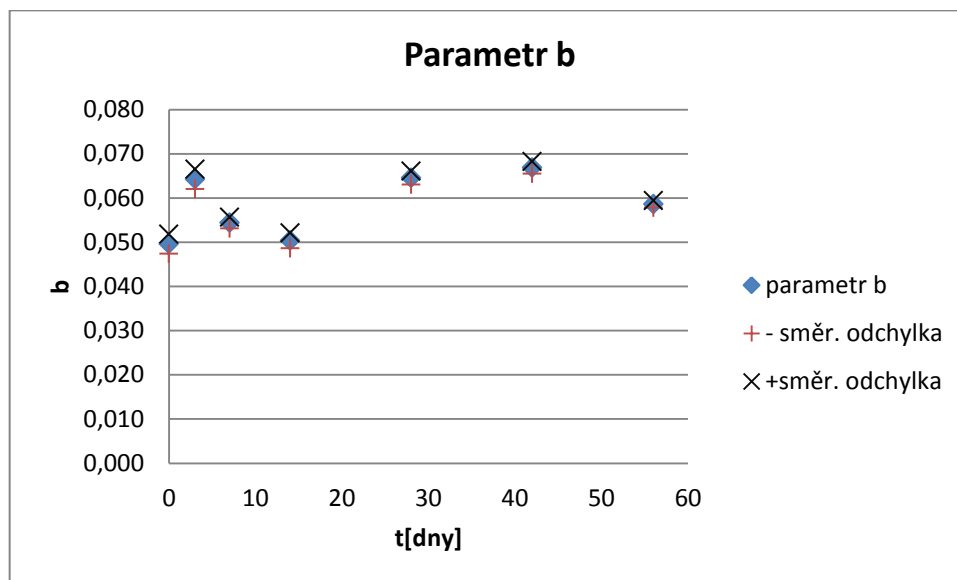


Tab. 7: Tabulka parametrů *a* a *b*.

dny	a	b
0	0,8693	0,0518
0	0,8800	0,0474
3	0,8543	0,0665
3	0,8567	0,062
7	0,8185	0,0539
7	0,8067	0,0563
7	0,8319	0,051
7	0,8185	0,0563
14	0,8268	0,046
14	0,8371	0,053
14	0,8099	0,0491
14	0,8025	0,0533
28	0,7562	0,061
28	0,7718	0,0642
28	0,7675	0,0645
28	0,7630	0,0685
42	0,7870	0,0632
42	0,7800	0,0696
42	0,7716	0,0684
42	0,7623	0,0662
56	0,8091	0,0591
56	0,7831	0,0574
56	0,7712	0,0573
56	0,7540	0,0606

Obr. 10: Znáznorněny výsledky parametr *a*.

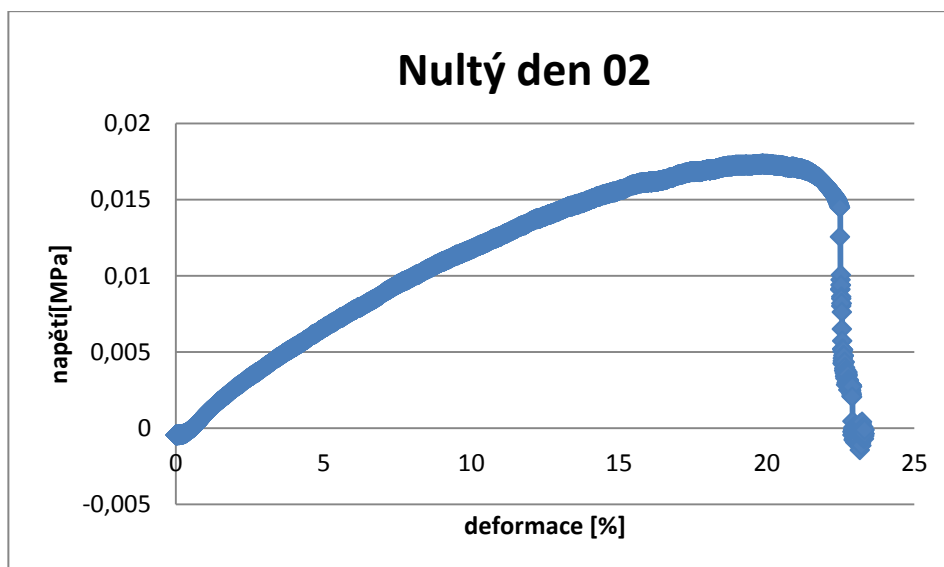
Na Obr. 10 lze pozorovat, že elasticita klesá s dobou zrání, naopak parametr  $b$  z Obr. 11 má, složitější průběh na počátku mírně stoupá pak, dochází v čtrnáctém dnu zrání k poklesu a následuje mírné stoupání.



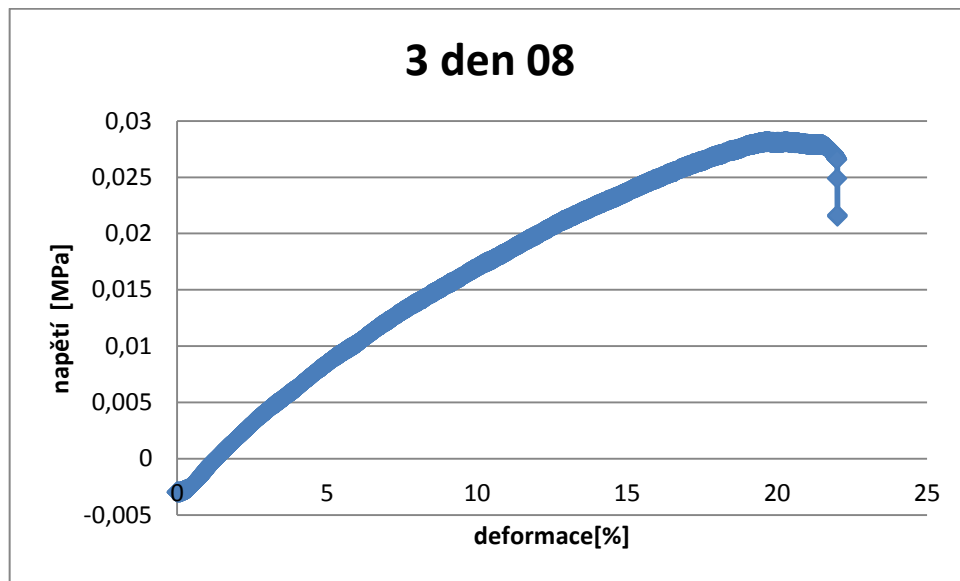
Obr. 11: Znáznorněny výsledky parametru  $b$ .

## 5.2 Tahová zkouška

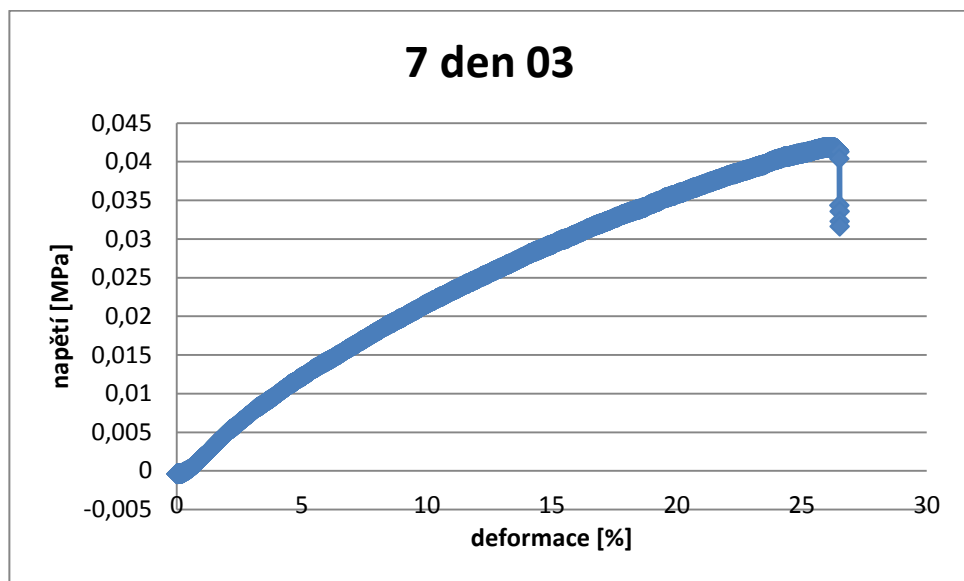
U tahové zkoušky bylo v průběhu zrání sledováno maximální napětí odpovídající pevnosti a maximální deformace odpovídající tažnosti. Ukázky typických grafů pro jednotlivé dny zrání Obr. 12 až 18.



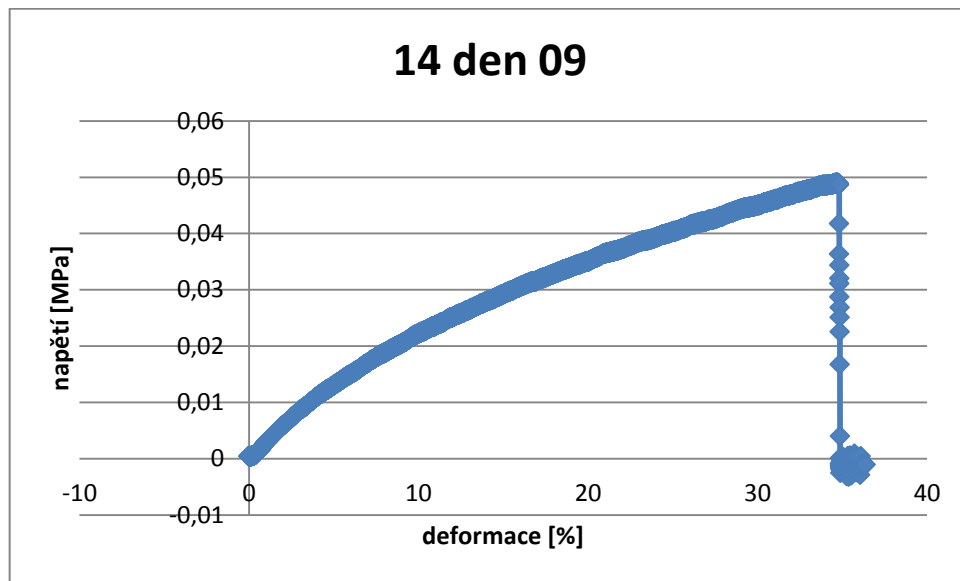
Obr. 12: Typický graf pro dny před solením.



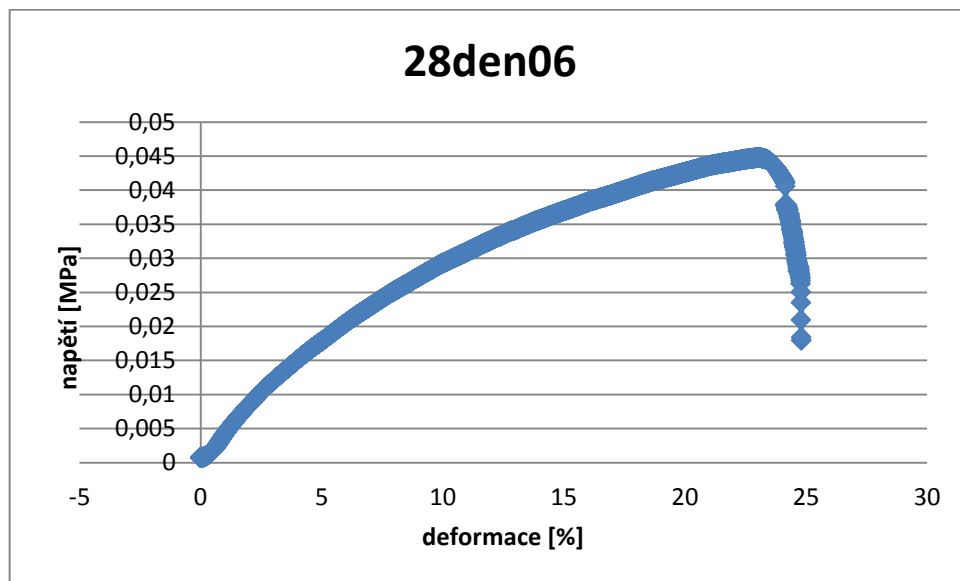
Obr. 13: Typický graf pro třetí den zrání.



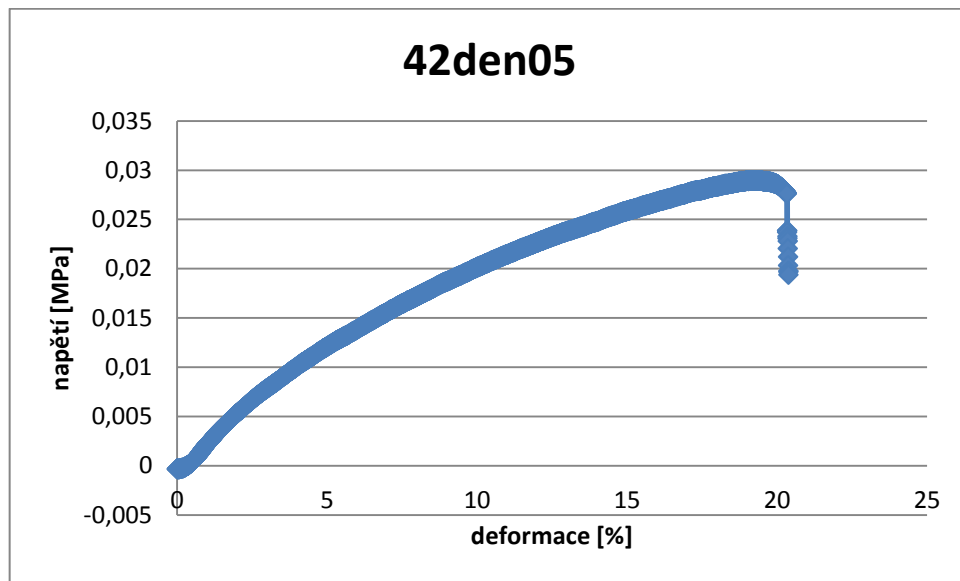
Obr. 14: Typický graf pro sedmý den zrání.



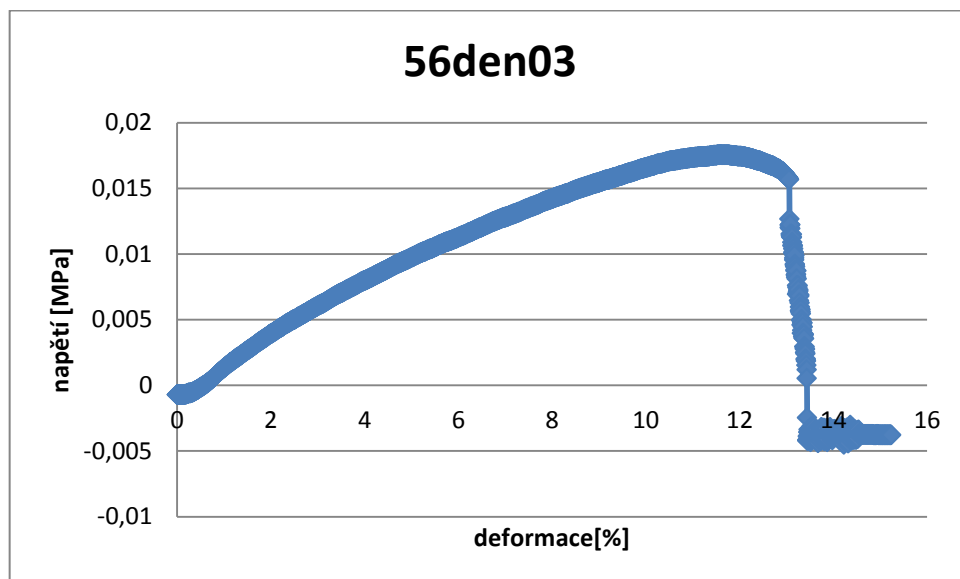
Obr. 15: Typický graf pro čtrnáctý den zrání.



Obr. 16: Typický graf pro dvacátý osmý den zrání.



Obr. 17: Typický graf pro čtyřicátý druhý den zrání.

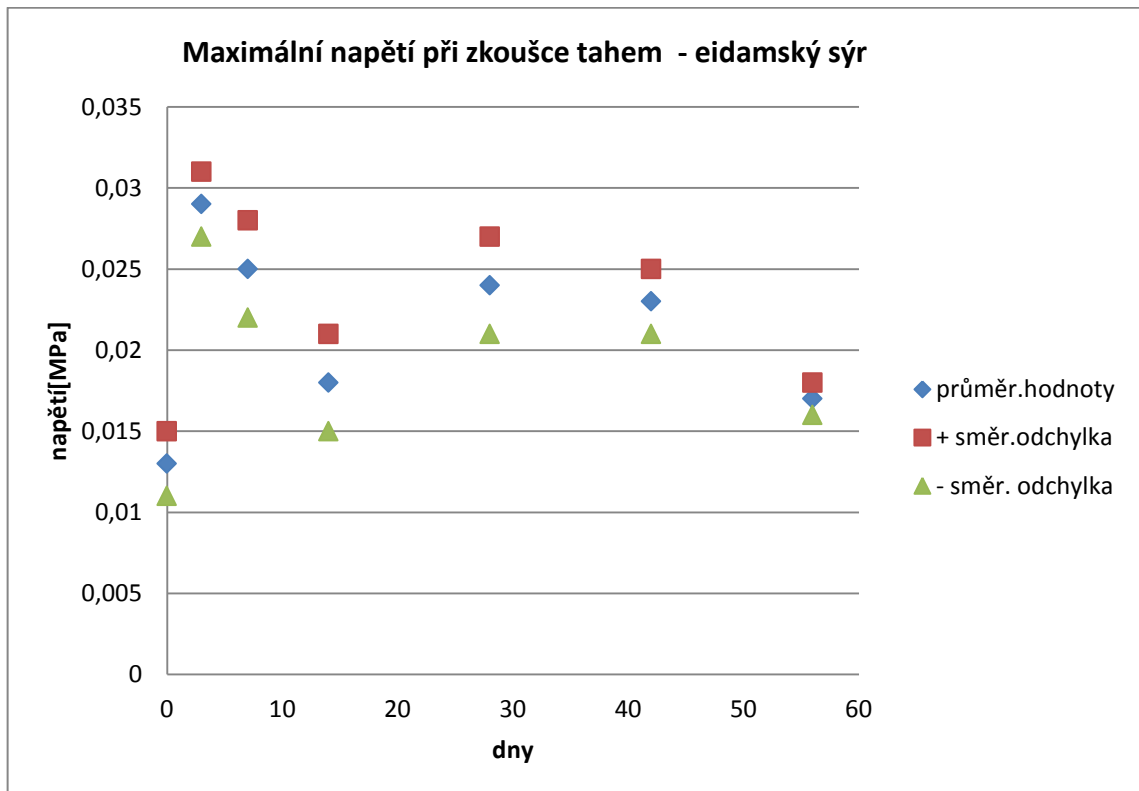


Obr. 18: Typický graf pro padesátý šestý den zrání.

V Tab. 8 jsou průměrné hodnoty pro maximální napětí a na Obr. 19 je vypracován graf.

Tab. 8: Tabulka průměrných hodnot pro maximální napětí (stress).

dny	napětí [MPa]	± směrodatná odchylka
0	0,013	0,002
3	0,029	0,002
7	0,025	0,003
14	0,018	0,003
28	0,024	0,003
42	0,023	0,002
56	0,017	0,001

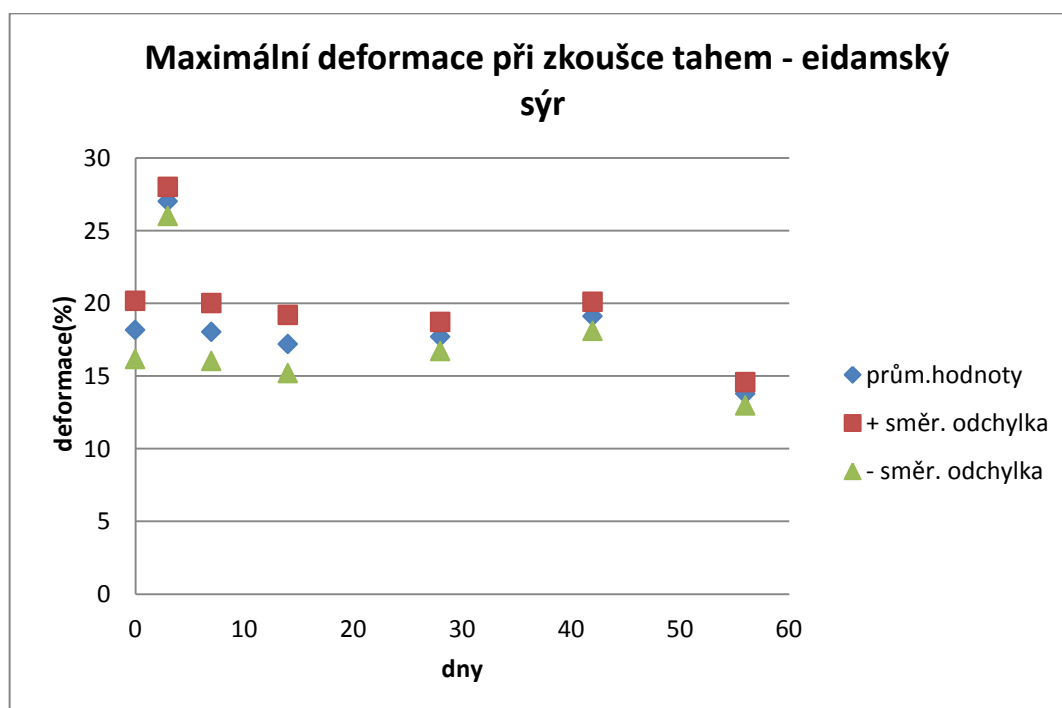


Obr. 19: Maximální napětí při zkoušce tahem - eidamský sýr.

V Tab. 9 jsou naměřené hodnoty pro maximální deformaci a Obr. 20 odpovídá grafu.

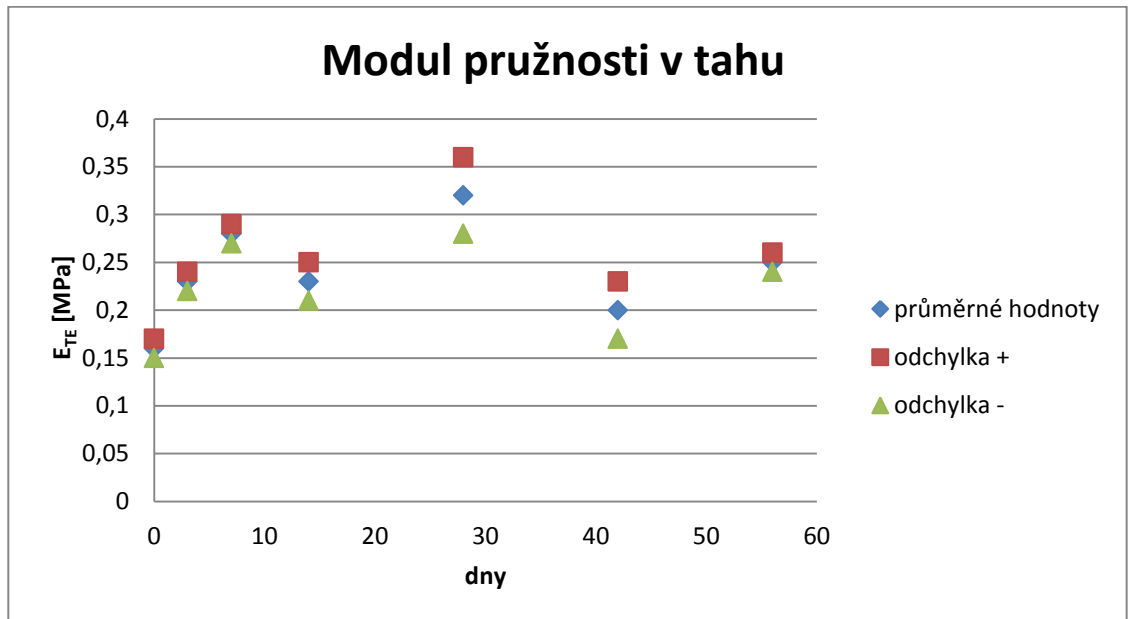
Tab. 9: Tabulka průměrných hodnot pro maximální deformaci.

dny	deformace [%]	± směrodatná odchylka
0	18,8	2,0
3	27,0	1,0
7	18,0	2,0
14	17,2	2,0
28	17,7	1,0
42	19,1	1,0
56	13,8	0,8



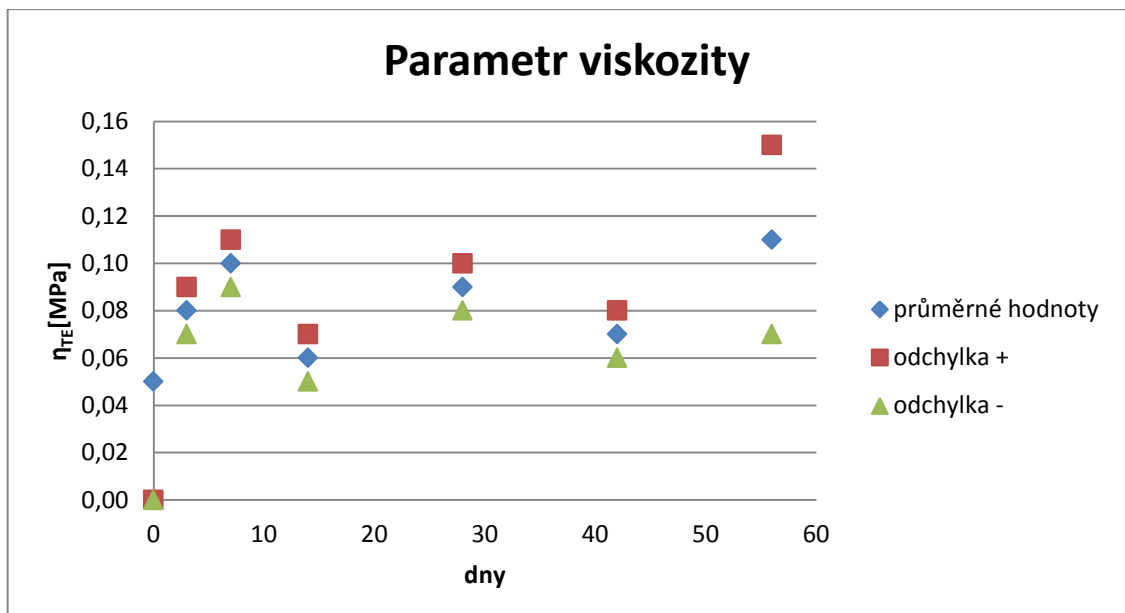
Obr. 20: Maximální deformace při zkoušce tahem - eidamský sýr.

Dále byly pro každý den zrání vybrány vhodné grafy a z nich vytvořeny pomocí rovnice lineární regrese modul pružnosti a parametr viskozity. Modul pružnosti je na Obr. 20 popsán jako  $E_{TE}$ . Parametr viskozity je popsán jako  $\eta_{TE}$ . Moduly jsou popsány na Obr. 21 a Obr. 22.



Obr. 21: Modul pružnosti v tahu.

Modul pružnosti v tahu měl taky stoupající charakter, ale od 28 dne zrání docházelo k poklesu.



Obr. 22: Parametr viskozity.

U parametru viskozity vidíme, že se průměrné hodnoty mají zajímavý lineární nárůst v prvním týdnu zrání, podobně jako u modulu pružnosti.

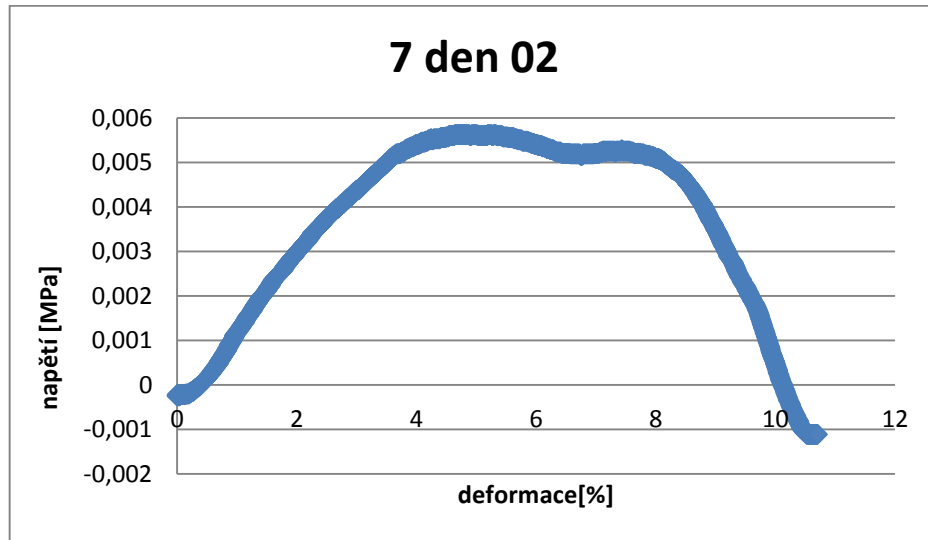


## 6 DISKUZE

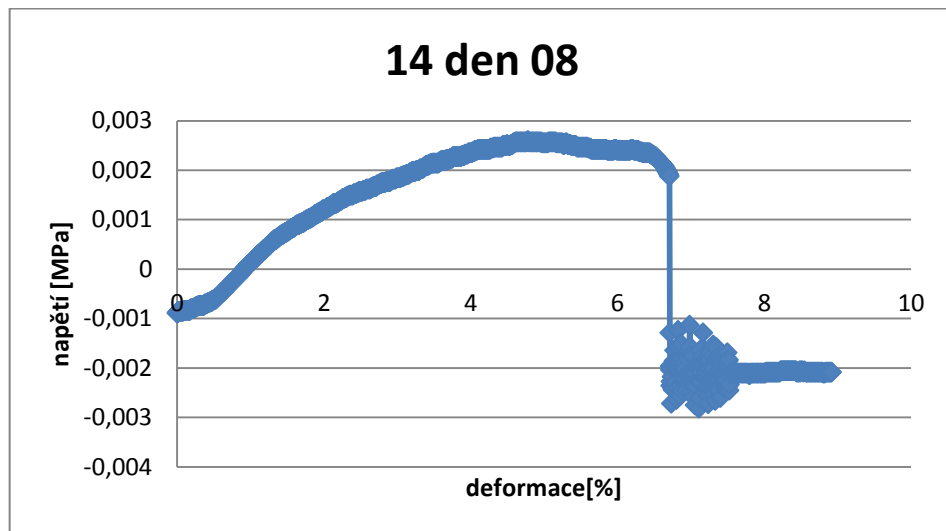
Tvrlost sýrů  $F_{\max}$  (N) v době zrání od začátku narůstala. Nejvyšších hodnot dosáhla 14. den a to 127 N a poté dále stoupala. Pearsonův kladný středně těsný korelační koeficient ( $r = 0,6238$ ). Dále byly popisovány parametry  $a$  a  $b$  vypočítané z Pelegova modelu. Z grafů lze usoudit, že elasticita měla klesající charakter po celou dobu měření. Korelační koeficient pro parametr  $a$  je záporný a velmi těsný ( $r = -0,7632$ ). Koeficient mezi parametrem  $a$  a tvrdostí záporný středně těsný ( $r = -0,5272$ ). Parametr  $b$  tendenci stoupající ve čtrnáctém dnu klesl a poté zase stoupal. Kladný středně těsný korelační parametr ( $r = 0,4724$ ). Pearsonův korelační koeficient mezi parametrem  $b$  a tvrdostí kladný nepříliš těsný ( $r = 0,1014$ ). Podle Pelega je práce s parametrem  $b$  obtížná. Parametr  $b$  koresponduje s výsledky z tahové zkoušky. U relaxačního testu byla zvolena doba výdrže sondy pro maximální deformaci vzorku 300s pro získání parametrů  $a$  a  $b$ . Pro další měření by bylo vhodné zkrátit dobu výdrže maximálně na 100s, aby nedošlo k znehodnocení vzorku. Tuto problematiku popisuje F. Buňka [29].

U tahové zkoušky byly vzorky eidamské cihly odebrány a měřeny v jednotlivé dny zrání. U jednotlivých dnů pak byla provedena tahová zkouška. Na Obr. 11 a 17 vidíme, že po přetržení vzorku docházelo ještě k měření výsledků, to je způsobeno tím, že v čelistech zůstal zbytek vzorku. Proto by bylo vhodné při dalších měření si dát pozor na tento problém a v době přetržení ukončit tahovou zkoušku, jak je patrné z Obr. 12 a 16. Pozornost je třeba věnovat upínání vzorků do čelistí, především na výchozí pozici čelistí. Trhací stroj se vrací do výchozí pozice automaticky, ale s odchylkou, jak je vidět na Obr. 11 začíná graf v záporných hodnotách, což může být matoucí. K vyhodnocení výsledků byla použita jen kladná data. Maximální napětí má složitý průběh, dá se říci, že od 7 dne zrání postupně klesá. Maximální deformace má lineární průběh. Deformace s dobou zrání postupně klesá. Korelační koeficient záporný středně těsný ( $r = -0,5876$ ). Pearsonův korelační koeficient mezi maximálním napětím a maximální deformací středně těsný ( $r = 0,6378$ ). Modul pružnosti a parametr viskozity mají obdobný průběh, do 7 dne zrání stoupá a pak postupně klesají, až na výjimku u 28 dne zrání, kdy zase vzrostl. Korelační koeficient pro elastický modul zanedbatelný ( $r = 0,2169$ ) a parametr viskozity je středně těsný ( $r = 0,5069$ ). Pearsonův korelační koeficient mezi elastickým modulem a parametrem toku středně těsný ( $r = 0,7256$ ). Během měření došlo k chybám, které jsou významné pro další výzkum. Například

vzorek ze 7 dne zrání (Obr. 15) a vzorek ze 14 dne zrání (Obr. 16) měly tloušťku pod 5mm a proto došlo k přetržení v čelistech na začátku měření. Proto bych doporučila pro další měření zvolit jiný tvar lopatek Obr. 17, který byl použit v [28]. Dále bych zvolila jiný způsob přípravy vzorků. Ruční krájení se ukázalo jako nevhodné, pro další měření bych zvolila krájecí přístroj, aby tloušťka všech vzorků byla stejná.



Obr. 23: Nevhodná tloušťka vzorku v 7 den zrání.



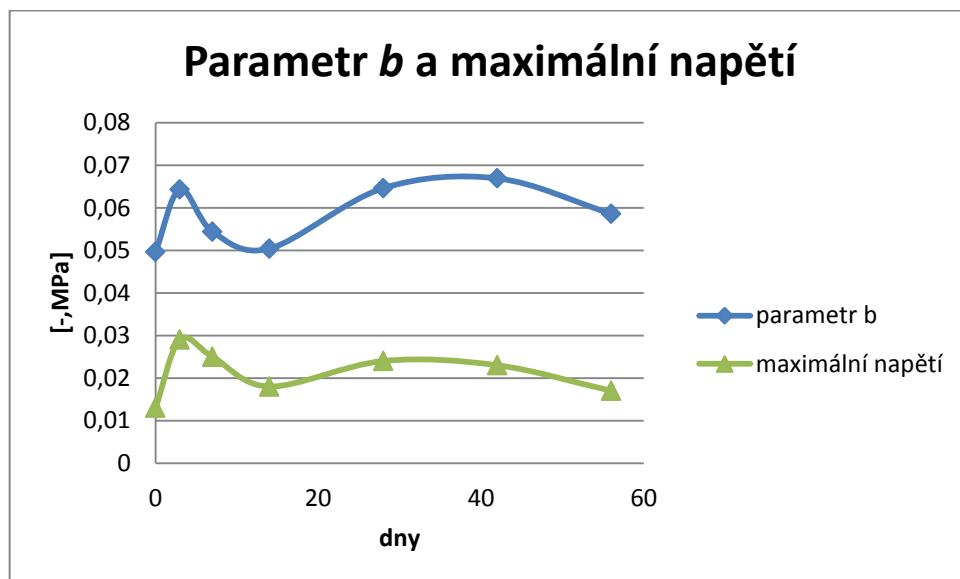
Obr. 24: Nevhodná tloušťka vzorku v 14 den zrání.



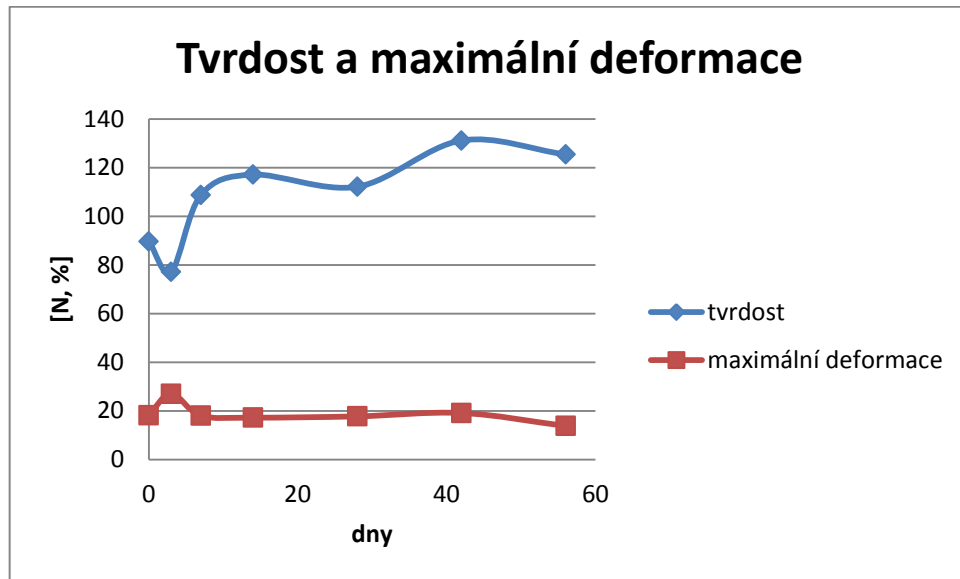
Obr. 25: Návrh nového tvaru lopatky [28].

### 6.1 Porovnání relaxační a tahové zkoušky.

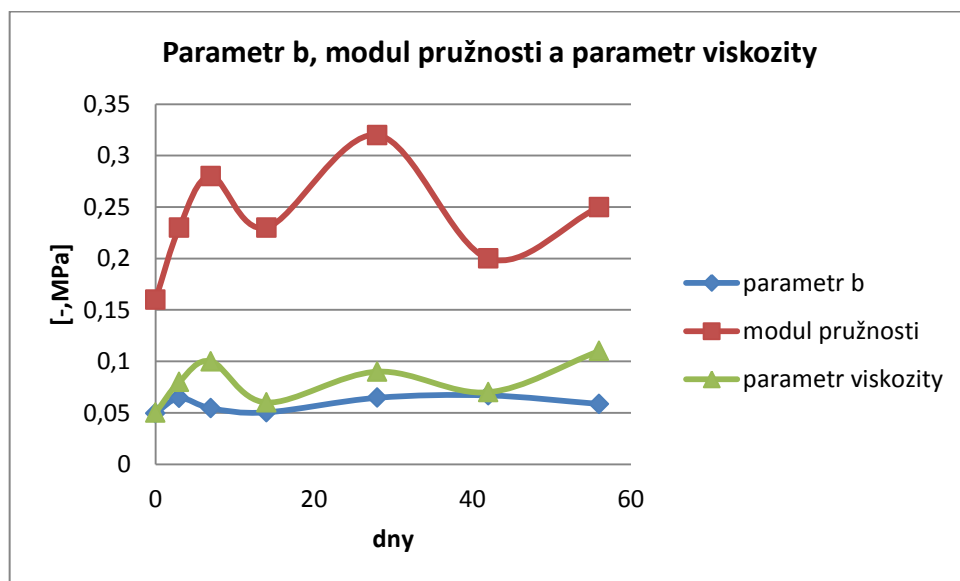
Tvrдость a parametr  $b$  mají podobný průběh jako maximální napětí a maximální deformace Obr. 26 a Obr. 27. Dále byl porovnáván parametr  $b$ , modul pružnosti a parametr viskozity mají podobný průběh. Ostatní veličiny nebyly spolu porovnávány pro svůj odlišný průběh.



Obr. 26: Porovnání výsledků parametru  $b$  a maximálního napětí.



Obr. 27: Porovnání výsledků tvrdosti a maximální deformace.



Obr. 28: Porovnání výsledků parametru b, modulu pružnosti a parametru viskozity.

## 6.2 Srovnání měřících metod.

S naměřených výsledků jasně vyplývá, že obě dvě zkoušky jsou pro výzkum tvrdosti, elasticity, tažnosti a pevnosti velice přínosné. Proto bych doporučila u tahové zkoušky další výzkum, například by bylo zajímavé vyhodnotit deformační práci, který by se pak mohla porovnávat s výsledky tuhosti A (práce) z relaxačního testu.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce se věnovala mechanickým vlastnostem sýrů eidamského typu. Byly provedeny dvě zkoušky: relaxační zkouška a tahová zkouška. U relaxační zkoušky se měřily texturní vlastnosti (tvrdost a elasticita). Tahová zkouška se zabývala maximálním napětím a deformací vzorku. Byly zjištěny následující výsledky:

- Tvrdost eidamského sýra v době zrání postupně narůstala, přičemž parametr  $a$  klesal. Korelační koeficient měl záporný směr a střední těsnost.
- Parametr  $b$  má stoupající charakter a korelační parametr mezi tvrdostí a parametrem  $b$  je zanedbatelný. Ovšem může být ovlivněn dalšími faktory, proto je považován za nevypovídající [31].
- Maximální napětí odpovídající pevnosti mělo složitý průběh. V 14 dnu zrání bylo maximum, pak postupně klesalo.
- Maximální deformace odpovídající tažnosti s dobou zrání postupně klesala a Pearsonův korelační koeficient mezi maximálním napětím a maximální deformací byl středně těsný a měly podobný průběh jako parametr  $b$ .
- Modul pružnosti a parametr viskozity měly podobný průběh, jejich hodnota v prvních sedmi dnech lineárně narůstala, pak došlo k poklesu. Korelační koeficient byl velmi těsný.

Lze říct, že tvrdost stejně jako pevnost dosáhla maxima 14. den zrání a poté došlo k poklesu. Poslední dny zrání ovlivňují texturní vlastnosti probíhající proteolytické reakce.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P. *Technologie výroby potravin živočišného původu*. Zlín: UTB, 2008. ISBN 978-80-7318-405-6.
- [2] GAJDUŠEK, S. *Laktologie*. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně, 2003. 84 s. ISBN 80-7157-657-3.
- [3] Vyhláška 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. *Sbírka zákonů*, 2003.
- [4] BŘEZINA, P., KOMÁR, A., HRABĚ, J. *Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin II. část*. Vyškov: RVOd VA Vyškov, 2001. ISBN 80-7231-079-8.
- [5] PAVELKA, A. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Littera, 1996. ISBN 80-85763-09-5.
- [6] KRKOŠKOVÁ, B. *Textúra potravin*. 1st ed. Bratislava: SNTL, 1986. 200 p. ISBN 63-003-86.
- [7] DRDÁK, M., J. STUDNICKÝ, E. MÓRKOVÁ, J. KAROVIČOVÁ. *Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravin*. Bratislava: Malé centrum, 1996. ISBN 80-967064.
- [8] FORMAN, L. *Mlékárenská technologie II*. Praha: VŠCHT Praha, 1996. ISBN 80-7080-250-2.
- [9] GAJDUŠEK, S. *Mlékařství II*. Brno: MZLU v Brně, 1998. ISBN 80-7157-342-6.
- [10] LIKLER, L., KUPÁČEK, J. Eidam známý sýr s nesprávným názvem. *Potravinářská revue*, únor 2007, roč. 2007, č. 2, s. 65
- [11] LUKÁŠKOVÁ, J., BURDOVÁ, O., HOLEC, J., LINHARTOVÁ, E., VEČEŘEK, V. *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2001. ISBN 80-7305-415-9.
- [12] KERESTEŠ, J., SELECKÝ, J. *Sýrarstvo na Slovensku: história a technológia*. 1. vyd. Povážská Bystrica: 2005. ISBN 80-969387-9-7.
- [13] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Co by jste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin*. 1. vyd. Ostrava-Přívoz: KEY PUBLISHING s.r.o., 2009. ISBN 978-80-7418-060-6

- [14] OLŠANSKÝ, Č., KNĚZ, V. *Výroba tvrdých sýrů eidamského a ementálského typu*. 1. vyd. Praha: Česká akademie zemědělská v Praze, 1971.
- [15] BŘEZINA, P., JELÍNEK, J. *Chemie a technologie mléka: I. část*. Praha: VŠCHT v Praze, 1990. ISBN 80-7080-075-5.
- [16] BŘEZINA, P., JELÍNEK, J. *Chemie a technologie mléka: II. část*. Praha: VŠCHT v Praze, 1990. ISBN 80-7080-075-5.
- [17] ŠTĚTINA, J., NĚMCOVÁ, L., PISKA, I. Konzistence a reologické vlastnosti polo tvrdých sýrů hodnocených na celostátních přehlídkách sýrů 2000. In *Celostátní přehlídka sýrů*. Praha: Česká společnost chemická, Odborná skupina pro potravinářskou a agrikulturní chemii, 2001, s. 54-59
- [18] OSTROWSKÁ, J. Jak poznat kvalitní eidam. *Žena podnikatelka*, listopad 2010 roč. 2010, č. 11, s. 12
- [19] KOPÁČEK, J. Vývoj ve výrobě a prodeji sýrů v České republice a naše perspektivy do budoucna. *Potravinářská revue*, únor 2007, roč. 2006, č. 2., s. 36,37
- [20] KERESTEŠ, J. *Syry, výživa a zdravie*. 1. vyd. Považská Bastrica: nakladatelství NIKA s.r.o., 2004, ISBN 80-969693-6-4
- [21] TOPÇU, A., SALDAMLI, I. Proteolytical, chemical, textural and sensorial changes during the ripening of turkish white cheeses made of pasteurized cow 's milk. *International Journal of Food properties*. 2006, 9, 665-678.
- [22] FISZMAN, S. M., DAMÁSIO, M. H. Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey. *Journal of Texture Studies*. 2000, 31, 69-91.
- [23] DELGADO, F-J., RODRÍGUEZ-PINILLA, J., GONZÁLEZ-CRESPO, J., RAMÍREZ, R., ROA, I. Proteolysis and texture changes of Spanish soft cheese ('Torta del Casar') manufactured with raw milk and vegetable rennet during ripening. *International Journal of Food Science and technology*. 2010, 45, 512-519.
- [24] PAVIA M, GUAMIS B., TRUJILLO A. J., CHAPELLAS M., FERRAGUT V. Changes in microstructural, textural and colour characteristics during ripening of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation, *International Dairy Journal*. 1999, 9, 91-98.
- [25] SINGH, H., ROCKALL, A., MARTIN, C. R., CHUNG, O. K., LOOKHART, G. L. The analysis of stress relaxation data of some viscoelastic foods using a texture analyzer, *Journal of Texture Studies*. 2006, 37, 383-392.
- [26] FOEGEDING E. A., BROWN J., DRAKE M., DAUBERT Ch. R. Sensory and mechanical aspects of cheese texture. *International Dairy Journal*. 2003, 13, 585-591.

- [27] LAPČÍK L., RAAB M. *Nauka o materiálech II*. Zlín: UTB, 2004. ISBN 80-7318-229-7.
- [28] PESENTI V., LUGINBUHL W. Assessment of cohesion in gruyere-type cheese by rheological methods. *Journal of Texture Studies*. 1999, 30, 1-16.
- [29] BUŇKA F., PACHLOVÁ V., PERNICKÁ L., BUREŠOVÁ I., KRÁČMAR S., LOŠÁK T. The dependence of Peleg's coefficients on selected conditions of a relaxation test in model samples of adam cheese. - impres.
- [30] Texturní vlastnosti potravin [cit. 2013-05-08]. Dostupné z www:  
<http://www.chempoint.cz/texturni-vlastnosti-potravin>
- [31] BUŇKA, F., HRABĚ, J., VOSPĚL, B. *Senzorická analýza potravin I*. 1st ed. Zlín: UTB, 2008. ISBN 978-80-7318-628-9.



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČMK Čistá mlékařská kultura.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

*Obr. 1: Schéma znázornění odběru.*

*Obr. 2: Typická zátěžová křivka závislosti síly  $F_t$  na čase  $t$  získaná z relaxačního testu.*

*Obr. 3: Diagram zkoušky tahem.*

*Obr. 4: Diagram zkoušky tahem pro sýry [26].*

*Obr. 5: Trhačka Shimadzu, AG-X.*

*Obr. 6: Zkušební lopatka.*

*Obr. 7: Změna tvrdosti během doby zrání.*

*Obr. 8: Změna tuhosti během doby zrání.*

*Obr. 9: Parametru  $a$ .*

*Obr. 10: Parametru  $b$ .*

*Obr. 11: Typický graf pro nultý den zrání.*

*Obr. 12: Typický graf pro třetí den zrání.*

*Obr. 13: Typický graf pro sedmý den zrání.*

*Obr. 14: Typický graf pro čtrnáctý den zrání.*

*Obr. 15: Typický graf pro dvacátý osmý den zrání.*

*Obr. 16: Typický graf pro čtyřicátý druhý den zrání.*

*Obr. 17: Typický graf pro padesátý šestý den zrání.*

*Obr. 18: Maximální napětí při zkoušce tahem (stress) - eidamský sýr.*

*Obr. 19: Maximální deformace při zkoušce tahem (strain) - eidamský sýr.*

*Obr. 20: Sestrojení modulů.*

*Obr. 21: Modul pružnosti v tlaku.*

*Obr. 22: Parametr viskozity.*

*Obr. 23: Nevhodná tloušťka vzorku v 7 den zrání.*

*Obr. 24: Nevhodná tloušťka vzorku v 14 den zrání.*

*Obr. 25: Návrh nového tvaru lopatky [28].*

*Obr. 26: Porovnání výsledků parametru  $b$  a maximálního napětí.*

*Obr. 27: Porovnání výsledků tvrdosti a maximální deformac*

*Obr. 28: Porovnání výsledků parametru  $b$ , modulu pružnosti a parametru viskozity.*

**SEZNAM TABULEK**

*Tab. 1: Průměrný obsah jednotlivých živin v 1 litru kravského mléka [1].*

*Tab. 2: Obsah hlavních minerálních látek v mléce [2].*

*Tab. 3: Průměrné obsahy vitaminů v mléce [2].*

*Tab. 4: Zdroje základních proteáz v syřidlech [9].*

*Tab. 5: Srovnání průměrného časového harmonogramu při zpracování sýřeniny na výrobu sýrů [1,4].*

*Tab. 6: Tabulka hodnot tvrdosti a tuhosti.*

*Tab. 7: Tabulka parametrů  $a$  a  $b$ .*

*Tab. 8: Tabulka průměrných hodnot pro maximální napětí.*

*Tab. 9: Tabulka průměrných hodnot pro maximální deformaci.*

## SEZNAM PŘÍLOH

- PI Průměrné obsahy vitaminů v mléce [2].
- PII Zdroje základních proteáz v syřidlech [9].
- PIII Tabulka hodnot tvrdosti a tuhosti.
- PIV Tabulka hodnot modulů.

**PŘÍLOHA P I: PRŮMĚRNÉ OBSAHY VITAMINŮ V MLÉCE [2].**

Vitamin	Obsah vitamínu v mléku (mg/kg <sup>1</sup> )
A	0,3 - 1,0
Provitamin A	0,1 - 0,6
Thiamin	0,3 - 0,7
Riboflavin	0,2 - 3,0
Pyridoxin	0,2 - 2,0
Korinoidy	0,003 - 0,038
Niacin	0,8 - 5,0
Folacin	0,03 - 0,28
Pantothénová kyselina	0,4 - 4,0
C	5 - 20
D	0,001
F	0,2 - 1,2
K	0,01 - 0,03
Biotin	0,01 - 0,09

**PŘÍLOHA P II: ZDROJE ZÁKLADNÍCH PROTEÁZ V SYŘIDLECH [9].**

<b>Enzym</b>	<b>Jiné používané nebo tradiční názvy</b>	<b>Zdroj</b>
Pepsin	Pepsin II.	Přežvýkavci, prase, drůbež
Gastriscin	Pepsin I., Parapepsin II., Pepsin B, Pepsin C	Přežvýkavci, prase,
Chymosin	Rennin Genovou manipulací Maxiren Chymogen (Chr. Hansen) Chy – Max (Pfizer)	Přežvýkavci Mikroorganismy Kluyveromyces lactis Aspergillus niger Escherichia coli
Proteáza z <i>M. miehei</i>	Rennilase (Novo) Hanilase (Chr. Hansen) Fromase (Wallerstein) Marzime (Miles)	<i>Mucor miehei</i>
Proteáza z <i>M. pusillus</i>	Emporase (Dairyland) Meito (Meito Sangyo) Noury( Vitex)	<i>Mucor pusillus</i> var. <i>lindu</i>
Proteáza z <i>E. parasitica</i>	Sure Curd Suparen (Pfizer)	<i>Endothia parasitica</i>

**PŘÍLOHA P III: TABULKA HODNOT TVRDOSTI A TUHOSTI.**

Doba zrání	Force 1 [N]	Area F-T 1:2 [N.sec]
0	85,817	7321,327
0	93,478	8009,024
3	67,448	5510,985
3	86,843	7224,542
7	102,933	9941,664
7	120,123	11302,951
7	106,080	11390,362
7	105,890	10092,471
14	119,766	11384,909
14	126,808	11730,010
14	126,423	12510,771
14	95,468	9340,286
28	96,546	9805,803
28	127,927	13193,317
28	117,227	12244,513
28	106,809	11125,593
42	142,008	14137,969
42	110,008	10922,125
42	129,048	13151,806
42	143,470	15092,088
56	139,631	13191,984
56	111,926	11048,566
56	141,906	14630,427
56	108,055	11415,202



**PŘÍLOHA P IV: TABULKA HODNOT MODULŮ**

dny	viskozí modúl	odchylka +	odchylka -	elastický modúl	odchylka +	odchylka -
0	0,05	0	0	0,16	0,17	0,15
3	0,08	0,09	0,07	0,23	0,24	0,22
7	0,1	0,11	0,09	0,28	0,29	0,27
14	0,06	0,07	0,05	0,23	0,25	0,21
28	0,09	0,1	0,08	0,32	0,36	0,28
42	0,07	0,08	0,06	0,2	0,23	0,17
56	0,11	0,15	0,07	0,25	0,26	0,24