

Teze disertační práce

**Změny jakosti tavených sýrů v důsledku sterilačního
záhřevu**
Quality changes in processed cheese as a result of heat sterilisation

Autor: **Ing. Alena Kratochvílová, Ph.D.**

Studijní program: Chemie a technologie potravin (P2901)

Studijní obor: Technologie potravin (2901V013)

Školitel: doc. Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Oponenti: prof. Ing. Eva Samková, Ph.D.
doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.

Zlín, září, 2024

© Alena Kratochvílová

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.
Publikace byla vydána v roce 2024.

Klíčová slova: *tavený sýr, sterilace, hydrokoloidy, tavicí soli, jakostní změny*

Key words: *processed cheese, sterilization, hydrocolloids, emulsifying salts, quality changes*

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7678-285-3

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo sledovat vliv sterilace na vybrané fyzikálně-chemické, texturní, reologické a organoleptické vlastnosti tavených sýrů. Mnoho spotřebitelů vnímá použití tavicích solí v tavených sýrech jako nežádoucí prvek, který následně zvyšuje hladinu sodíku v tavených sýrech, a proto je snaha vyrobit tavené sýry bez těchto solí, například za použití hydrokoloidů.

Práce byla zaměřena na výrobu sterilovaných tavených sýrů. Nejdříve byly vyrobeny tavené sýry s širokou škálou obsahu sušiny a tuku v sušině a sterilované při teplotě 120 °C po dobu 40 min. Poté byla surovinová skladba tavených sýrů doplněna o ochucující složky nebo byly tavicí soli nahrazeny hydrokoloidy (agar, želatina, κ -karagenan a furcellaran). Byly vyrobeny i sterilované tavené sýry s ochucující složkou a zároveň s hydrokoloidy. Vzorky tavených sýrů byly sterilovány také při teplotách 120 °C po dobu 15 min a 125 °C po dobu 5 min. K popsání sledovaných parametrů byly použity základní chemické analýzy (stanovení obsahu sušiny, tuku, pH, stanovení obsahu amoniaku a stanovení sekundárních produktů oxidace lipidů), reologická, texturní a také mikrobiologická a senzorická analýza. Posouzena byla i změna barvy pomocí instrumentální analýzy barvy a také velikost tukových kuliček. Všechny testované parametry byly sledovány po celou dobu skladování vzorků v různých časových intervalech.

Z výsledků této práce vyplývá, že všechny testované sterilační režimy byly dostatečné pro zajištění praktické sterility všech vzorků tavených sýrů, ale všechny sterilační režimy měly také vliv na výsledné hodnoty pH, TBARS, obsah amoniaku a také na barvu a organoleptické vlastnosti vyrobených vzorků. Ochucující složky, zejména rajčatový prášek, se ukázaly jako účinné při maskování negativních změn způsobených sterilací. Použité hydrokoloidy měly různý vliv na texturní a viskoelastické vlastnosti tavených sýrů, zejména pak κ -karagenan výrazně zvyšoval tuhost a snižoval roztíratelnost vzorků. Nicméně bylo potvrzeno, že lze hydrokoloidy použít jako úplnou náhradu tavicích solí.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of sterilization on selected physicochemical, textural, rheological and sensory properties of processed cheese. Many consumers perceive the use of emulsifying salts in processed cheese as an undesirable ingredient that subsequently increases the sodium content in the processed cheeses. Therefore, there is an effort to produce processed cheeses without emulsifying salts, with the possible application of hydrocolloids.

The study focused on the production of sterilized processed cheeses. Initially, processed cheeses with a wide range of dry matter and fat in dry matter content were produced and sterilized at 120 °C for 40 minutes. Subsequently, the raw material composition of the processed cheeses was supplemented with flavoring ingredients or the emulsifying salts were totally replaced with hydrocolloids (agar, gelatin, κ -carrageenan, and furcellaran). Sterilized processed cheeses with flavoring ingredients and hydrocolloids were also produced. The samples of processed cheeses were sterilized at the temperatures of 120 °C for 15 minutes and 125 °C for 5 minutes. To describe the monitored parameters, basic chemical analyses were used (determination of dry matter, fat, pH, ammonia content, and determination of secondary products of lipid oxidation), as well as rheological, textural, microbiological, and sensory. Color changes were also assessed using instrumental color analysis and the size of fat globules was measured. All tested parameters were monitored throughout the storage period of the samples at various time intervals.

The results of this study indicate that all tested sterilization regimes were sufficient to ensure practical sterility of all processed cheese samples, but all sterilization regimes also affected the final pH values, TBARS, ammonia content, as well as the color and organoleptic properties of the produced samples. Flavoring ingredients, particularly tomato powder, proved to be effective in masking the negative impact caused by sterilization. The used hydrocolloids had varying effects on the textural and viscoelastic properties of the processed cheeses, with κ -carrageenan significantly increasing the firmness and reduced spreadability of the samples. However, it was confirmed that hydrocolloids can be used as a total replacement for emulsifying salts in processed cheese manufacturing.

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala doc. Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, cenné rady a neocenitelný čas, který mi věnoval při provádění experimentů a také sepisování této práce. Jeho trpělivost a podpora pro mě byly důležité a velmi si jich vážím. Stejně poděkování náleží i doc. Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D., za její odborné vedení, rady a konzultace, které mi poskytovala během studia a také při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat svým kolegům a přátelům z Ústavu technologie potravin za jejich neustálou podporu a přátelství, které mi pomohlo překonávat náročné chvíle. Velké díky patří mému manželovi a mé rodině za jejich nepřetržitou podporu, trpělivost a lásku po celou dobu mého studia. Bez jejich pomoci a povzbuzování bych tohoto cíle nikdy nedosáhla.

Tato práce vznikla za podpory interních grantů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (IGA/FT/2020/006, IGA/FT/2021/004, IGA/FT/2022/005, IGA/FT/2023/007 a IGA/FT/2024/005).

OBSAH

1	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	9
1.1	TAVENÉ SÝRY	9
1.1.1	Suroviny pro výrobu tavených sýrů	10
1.1.2	Technologie výroby tavených sýrů	12
1.2	STERILACE TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.2.1	Vliv sterilace na jakostní parametry tavených sýrů	13
2	CÍL PRÁCE	14
3	METODY ZPRACOVÁNÍ EXPERIMENTŮ	15
3.2	EXPERIMENT II	16
3.3	EXPERIMENT III	16
3.4	EXPERIMENT IV	18
3.5	ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	19
3.5.1	Stanovení pH	19
3.5.2	Stanovení obsahu sušiny	19
3.5.3	Stanovení TBARS	19
3.5.4	Stanovení obsahu amoniaku	20
3.6	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA	20
3.7	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	20
3.8	STANOVENÍ ROZTÍRATELNOSTI	21
3.9	DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOLOGIE	21
3.10	INSTRUMENTÁLNÍ ANALÝZA BARVY	22
3.11	SENZORICKÁ ANALÝZA	22
3.12	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT	22
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	23
4.1	VÝSLEDKY A DISKUZE K EXPERIMENTU I	23
4.1.1	Výsledky mikrobiologického rozboru	23
4.1.2	Výsledky základní chemické analýzy	23
4.1.3	Výsledky reologické analýzy	25
4.1.4	Výsledky instrumentální analýzy barvy	25
4.1.5	Výsledky senzoričké hodnocení	26
4.2	VÝSLEDKY A DISKUZE K EXPERIMENTU II	28
4.2.1	Výsledky základní chemické analýzy	28
4.2.2	Výsledky reologické analýzy	29
4.3	VÝSLEDKY A DISKUZE K EXPERIMENTU III	30
4.3.1	Výsledky mikrobiologické analýzy	30
4.3.2	Výsledky základní chemické analýzy	31
4.3.3	Výsledky instrumentální analýzy barvy	33

4.3.4	Výsledky texturní analýzy a roztíratelnosti.....	34
4.3.5	Výsledky reologické analýzy	35
4.4	VÝSLEDKY EXPERIMENTU IV	36
4.4.1	Výsledky mikrobiologické analýzy.....	36
4.4.2	Výsledky základní chemické analýzy	37
4.4.3	Výsledky reologické analýzy	38
4.4.4	Výsledky analýzy barvy	40
4.4.5	Výsledky senzorické analýzy	41
5	PŘÍNOS PRO VĚDU A PRAXI.....	43
	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	55
	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA	56
	ŽIVOTOPIS AUTORA.....	58

1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

1.1 Tavené sýry

Mléko a mléčné výrobky jsou nenahraditelnou součástí výživy člověka již mnoho let. S rozvojem technologií se rozšiřuje i sortiment mléčných výrobků, mezi které patří i tavený sýr (TS). Jsou řazeny mezi oblíbené produkty nejen u nás, ale i v zahraničí. Jejich obliba je dána jak širokou škálou konzistencí a chuťových variant, tak širokým spektrem využití a přijatelnou cenou (Fox et al., 2017).

V České republice TS spravuje vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé oleje, v platném znění, ve které se taveným sýrem rozumí sýr, který byl tepelně upraven tavením. Dle této vyhlášky se tavené sýry rozdělují na druhově pojmenované a druhově nepojmenované. Druhově pojmenované neobsahují jiné mléčné složky, kromě těch, které slouží pro standardizaci obsahu tuku, kdežto druhově nepojmenované mohou obsahovat i jiné mléčné složky a ve výsledném produktu je povolen obsah nejvýše 5 % hm. laktózy (Česko, 2016). Dalším legislativním dokumentem, který souvisí s tavenými sýry, je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. Toto nařízení spravuje tavicí soli, kterými se rozumí látky převádějící bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Do tavených sýrů je možné přidávat tavicí soli fosforečnanového typu v množství maximálně 20 000 mg/kg vyjádřeném jako P_2O_5 . Kromě těchto solí lze využít také citronany. Jejich maximální povolené množství je ale označeno jako *quantum satis* = není stanovena žádná maximální číselná hodnota a látky se používají v souladu se správnou výrobní praxí a v množství, které je nezbytně nutné pro dosažení zamýšleného účelu (Evropa, 2008).

Tavené sýry mají oproti přírodním sýrům delší trvanlivost, tudíž během delšího skladování nedochází k výrazným změnám oproti těm přírodním. Další výhodou je značná rozmanitost typu a intenzity chuti (Guinee, 2011). Lze vyrobit sýr jemný s chutí použitého přírodního sýra nebo přidat specifická, netradiční koření. Při balení je možné využít různých variant obalů. Mezi ekonomické výhody lze zařadit i možnost využití přírodních sýrů s různými vadami, které by nebylo dále možné uvádět do oběhu nebo lze také využít odřezky, které vznikají při porcování sýrů do spotřebitelských obalů.

Jedná se ale především o vady mechanického typu, sýry s mikrobiologickými vadami by si žádný výrobce nedovolil použít. (Fox et al., 2017; Kopáček, 2019).

Zvláštní skupinu představuje sterilovaný TS, jehož trvanlivost je pomocí termosterilace prodloužena na minimálně 24 měsíců. Původně byly tyto TS vyráběny pro armádu, složky integrovaného záchranného systému a jako součást tzv. bojových dávek potravin. Sterilované tavené sýry lze ale používat po celém světě, a to i tam, kde není k dispozici chladicí zařízení (lze je skladovat při okolní teplotě cca 20–25 °C) (Buňka et al., 2004).

1.1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

TS lze definovat také jako viskoelastický gel, který je považován za stabilní emulzi typu olej ve vodě (Lee et al., 2003). Jako zdroj tuku může být mléčný tuk, máslo nebo smetana. Dalšími složkami používanými při výrobě tavených sýrů jsou tavicí soli, stabilizátory, barviva, aromata a zvýrazňovače chuti (Fu et al., 2018).

Přírodní sýry jsou hlavní složkou taveného sýra. Během zrání přírodních sýrů dochází k mnoha biochemickým a mikrobiologickým změnám a tyto změny jsou zodpovědné za organoleptické a fyzikálně-chemické vlastnosti přírodních sýrů, které jsou klíčové pro vlastnosti TS. Dle mnoha studií, například Kapoor et al. (2007), Tamime (2011), Buňka et al. (2013) či Salek et al. (2016) bylo potvrzeno, že s rostoucí zralostí přírodního sýra klesá pevnost výsledného taveného sýra. Druh a stupeň zralosti sýrů vybraných ke zpracování mají tedy zásadní vliv na konzistenci konečného výrobku. Mladý a nezralý sýr vede ke snížení nákladů na surovinu a má vyšší schopnost vázat vodu – způsobí tak tužší konzistenci. Jeho nevýhodou je ale tvrdnutí během skladování taveného sýra a tvorba drobných vzduchových bublin. Naopak zralý sýr je nositelem plné chuti a má snadnou tavitelnost. Nevýhodou tohoto přírodního sýra je ale nízká stabilita emulzí, nadměrné bobtnání a měkká konzistence výsledného produktu. Proto se používají směsi přírodních sýrů o různých stupních zralosti (Guinee, Carić a Kaláb, 2004; Kapoor a Metzger, 2008; Salek et al., 2016).

Druhou, velmi podstatnou složkou, jsou **tavicí soli**, které plní dva hlavní úkoly, a to úpravu pH a sekvestraci vápníku. Dále ovlivňují konzistenci, chuť i trvanlivost výrobku (Chen a Liu, 2012). Nejběžnějšími tavicími solemi používanými pro výrobu taveného sýra jsou citronan trisodný a fosforečnan

sodný. Citronan trisodný se využívá pro plátkové tavené sýry, zatímco fosforečnan sodný (nebo vhodné kombinace fosforečnanů) se používají v běžných tavených sýrech a tavených sýrových pomazánkách. Tradiční tavicí soli obsahují ovšem vysokou koncentraci sodíku (až 30 % hm.), což je v dnešní době považováno za rizikový faktor, a proto vznikají nové studie zaměřující se na náhradu tavicích solí ať už částečně nebo zcela (Polar a Sturm, 2009; Černíková et al., 2010). Černíková et al. (2010) se zabývala úplnou náhradou tavicích solí pomocí hydrokoloidů κ -karagenanu a ι -karagenanu v různých koncentracích. Z výsledků této studie vyplývá, že κ - a ι -karagenan lze použít jako potenciální náhradu tavicích solí, ale při využití těchto hydrokoloidů dochází k velkému nárůstu tuhosti.

Ochucovadla a aroma patří mezi další ingredience, které lze použít pro výrobu TS. Za nemléčné složky, které se mohou použít pro výrobu TS lze označit houby, zeleninu, ovocné šťávy a dužiny, ořechy nebo vaječné bílkoviny. Tento typ surovin má pozitivní vliv na hladinu cukru v krvi, předchází některým typům rakoviny a srdečním chorobám. Navíc má většina zeleniny nízký obsah kalorií a vysoký obsah vitamínů a minerálů (Farahat et al., 2021).

Barviva se tradičně používají jako potravinářsky přídatné látky, aby bylo jídlo atraktivnější, jelikož barva je jednou z nejdůležitějších vlastností potravin, která ovlivňuje spotřebitelské preference, vnímání chuti a tím i výběr potravin při nákupu. Barvu lze považovat za jeden z nejatraktivnějších atributů potravin a je základem pro hodnocení čerstvosti a kvality potravin. Barviva jsou buď přirozeně, nebo chemicky vyrobená, přičemž přírodní potravinářská barviva se využívají nejen kvůli výslednému vzhledu potraviny, ale také pro zdravotní přínosy (Sharma et al., 2020).

Konzervace potravin je velmi důležitý proces, jehož účelem je prodloužení trvanlivosti potravin a zamezení kažení. Látky, které tento proces zajišťují, se nazývají **konzervanty**. Po staletí se používaly jako konzervanty sůl, cukr, různé kyseliny či kouř. V současné době se potraviny konzervují také chemickými látkami, které působí antimikrobiálně, chrání potraviny před kontaminací plísněmi, kvasinkami a bakteriemi. V tavených sýrech se používá nisin, který slouží k inhibici růstu mikroorganismů (Tamime, 2011). V neposlední řadě patří mezi suroviny využívané pro výrobu TS **hydrokoloidy**.

1.1.2 Technologie výroby tavených sýrů

Výroba přírodního sýra zahrnuje řízenou destabilizaci mléčné bílkoviny, zejména kazeinu, za vzniku gelu, který je dehydratován a koncentrován za vzniku kazeinové sítě, která uzavírá mléčný tuk. Naopak výroba TS rozruší tuto síť přírodního sýra s cílem částečně solubilizovat protein, čímž mu umožní vázat volnou vodu a emulgovat volný tuk uvolněný během zpracování. Dochází tak k transformaci z gelové sítě plněné tukem na emulzi typu olej ve vodě (Fox et al., 2017).

TS se vyrábí mísením přírodního sýra různého stupně zralosti za přítomnosti tavicích solí spolu s dalšími mléčnými či nemléčnými složkami. Směs je za stálého míchání a částečného podtlaku zahřívána na požadovanou teplotu, dokud nevznikne homogenní hmota (Kapoor a Metzger, 2008). Hlavní kroky při výrobě TS lze rozdělit na 2 části. V první řadě jde o výběr a složení ingrediencí. Jak již bylo zmíněno, důležitý je výběr přírodního sýra. (Guinee, Carić a Kaláb, 2004). Druhým podstatným krokem při výrobě TS je samotné tavení směsi. Tepelné zpracování směsi je prováděno přímo nebo nepřímou vedenou párou za stálého míchání. Při diskontinuálním zpracování se kombinace teploty a času (nejčastěji 70–95 °C po dobu 4–15 min) mění v závislosti na složení, požadované struktuře produktu a trvanlivosti. Tento typ zpracování je dostatečný pro inaktivaci vegetativních mikroorganismů, ale nedojde k inaktivaci bakteriálních spor. Při kontinuálním zpracování je směs čerpána tryskou se vstřikováním páry, která zajišťuje okamžité míchání a zahřívání na ~ 140 °C po dobu 10 s. Následně je směs zchlazena na ~ 90 °C a přečerpána do nádrže, kde se směs udržuje do vzniku požadované konzistence (Fox et al., 2017). Po tepelném záhřevu se tavenina nalévá do formovacích nádob či přímo do obalu. Může se také rozprostřít na dopravní pásy a nakrájet na plátky. Po naplnění do fólie se obal zavaří a následně se sýry vychladí (Fox et al., 2017). Poslední fází je samotné skladování. Legislativně není dána teplota skladování a určuje ji výrobce, ale pokud se jedná o chladírenský řetězec, měla by se teplota skladování pohybovat od 2–8 °C (Česko, 2016).

1.2 Sterilizace tavených sýrů

Sterilizací se obecně rozumí úplné zničení mikroorganismů pomocí tlakového zařízení. Odolnost bakteriálních spor vůči teplu je v různých potravinách odlišná, a proto se většinou využívá ošetření při teplotě 115–121 °C po dobu 5–20 minut nebo jejich ekvivalentu tak, aby došlo

k inaktivaci spor a zabránilo se tak následnému kažení. Při určování celkového účinku tepelného záhřevu se tedy musí vzít v úvahu i rychlost přenosu tepla potravinou. V praxi ovšem výrobek vystavený sterilaci nemusí být absolutně sterilní, ale dosahuje tzv. obchodní sterility, během které jsou zničeny mikroorganismy způsobující změnu potravin po dobu skladování (Buňka, Štětina a Hrabě, 2008; Lazárková et al., 2021). Vzhledem k tomu, že zahřívání potravin používané ke zničení nežádoucích mikroorganismů může mít také nepříznivé účinky na kvalitu potravin, je v praxi důležité zvolit minimální možné tepelné ošetření, které může zaručit zničení patogenů a toxinů a poskytnout požadovanou dobu skladování, ale také zachovat charakteristické organoleptické vlastnosti produktu (Motarjemi, 2014).

1.2.1 Vliv sterilace na jakostní parametry tavených sýrů

Hlavním faktorem ovlivňujícím kvalitu zpracovaných mléčných výrobků v průběhu sterilace a také při dlouhodobém skladování je oxidace lipidů. Oxidace mastných kyselin způsobuje kažení potravin, snížení sensorické hodnoty, změnu chutě a vytvoření nepříjemného pachu kvůli přítomným aldehydům. Pro vyjádření obsahu aldehydů, zejména malondialdehydu, se využívá stanovení sekundárních produktů oxidace lipidů (TBARS), které slouží ke sledování fáze žluknutí výrobku (Collins, McSweeney a Wilkinson, 2003; Bubelová et al., 2015).

Při sterilačních teplotách dochází také k denaturaci sérových bílkovin, které se mohou vyskytovat v tavených sýrech díky přidavku sušené syrovátky nebo sušeného odstředěného mléka. Mléčná bílkovina kazein se při sterilačním záhřevu částečně defosforyluje a dochází k interakci mezi laktózou a proteiny, jinak zvané jako komplex Maillardových reakcí. Maillardova reakce je důležitou a široce se vyskytující reakcí v potravinách. Jde o složitý komplex reakcí, který začíná reakcí redukujících sacharidů s aminokyselinami. Poté následuje řada přesmyků, štěpení, hydrolýzy a dalších. Během těchto reakcí dochází ke vzniku žlutých, hnědých a mnohdy až černých pigmentů, tzv. melanoidinů, které jsou nositeli hnědého zbarvení (Schär a Bosset, 2002). Tato reakce představuje pro sýrařský průmysl ekonomickou zodpovědnost, protože spotřebitelé by s největší pravděpodobností odmítali hnědě zbarvený TS a označovali by jej jako vadný. (Schär a Bosset, 2002; Li et al., 2023).

2 CÍL PRÁCE

Cílem dizertační práce bylo sledovat vybrané fyzikálně-chemické, texturní, reologické a organoleptické vlastnosti sterilovaných a nesterilovaných TS a vyhodnotit vliv sterilačního záhřevu a skladování na tyto vlastnosti. Také bylo cílem výzkumu sledovat vliv sterilace na stejné, již zmíněné, vlastnosti TS s náhradou tavicích solí a snaha o zamaskování negativních organoleptických změn v důsledku sterilace.

K naplnění hlavního cíle bylo nutné splnit tyto dílčí cíle:

- Vyrobít modelové vzorky TS s různým obsahem sušiny a tuku v sušině, podrobit část vzorků sterilačnímu záhřevu a následně porovnat výsledky provedených analýz mezi nesterilovanými a sterilovanými vzorky
- Vyrobít modelové vzorky TS jednak s tavicími solemi a také bez tavicích solí s přidavkem vybraných hydrokoloidů (κ -karagenanu, furcellaranu, agaru a želatiny) a porovnat vliv jednotlivých hydrokoloidů na (zejména) viskoelastické vlastnosti TS
- Vyrobít modelové vzorky TS s použitím ochucujících složek, podrobit vzorky sterilaci o teplotě 120 °C a 125 °C a během 12 měsíců pozorovat viskoelastické, texturní a fyzikálně-chemické změny
- Dále vyrobít modelové vzorky TS s vybranými hydrokoloidy z výše zmíněné výroby a podrobit tyto vzorky sterilačnímu záhřevu
- Porovnat nesterilované TS se sterilovanými vzorky a zhodnotit vliv sterilačního režimu na výše zmíněné vlastnosti
- Sledovat výše uvedené vlastnosti a změny během skladování TS

3 METODY ZPRACOVÁNÍ EXPERIMENTŮ

3.1 Experiment I

Cílem prvního experimentu bylo vyrobit TS s širšími rozdíly v obsahu sušiny a tuku v sušině, podrobit je sterilaci a zjistit tak vliv tepelného záhřevu na chemické, texturní, viskoelastické a organoleptické vlastnosti TS.

Pro tento experiment bylo vyrobeno 17 modelových vzorků TS s obsahem sušiny 30–55 % hm. (šest různých stupňů oddělených po 5 % hm.) a 30–50 % hm. tuku v sušině (tři kategorie lišící se po 10 % hm.). Byly použity následující suroviny: přírodní sýr eidam (s obsahem sušiny 50 % hm. a 30 % hm. tuku v sušině; Lacrum, Velké Meziříčí, s.r.o., ČR), máslo (84,5 % hm. sušiny a 83,1 % hm. tuku v sušině; Lacrum, Velké Meziříčí, s.r.o., ČR), pitná voda a směsi fosforečnanových tavicích solí (Na_2HPO_4 – hydrogen fosforečnan disodný, NaH_2PO_4 – dihydrogen fosforečnan sodný, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – difosforečnan tetrasodný, POLY68 – polyfosforečnan sodný; Fosfa, a.s., Břeclav, ČR). TS s obsahem sušiny 55 % hm. a 30 % hm. tuku v sušině nebylo možné vyrobit, protože použité suroviny neumožňovaly připravit modelový vzorek s požadovanými parametry. Pro výrobu všech modelových vzorků byl použit Niromix 5 (Nirosta s.r.o., Chlumeck nad Cidlinou, ČR) s nepřímým ohřevem. Cílová teplota 90 °C byla udržována po dobu 3 minut a rychlost míchání byla nastavena na 1500 ot/min. Horká tavenina byla následně ihned nalita do hliníkových vaniček s „přivařitelnými“ víčky (výška 27,4 mm a průměr 84,1 mm; Aluflexpack AG, Švýcarsko). Utěsnění víček bylo provedeno na zařízení NovaSeal (Nirosta s.r.o., Chlumeck nad Cidlinou, ČR). Hmotnost vzorku v nádobě byla přibližně 95 ± 2 g. Následně byly vzorky rozděleny do dvou skupin: vzorky, které nebyly sterilovány a vzorky, které byly sterilovány. Nesterilované vzorky se nechaly vychladnout a poté byly skladovány při teplotě 6 ± 1 °C.

Pro sterilaci modelových vzorků byl použit laboratorní autokláv Fedegari FVA2/A1 (Fedegari, Itálie) s vnitřními rozměry 600 mm na výšku a 405 mm v průměru. Sterilační teplota byla nastavena na 120 °C po dobu 40 min. Teplota sterilačního záhřevu a jeho výdrž byla stanovena tak, aby u všech modelových vzorků byla dodržena hodnota $F_0 > 10$. Konečná teplota pro ochlazení v autoklávu byla stanovena na 50 °C a poté byly vzorky ochlazeny na 25 ± 1 °C. Teplota uvnitř vzorků byla zaznamenávána pomocí čidel Ellab Datalogger TrackSense Pro (Ellab A/S, Hilleroed, Dánsko). Následně byla

provedena základní chemická, viskoelastická, texturní a mikrobiologická analýza nesterilovaných i sterilovaných vzorků, které byly mezi sebou porovnány. Taktéž byla provedena analýza barvy modelových vzorků TS.

3.2 Experiment II

Cílem druhého experimentu bylo vyhodnotit účinek různých hydrokoloidů na viskoelastické vlastnosti a mikrostrukturu vzorků TS během 60denního skladování. Vybrané hydrokoloidy sloužily v tomto experimentu jako úplná náhrada tavicích solí. Pro srovnání účinku hydrokoloidů na vlastnosti TS byl vyroben i kontrolní vzorek, ve kterém byly použity konvenční tavicí soli na bázi fosforečnanů.

Pro přípravu vzorků TS s obsahem sušiny 40 % hm. a s obsahem tuku v sušině 55 % (w/w) byl použit přírodní sýr Eidam (50 % hm. sušiny a 30 % hm. tuku v sušině; Kromilk, a.s., Kroměříž, ČR), máslo (84 % hm. sušiny a 82 % hm. tuku, Madeta, a.s., České Budějovice, ČR), pitná voda a vybrané hydrokoloidy: κ -karagenan, agar a želatina (Sigma-Aldrich, s.r.o., Saint Louis, USA), které byly přidány v koncentraci 1 % hm. Jako kontrolní vzorky byly vyrobeny TS s 2,5 % hm. tavicích solí (Fosfa a.s., Břeclav, ČR). Modelové vzorky byly vyrobeny pomocí zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery, Halmen, Německo) vybaveného nepřímým ohřevem. Cílová teplota byla nastavena na 90 °C s dobou výdrže 12 min a směs surovin byla tepelně zpracována za částečného vakua. Rychlost míchání byla 3000 ot./min. Horká tavenina byla nalita do plastových vaniček, které byly zažehleny patřičnými hliníkovými víčky a následně se nechaly vychladnout. Poté byly modelové vzorky skladovány při teplotě 6 ± 2 °C, kde byly uchovávány po celou dobu experimentu. Analýzy vzorků byly prováděny 1., 14., 30, a 60. den po výrobě (den 0 byl dnem výroby). Byla provedena základní chemická a viskoelastická analýza.

3.3 Experiment III

Cílem tohoto experimentu byla snaha zamaskovat možné negativní organoleptické vlastnosti sterilovaných TS, zejména jejich vařivou příchuť a barevné změny. Dalším cílem bylo sledovat vliv 12měsíčního skladování při třech různých teplotách (6, 23 a 40 °C) na kvalitu vyrobených TS.

Pro přípravu modelových vzorků s obsahem 37 % hm. sušiny a 50 % hm. tuku v sušině byly použity následující suroviny: přírodní sýr Eidamská cihla (50 % hm. sušiny, 30 % hm. tuku v sušině; Lacrum, Velké Meziříčí, s.r.o.,

ČR), máslo (84 % hm. sušiny a 82 % hm. tuku v sušině; Madeta, a.s., České Budějovice, ČR), voda, tavicí soli (Na_2HPO_4 – hydrogen fosforečnan disodný, NaH_2PO_4 – dihydrogen fosforečnan sodný, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – difosforečnan tetrasodný, POLY68 – polyfosforečnan sodný; Fosfa, a.s., Břeclav, ČR) a ochucující složky: sušený granulovaný česnek (Allnature s.r.o., Hradec Králové, ČR), sušená bazalka drcená (Allnature s.r.o., Hradec Králové, ČR), rajčatový prášek (Sosa Ingredients S.L., Barcelona, Španělsko), přírodní extrakt z bílého chřestu práškový (Sosa Ingredients S.L., Barcelona, Španělsko) a aroma s příchutí slanina (Aromka s.r.o., Brno, ČR).

Byly vyrobeny dvě sady vzorků, každá s jinou příchutí. První šarže označená jako „rajče“ obsahovala rajčatový prášek, bazalku a česnek. Druhá šarže modelových vzorků označená jako „chřest“ obsahovala chřest v prášku a slaninové aroma. Pro výrobu modelových vzorků bylo použito zařízení Vorwerk Thermomix TM6-1 (Vorwerk GmbH&Co, Wuppertal, Německo). Nejdříve byl rozmělněn na menší kousky přírodní sýr společně s máslem, poté byly dle surovinové skladby nadávkovány ostatní suroviny. Tato směs byla zahřáta na teplotu 90 °C a za stálého míchání byla udržována po dobu 1 min. Následně byla horká tavenina nalita do 100 g hliníkových misek (výška 27,4 mm a průměr 84,1 mm; Aluflexpack, Švýcarsko) a uzavřena těsníci víčky pomocí zařízení Novaseal (Nirosta s.r.o., Chlumeck nad Cidlinou, ČR) při teplotě 280 °C po dobu 3 s.

Po výrobě se část vzorků z každé šarže uložila do chladicího zařízení a byla tak skladována při teplotě 6 ± 2 °C. Zbylé vzorky (obou šarží) byly rozděleny na dvě části a podrobeny sterilaci v autoklávu (FVA/A1, Fedegari, Itálie). První část byla sterilována při teplotě 120 °C po dobu 15 minut, druhá část při teplotě 125 °C po dobu 5 minut. Sterilační režim byl opět zvolen tak, aby hodnota F_0 byla vyšší než 10. Průběh sterilace byl sledován pomocí dataloggerů (RT-F55, Qi Analytical s.r.o., Praha, ČR). Teplota chlazení byla nastavena na 50 °C po dobu 55 min. Po sterilaci byly vzorky zchlazeny a uloženy ke skladování při teplotách 6 ± 2 °C, 23 ± 2 °C a 40 ± 2 °C. Skladovací pokus byl stanoven na 12 měsíců. Analýza vzorků probíhala v následujících intervalech: 0. měsíc (ihned po výrobě), 1., 3., 6., 9. a 12. měsíc. Byla provedena základní chemická, reologická, texturní a mikrobiologická analýza a také byla provedena instrumentální analýza barvy.

3.4 Experiment IV

V návaznosti na předchozí experimenty a jejich výsledky byly v poslední části této práce vyrobeny modelové vzorky sterilovaného TS s náhradou tavicích solí pomocí hydrokoloidů κ -karagenanu a furcellaranu. Dále byl použit rajčatový prášek pro zamaskování nevhodných organoleptických vlastností TS po sterilaci, zejména pro zamaskování změny barvy. Byly vyrobeny vzorky TS s obsahem sušiny 40 % hm. a s obsahem tuku v sušině 55 % hm. Pro výrobu těchto vzorků byly použity následující suroviny: sýr Eidamská cihla (s obsahem 50 % hm. a 30 % hm. tuku v sušině, Lacrum Velké Meziříčí, s.r.o., ČR), máslo (84 % hm. sušiny a 82 % hm. tuku v sušině; Lacrum Velké Meziříčí, s.r.o., ČR), NaCl, voda, micelární kasein (StrongMed s.r.o., Olomouc, ČR), rajčatový prášek (Sosa Ingredients S.L., Barcelona, Španělsko) a hydrokoloidy: κ -karagenan (SigmaAldrich, s.r.o., Praha, ČR) a furcellaran (Estgel 1000, Est-agar a.s., Kärla village, Estonsko). Pro výrobu těchto modelových vzorků bylo použito zařízení Niromix (Nirosta s.r.o., Chlumeck nad Cidlinou, ČR) s nepřímým ohřevem. Směs byla nadávkována do tavicího kotle a zahřáta na teplotu 90 °C s dobou výdrže 1 min. Rychlost míchání byla nastavena na 1500 ot/min. Poté byla horká tavenina nalita opět do hliníkových obalů s těsnícími víčky (výška 27,4 mm a průměr 84,1 mm). Utěsnění víček bylo provedeno na zařízení NovaSeal (Nirosta s.r.o., Chlumeck nad Cidlinou, ČR). Polovina vzorků byla uskladněna v chladícím zařízení při teplotě 6 ± 1 °C a druhá část byla vysterilována.

Pro sterilaci byl použit opět laboratorní autokláv Fedegari FVA2/A1 (Fedegari, Itálie), stejně jako v předchozích experimentech. Sterilační teplota byla nastavena na 120 °C po dobu 15 min, teplota chlazení na 50 °C po dobu 55 min a poté byly vzorky skladovány při teplotě 25 ± 1 °C. Teplota během sterilace byla zaznamenávána pomocí stejných dataloggerů jako v předchozím experimentu (RT-F55, Qi Analytical s.r.o., Praha, ČR). Analýzy vzorků probíhaly 7., 30. a 90. den po výrobě. Stejně jako v předchozích experimentech byla provedena základní chemická analýza, instrumentální analýza barvy a také reologická, texturní a mikrobiologická analýza.

3.5 Základní chemická analýza

3.5.1 Stanovení pH

Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů byly měřeny pomocí vpichového pH metru (HI99161, Hanna Instruments Czech s.r.o., Praha, Česká republika) se skleněnou elektrodou při laboratorní teplotě (23 ± 2 °C). Výsledná hodnota pH byla stanovena jako průměrná hodnota z 6 měření.

3.5.2 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky dle příslušné normy ČSN EN ISO 5534. Jedná se o hmotnostní podíl látek, který se získává po úplném vysušení vzorku do konstantního úbytku hmotnosti při teplotě 105 ± 2 °C. Vyjadřuje se v hmotnostních procentech (% hm.) nebo jako hmotnostní podíl (ISO, 2004). Stanovení bylo vždy u každého modelového vzorku TS opakováno 3×.

3.5.3 Stanovení TBARS

Stanovení TBARS slouží pro detekci oxidačního poškození potravin, která obsahuje tuk. Je tedy vhodné ke sledování střední fáze žluknutí, pokud tuk obsahuje polyenové mastné kyseliny. Stanovuje množství malondialdehydu vytvořeného oxidací lipidů. Do 50ml zkumavky bylo naváženo 5 g zhomogenizovaného vzorku a přidáno 15 ml kyseliny chloristé o koncentraci 3,86 % a 0,5 ml 4,2% etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Na slepý pokus č. 1 (vliv zbarvení vzorku) bylo odměřeno do 50ml zkumavky 5 ml destilované vody, 15 ml kyseliny chloristé a 0,5 ml etanolového roztoku butylhydroxytoluenu. Vzorky byly promíchány na vortexu, 15 min protřepány na třepačce a odstředěny při 6000 ot./min po dobu 10 minut. Ze zkumavky byly následně odebrány 4 ml supernatantu, který byl spolu se 4 ml roztoku kyseliny thiobarbiturové napitětován do skleněné zkumavky. Slepý pokus č. 2 (vliv zbarvení kyseliny thiobarbiturové) byl tvořen 4 ml vzorku a 4 ml destilované vody. Poté byly všechny zkumavky vařeny ve vodní lázni (100 °C) po dobu 45 min. Po ochlazení byly vzorky přefiltrovány přes stříkačkový filtr. Absorbance všech vzorků, včetně slepých pokusů, byla měřena na UV-VIS spektrofotometru (UV-1280, Shimadzu Handels, Japonsko) při vlnové délce 450 nm oproti destilované vodě jako kontrole. Stanovení bylo provedeno u každého vzorku třikrát.

3.5.4 Stanovení obsahu amoniaku

Principem této metody je vytěsnění amoniaku nasyceným roztokem uhličitanu draselného, který se absorbuje do roztoku kyseliny borité a stanoví se titračně roztokem kyseliny sírové (Shahidi a Fereidoon, 2005). Modelové vzorky TS byly zhomogenizovány s vodou v poměru 1:3. Do středu Conwayovy nádobky byl napipetován 1 ml roztoku kyseliny borité s dvěma kapkami Conwayova indikátoru. Na jednu stranu vnějšího prostoru nádobky byl napipetován 1 ml vzorku, na protější stranu 1 ml nasyceného uhličitanu draselného. Po přikrytí nádobky se vzorek promíchal a nechal volně 2 hodiny stát. Po proběhnutí reakce se vzniklý boritan amonný titroval 0,005M kyselinou sírovou do slabě červeného zbarvení. Stanovení bylo provedeno u každého vzorku třikrát.

3.6 Mikrobiologická analýza

Celkový počet aerobních a fakultativně anaerobních mezofilních mikroorganismů byl stanoven podle normy ISO 4833-1 (ISO, 2013); počet koliformních bakterií podle normy ISO 4832 (ISO, 2006); počet aerobních a anaerobních mikroorganismů tvořících spory podle Harrigana (1998) a počet kvasinek a plísní podle normy ISO 21527-1 (ISO, 2008). Sterilované vzorky tavených sýrů byly podrobeny i termostátové zkoušce, která se využívá pro ověření obchodní sterility. Byly tedy uloženy do termostatu na 7 dní při teplotě 37 °C. Po 7 dnech inkubace bylo zjištěno, zda došlo ke vzhledovým změnám obalu vzorků (bombáž), které by tak ukazovaly na možnou aktivitu mikroorganismů. Následně byly i u těchto vzorků provedeny výše zmíněné mikrobiologické analýzy.

3.7 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza byla prováděna na přístroji Texture Analyser TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie). Pro následné vyhodnocení dat byl použit program Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie) a Excel (Microsoft Corporation, Washington, USA). Z každé šarže byly testovány nejméně 3 vzorky. Každý vzorek byl podroben kompresi válcovou sondou o průměru 10 mm. Kompresní test byl založen na dvojitým stlačení vzorku o 25 % jeho výšky, spouštěcí síla byla 5 g a rychlost sondy byla nastavena na 2 mm·s⁻¹. Výsledkem měření je zátěžová křivka, tedy závislost síly na čase. Mezi vybrané sledované parametry byla zařazena

tvrdost, která je definována jako síla potřebná k dosažení maximální deformace vzorku. Čím vyšších hodnot dosahuje maximum křivky, tím více síly je nutné k deformaci, protože vzorek je tvrdší (Rosenthal, 1999; Maruyama et al., 2007).

3.8 Stanovení roztíratelnosti

Roztíratelnost je schopnost materiálu se rovnoměrně a snadno rozprostřít na povrchu (Sołowiej et al., 2020). Stanovení roztíratelnosti bylo provedeno na přístroji Texture Analyser TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie). Pro následné vyhodnocení dat byl opět použit program Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie) a Excel (Microsoft Corporation, Washington, USA). Z každé šarže byly testovány nejméně 3 vzorky. Vzorek TS je dávkován do dolní části kuželové formy. Horní část kuželové formy byla použita k penetraci vzorku, což způsobuje vytékání vzorku. Během penetrace vzorek TS vytéká pod úhlem 45° mezi oběma částmi formy. Rychlost sondy byla nastavena 1 mm/s a hloubka penetrace na 2 mm.

3.9 Dynamická oscilační reologie

Pro analýzu viskoelastických vlastností modelových vzorků TS byl použit dynamický oscilační reometr Haake Rheostress 1 (Haake, Brémy, Německo). Připravené vzorky se postupně vkládaly do prostoru mezi dvěma měřicími plochami reometru s geometrií deska-deska a okraje byly natřeny silikonovým olejem pro zamezení vysychání vzorku. Průměr desky byl 35 mm, velikost štěrbin 1 mm. Měření probíhalo při $20,0 \pm 0,1$ °C v oblasti lineární viskoelasticity s hodnotou amplitudy smykového napětí 20 Pa. Analýza byla provedena ve frekvenčním rozsahu 0,01–10,00 Hz. Každý modelový vzorek byl proměřen nejméně 3×. Byl vyhodnocen elastický a ztrátový modul pružnosti (G' a G''). Elastický modul vyjadřuje velikost energie uchované v materiálu. Ztrátový modul je měřítkem viskózní odezvy materiálu a určuje energetické ztráty. Pokud je G' větší než G'' , chová se materiál spíše jako pevná látka. V opačném případě se materiál chová spíše jako tekutina a je tedy viskózní (Kaneda, 2017). Dále byl vypočítán komplexní modul pružnosti G^* podle vztahu (8). Tento poměr poskytuje informace o viskoelastickém chování materiálu: pokud je $\tan \delta < 1$ je materiál více elastický ($G' > G''$); $\tan \delta > 1$ – materiál je více viskózní ($G' < G''$) (Kaneda, 2017; Sołowiej et al., 2020).

3.10 Instrumentální analýza barvy

Barva vzorků TS byla měřena pomocí spektrofotometru UltraScan® Pro Color Measurement (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, USA) v trojrozměrném prostoru CIE $L^*a^*b^*$ s osvětlením D65 (standardní denní světlo) a úhlem 10° . Parametr L^* (světelnost) je graficky vyjádřen na ose x a nabývá hodnot od 0 (černá) po 100 (bílá), a^* je graficky znázorněno na ose y a přechází z kladných hodnot (červené) do záporných hodnot (zelené) a parametr b^* , ležící na ose z, přechází z kladných hodnot (žluté) do záporných hodnot (modré) (Belasco et al., 2020). Přístroj byl kalibrován v režimu odrazu, s vyloučením zrcadlového odrazu při použití bílé (C6299 HunterLab Colour Standard) a šedé (C6299G HunterLab Colour Standard) referenční destičky. Vzorky byly měřeny v 10 mm křemenné kyvetě. Stanovení barvy bylo u všech modelových vzorků provedeno opět ve 3 opakováních.

3.11 Senzorická analýza

Senzorické hodnocení provedla skupina 12 vybraných hodnotitelů a odborníků vyškolených podle normy ISO 8586 (ISO, 2012). Pro hodnocení všech modelových vzorků TS byly použity následující stupnice: i. sedmibodová stupnice pro vzhled, konzistenci a chuť (1 – výborný, 7 – nepřijatelný) ii. sedmibodová stupnice pro tvrdost (1 – extra měkký, 7 – extra tvrdý), iii. sedmibodová stupnice pro přítomnost pachutí (1 – nepatrná, 7 – výrazná). Vzorky byly vždy podávány v náhodném pořadí a při kontrolované teplotě 20 ± 2 °C v senzorické laboratoři vybavené senzorickými kójemi podle ISO 8586:2007 (ISO, 2007). Mezi hodnocením testovaných vzorků TS byla k dispozici voda na vypláchnutí úst jako neutralizátor.

3.12 Statistické vyhodnocení dat

Výsledky stanovení většiny analýz byly vyhodnoceny pomocí Kruskal-Wallisova a Wilcoxonova testu na hladině významnosti 0,05. Pro statistickou analýzu byl použit software Minitab® 16 (Minitab, Ltd., UK). Účinky sterilizačního záhřevu a vliv použitého hydrokoloidu byly hodnoceny odděleně.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Výsledky a diskuze k experimentu I

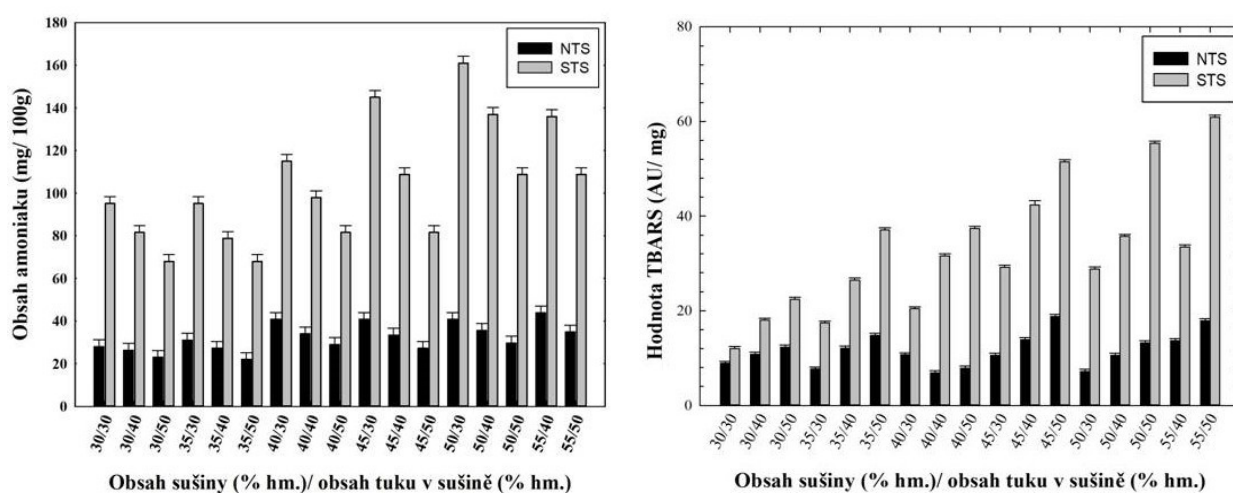
4.1.1 Výsledky mikrobiologického rozboru

U všech vzorků nesterilovaných TS skladovaných při teplotě 6 °C po dobu 30 dnů byl zaznamenán celkový počet aerobních anebo fakultativně anaerobních mezofilních mikroorganismů $1,31 \cdot 10^2 - 2,95 \cdot 10^2$ KTJ/g. Počet aerobních a anaerobních sporotvorných mikroorganismů se pohyboval mezi $1,12 \cdot 10^2 - 2,37 \cdot 10^2$ KTJ/g. V žádném vzorku nebyly zjištěny koliformní bakterie a kvasinky ani plísňe. Vzorky sterilovaných TS nevykazovaly přítomnost žádné z pěti skupin zkoumaných mikroorganismů specifikovaných v kapitole 3.3, a to ani při termostatové zkoušce. Navržená teplota tohoto sterilačního záhřevu 120 °C s dobou výdrže 40 min zajistila praktickou sterilitu TS za daných podmínek bez ohledu na obsah sušiny a tuku v sušině. Výsledek mikrobiologické analýzy koresponduje i se studií Buňka, Štětina a Hrabě (2008), kteří sterilovali TS při teplotě 117 °C po dobu 20 min a v jejichž vzorcích nebyly zjištěny žádné přítomné mikroorganismy, a to ani po 2 letech skladování. Také souhlasí se studií Bubelová et al. (2015), kde byl sterilovaný TS skladován po dobu 2 let, a během skladování nebyly detekovány žádné mikroorganismy.

4.1.2 Výsledky základní chemické analýzy

V rámci základní chemické analýzy byl stanoven obsah sušiny, amoniaku, hodnota pH a také hodnota TBARS. Z naměřených dat, lze konstatovat, že obsah sušiny se pohyboval v rozmezí, které bylo vypočítáno v surovinové skladbě. Můžeme tedy říct, že po aplikaci sterilačního záhřevu nedošlo ke změně zmíněných parametrů ($P \geq 0,05$). Hodnoty pH modelových vzorků TS klesaly se zvyšujícím se obsahem sušiny ($P < 0,05$), na druhou stranu ale rostly s rostoucím obsahem tuku v sušině ($P < 0,05$). Sterilační záhřev způsobil pokles hodnot pH v rozmezí 0,1–0,2 ($P < 0,05$). Snížení hodnot pH může být způsobeno důsledkem hydrolýzy po fosforečnanových tavicích solí či tvorbou kyselin v průběhu Maillardových reakcí (Lazárková et al., 2011; Černíková et al., 2017). Pokles hodnot pH během skladování lze vysvětlit hydrolýzou difosforečnanů a polyfosforečnanů nebo také množnými změnami v disociaci tavicích solí nebo jiných sloučenin přítomných v matrici TS. I přes pokles se hodnoty pH pohybovaly v optimálním rozmezí, které je dle

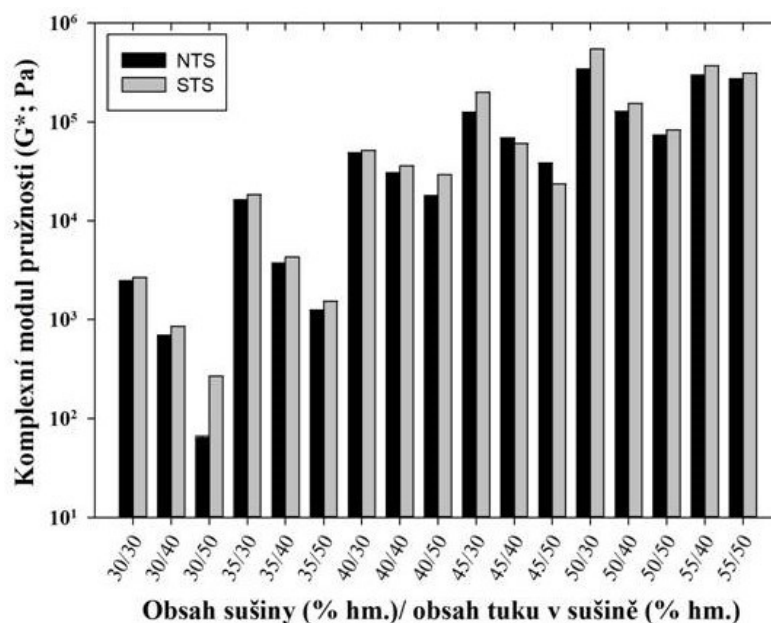
literatury 5,6–6,0 (Carić a Kaláb, 1997; Černíková et al., 2017). Stejně tak můžeme říci, že se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině se zvyšoval nejen obsah amoniaku, ale také hodnota TBARS ($P < 0,05$) (Obr. 1). U modelových vzorků TS s rostoucím obsahem tuku, ale s konstantním obsahem sušiny, byl pozorován klesající obsah amoniaku. Hodnota TBARS se ale i v tomto případě zvyšovala ($P < 0,05$). V důsledku sterilačního záhřevu se obsah amoniaku a hodnota TBARS významně zvýšila ($P < 0,05$), rychlost změny se významně zvýšila se zvyšujícím se obsahem sušiny ve vzorcích tavených sýrů ($P < 0,05$). Nejvýraznější nárůst lze pozorovat u vzorku s 55 % hm. sušiny a 50 % hm. tuku v sušině, kde došlo až k šestinásobnému zvýšení hodnot TBARS oproti nesterilovanému vzorku. Obsah tuku v modelových vzorcích TS má významný vliv na výsledné hodnoty TBARS. Tato tvrzení se shodují se studií Kristensen et al. (2001), v níž je taktéž prokázán nárůst hodnot TBARS při vyšších teplotách skladování, a i během skladování. Zvyšující se hodnota TBARS udává množství sekundárních produktů oxidace lipidů a popisuje rychlost oxidačních reakcí v potravinách (Kristensen a Skibsted, 1999; Kristensen et al., 2001). Obsah amoniaku je významným ukazatelem vývoje Maillardových reakcí, které zahrnují mimo jiné i Streckerovu degradaci aminokyselin, jejímž produktem je právě amoniak (Iriondo-DeHond et al., 2020; Li et al., 2023).



Obr. 1: Výsledné hodnoty obsahu amoniaku (mg/kg) a TBARS (AU/mg) v nesterilovaných (černé sloupce, NTS) a sterilovaných (šedé sloupce, STS) modelových vzorcích TS. Výsledky jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka

4.1.3 Výsledky reologické analýzy

Na základě hodnot G' a G'' byl sestaven graf pro komplexní modul pružnosti, který je znázorněn na Obr 2. Hodnoty G^* se významně zvýšily se zvyšujícím se obsahem sušiny (při konstantním obsahu tuku v sušině; $P < 0,05$) a naopak klesaly se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině (při konstantním obsahu sušiny; $P < 0,05$). Z komplexního modulu pružnosti můžeme říci, že po aplikaci sterilačního záhřevu se významně zvýšila pevnost vzorku. S rostoucím obsahem sušiny a klesajícím obsahem tuku v sušině vykazovaly vzorky více pevné chování než chování podobné kapalině ($P < 0,05$). Buňka, Štětina a Hrabě (2008) ve své studii potvrdili nárůst G^* po aplikaci sterilačního záhřevu.



Obr. 2: Graf komplexního modulu pružnosti pro modelové vzorky nesterilovaných (černé sloupce, NTS) a sterilovaných (šedé sloupce, STS) tavených sýrů. Výsledky jsou vyjádřeny jako průměr \pm směrodatná odchylka.

4.1.4 Výsledky instrumentální analýzy barvy

Ze stanovení instrumentální analýzy barvy vyplynulo, že jas se u jednotlivých vzorků nesterilovaných tavených sýrů s obsahem tuku v sušině 30 % hm a 40 % hm. významně nelišil ($P > 0,05$). Nesterilované vzorky TS s obsahem tuku v sušině 50 % hm. vykazovaly výrazně nižší hodnoty jasu ve srovnání se vzorky s nižšími hodnotami obsahu tuku v sušině ($P < 0,05$). V případě barevnosti na zeleno-červené a modro-žluté ose výsledky ukázaly, že se zvyšujícím se obsahem sušiny a tuku v sušině došlo k výraznému posunu k červené, respektive žluté oblasti ($P < 0,05$). Průběh chemických

reakcí, jejichž ukazatele byly testovány, výrazně ovlivnil vzhled a barvu modelových vzorků TS. V důsledku sterilačního záhřevu se snížil jas a barevnost vzorku se posunula ze zelené na červenou a z modré na žlutou, což odpovídá zjištění ze studie Buňka, Štětina a Hrabě (2008), kteří testovali sterilovaný TS či Wang et al. (2020), který analyzoval sterilované kokosové mléko. Intenzita poklesu světelnosti a zmíněný posun barevnosti se významně zvýšil s rostoucím obsahem sušiny a tuku v matrici taveného sýra. Tento děj lze vysvětlit působením Maillardových reakcí a oxidačních reakcí lipidů. V důsledku sterilace dochází k degradačním reakcím bílkovin. Tyto reakce se následně projevují na výsledných organoleptických vlastnostech TS, zejména na jeho barvě (Lazárková et al., 2011; Buňka et al., 2023).

4.1.5 Výsledky sensorického hodnocení

Změny v instrumentálně stanoveném barevném profilu sterilovaných vzorků TS byly potvrzeny i sensorickým hodnocením, jehož výsledky jsou zaznamenány v tabulce 1. U všech sterilovaných modelových vzorků TS bylo označeno zhoršení vzhledu ve srovnání s odpovídajícím nesterilovaným vzorkem TS, což může negativně ovlivnit přijatelnost produktů spotřebiteli.

Vzhled nesterilovaných tavených sýrů byl hodnocen jako vynikající u všech modelových vzorků, a to bez ohledu na obsah sušiny a tuku v sušině ($P \geq 0,05$). Z hlediska vzhledu byly za nejlepší považovány sterilované vzorky TS s obsahem sušiny 35 a 40 % hm. a obsahem tuku v sušině 50 % hm. Po sterilačním záhřevu hodnotitelé označili vzorek s obsahem sušiny 55 % hm. a obsahem tuku v sušině 40 % hm. jako nejméně přijatelný. Chuť a vůně byly hodnoceny, jako vynikají nebo velmi dobré, pro většinu nesterilovaných TS bez ohledu na obsah sušiny a tuku v sušině ($P \geq 0,05$). Po aplikaci sterilačního záhřevu se chuť a vůně zhoršila u všech testovaných vzorků TS. Téměř nepříjatelým vzorkem TS se z hlediska chuti a vůně stal vzorek s obsahem sušiny 50 % hm. a s obsahem tuku v sušině 50 % hm. a také vzorky s obsahem sušiny 55 % hm.

Tabulka 1: Vybrané výsledky senzoričké analýzy (sledované parametry: vzhled, konzistence, tuhost, chuť a vůně a přítomnost nežádoucí pachutě) nesterilovaných TS (NTS) a sterilovaných TS (STS). Výsledky jsou vyjádřeny jako medián*.

Obsah sušiny (% hm.)	Obsah tuku v sušině (% hm.)	Vzhled**		Konzistence**		Tuhost***		Chuť a vůně**		Nežádoucí pachut' ****	
		NTS	STS	NTS	STS	NTS	STS	NTS	STS	NTS	STS
30	30	1 ^a A _a	6 ^a A _b	7 ^a A _a	7 ^a A _a	3 ^a A _a	4 ^a A _b	2 ^a A _a	6 ^a A _b	1 ^a A _a	3 ^a A _b
	40	1 ^a A _a	6 ^a A _b	7 ^a A _a	7 ^a A _a	2 ^b A _a	3 ^b A _b	2 ^a A _a	6 ^a A _b	1 ^a A _a	3 ^a A _b
	50	1 ^a A _a	6 ^a A _b	8 ^b A _a	7 ^a A _b	1 ^c A _a	2 ^c A _b	2 ^a A _a	6 ^a A _b	1 ^a A _a	4 ^b A _b
35	40	1 ^a A _a	6 ^a A _b	3 ^b B _a	5 ^b B _b	4 ^b B _a	6 ^b B _b	2 ^a A _a	6 ^a A _b	1 ^a A _a	4 ^a B _b
	50	1 ^a A _a	5 ^b B _b	4 ^c B _a	4 ^c B _a	3 ^c B _a	5 ^c B _b	1 ^b B _a	5 ^a B _b	1 ^a A _a	4 ^a A _b
40	30	1 ^a A _a	6 ^a A _b	7 ^a A _a	7 ^a A _a	6 ^a C _a	7 ^a B _b	2 ^a A _a	6 ^a A _b	1 ^a A _a	4 ^a B _b
	40	1 ^a A _a	6 ^a A _b	4 ^b C _a	5 ^b B _b	6 ^a C _a	7 ^a C _b	1 ^b B _a	5 ^b B _b	1 ^a A _a	4 ^a B _b
	50	1 ^a A _a	5 ^b B _b	2 ^c C _a	4 ^c B _b	5 ^b C _a	6 ^b C _a	1 ^b B _a	5 ^b B _b	1 ^a A _a	4 ^a A _b
45	30	1 ^a A _a	7 ^a B _b	8 ^a C _a	8 ^a B _a	7 ^a D _a	8 ^a C _b	2 ^a A _a	6 ^a A _b	1 ^a A _a	6 ^a C _b
	40	1 ^a A _a	7 ^a B _b	7 ^b A _a	8 ^a C _b	6 ^b C _a	7 ^b C _b	2 ^a A _a	7 ^b C _b	1 ^a A _a	5 ^b C _b
	50	1 ^a A _a	6 ^b A _b	5 ^c D _a	6 ^b C _b	6 ^b D _a	7 ^b D _b	1 ^b B _a	7 ^b C _b	1 ^a A _a	5 ^b B _b
50	40	1 ^a A _a	7 ^a B _b	8 ^b D _a	9 ^a D _b	7 ^b D _a	9 ^a D _b	2 ^a A _a	7 ^a C _b	1 ^a A _a	6 ^a D _b
	50	1 ^a A _a	7 ^a C _b	7 ^c E _a	8 ^b D _b	6 ^c D _a	8 ^b E _b	2 ^a A _a	8 ^b D _b	1 ^a A _a	7 ^b C _b
55	40	1 ^a A _a	8 ^a C _b	9 ^a E _a	9 ^a D _a	7 ^a D _a	9 ^a D _b	2 ^a A _a	8 ^a D _b	1 ^a A _a	8 ^a E _b
	50	1 ^a A _a	7 ^b C _b	8 ^b A _a	9 ^b E _b	7 ^a E _a	9 ^a F _b	2 ^a A _a	8 ^a D _b	1 ^a A _a	8 ^a D _b

*Medián ve sloupci (rozdíl mezi obsahem tuku v sušině při konstantním obsahu sušiny) následované různými horními indexy se liší ($P < 0,05$); každý obsah sušiny byl hodnocen samostatně. Mediány ve sloupci (rozdíl mezi obsahem sušiny při konstantním obsahu tuku v sušině) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$); každý obsah tuku v sušině byl hodnocen samostatně. Mediány v rámci řady (rozdíl mezi nesterilovaným a sterilovaným TS) následované různými dolními indexy se liší ($P < 0,05$); každý parametr byl hodnocen samostatně. ** Použita sedmibodová stupnice (1– výborné, 7– nepřijatelné); *** Použita devítibodová stupnice (1–měkká, 7–extra tvrdá); **** Použita devítibodová stupnice (1–bez cizí příchutě, 7–nadměrný výskyt cizí příchutě)

Všechny vzorky tavených sýrů vykazovaly zvýšení tuhosti v důsledku sterilace, což mělo za následek horší konzistenci ve většině vzorků sterilovaných TS ve srovnání s odpovídajícími nesterilovanými vzorky TS ($P < 0,05$). Vzhledem k tomu, že vzorky byly posuzovatelům předkládány jako roztíratelný TS, byla konzistence nesterilovaných vzorků s obsahem sušiny 30 % hm. hodnocena jako méně vhodná či nepříjemná, a to především z důvodu vysoké tekutosti vzorků ($P < 0,05$). Za nejlepší z hlediska konzistence byl považován vzorek sterilovaného TS s obsahem sušiny 40 % hm. a obsahem tuku v sušině 50 % hm. Aplikace sterilačního záhřevu také způsobila zhoršení chuti ($P < 0,05$), hlavně kvůli výskytu nežádoucí pachutě. Výsledky jasně ukázaly, že sterilace významně ovlivnila organoleptické vlastnosti modelových vzorků tavených sýrů v důsledku několika fyzikálních procesů a zejména chemických reakcí (Friedman, 1996; Lazárková et al., 2021).

4.2 Výsledky a diskuze k experimentu II

4.2.1 Výsledky základní chemické analýzy

Z výsledků základní chemické analýzy bylo zjištěno, že obsah sušiny v modelových vzorcích TS se pohyboval od 42,43–43,80 % hm., což ukázalo na stabilitu obsahu sušiny ve vzorcích. Dále byl sledován obsah tuku, který se pohyboval od 22,5 % do 23,0 % hm. Díky tomu, že obsah sušiny a tuku v sušině byl u všech modelových vzorků v úzkém rozmezí, mohly být jednotlivé vzorky TS mezi sebou srovnány. Hodnoty pH vzorků vyrobených s přídavkem hydrokoloidů se po celou dobu skladování pohybovaly v intervalu 5,33–5,59 ($P < 0,05$), zatímco hodnoty kontrolních vzorků TS vykazovaly hodnoty v rozmezí 5,57–5,77. Rozmezí hodnot pH 5,6–6,1 je u TS označováno jako optimální (Guinee, 2011). Během 60denního skladování bylo pozorováno snížení pH ($P < 0,05$) především u vzorků obsahujících AG a ŽL. Výsledné hodnoty pH modelových vzorků TS s přídavkem AG se přiblížily hodnotě pH 5,6 pouze první a čtrnáctý den skladování, poté hodnota pH klesla na 5,3. Vzorky obsahující ŽL vykazovaly hodnoty pH 5,5 na začátku experimentu a po 60 dnech skladování se hodnota pH snížila na 5,3. U modelových vzorků TS s přídavkem KR nedošlo během skladování k významnému poklesu hodnot pH ($P \geq 0,05$). Snížení hodnot pH pod optimální rozmezí má za následek vznik tuhých tavených sýrů, které se stávají méně roztíratelnými (Tamime, 2011; Deshwal et al., 2023).

4.2.2 Výsledky reologické analýzy

Výsledky komplexního modulu pružnosti pro vzorky TS vyrobených s přídavkem hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem jsou uvedeny v tabulce 2. pro referenční frekvenci 1 Hz, pro vzorky TS vyrobených s přídavkem hydrokoloidů během 60 dnů skladování. Poskytnutá data ukazují, že vzorek s přídavkem 1 % hm. KR vykazoval nejvyšší hodnoty G^* . Následoval vzorek TS s použitím AG. Na druhou stranu vzorek, do kterého byla přidána ŽL, vykazoval hodnoty G^* podobné hodnotám kontrolního vzorku. Podle Pisky a Štětiny (2004) zvýšení hodnot G^* vede ke zvýšení tuhosti taveného sýra. Černíková et al. (2008) ve své studii došla k závěru, že zvýšená koncentrace κ -karagenanu může způsobit změny ve vlastnostech gelu nebo intenzivnější interakce mezi karagenanovými řetězci, což vede k vytvoření husté síťové struktury, a tím i ke zvýšení tuhosti TS. Gely s přídavkem κ -karagenanu vykazují synergické účinky, což se projevuje vysokou elasticitou i viskozitou. Dále, když byly porovnány hodnoty G^* vzorků TS s AG a KR, bylo zjištěno, že vzorek s KR měl téměř dvakrát vyšší hodnoty G^* než vzorek s AG. Tento jev lze vysvětlit tak, že agar je ve srovnání s neutrálně nabitými polysacharidy velmi slabý, neinteraguje s proteiny ani jinými nabitými molekulami, tvoří slabé sekundární a rozvětvené sítě a vykazuje nižší synerezi ve srovnání s aniontovými polysacharidy, jako jsou pektin či κ -karagenan (Imeson, 2010; Venugopal, 2011; Laneuville a Turgeon, 2014). Vzorky s přídavkem ŽL vykazovaly nízké hodnoty G^* a navíc byly podobné hodnotám kontrolního vzorku. Při porovnání vzorků TS s přídavkem ŽL a AG bylo také zjištěno, že vzorky obsahující želatinu měly hodnoty G^* asi o čtvrtinu nižší než vzorky s agarem. U kontrolního vzorku TS bylo během doby skladování pozorováno mírné zvýšení G^* ($P \geq 0,05$). Naopak tuhost vzorků TS vyrobených s použitím hydrokoloidů vykazovala během celého experimentu významný pokles G^* ($P < 0,05$). Lze tedy předpokládat, že během skladování se struktury hydrokoloid-proteinového komplexu pravděpodobně přeskupují a přítomná voda se na vyvinutou matici váže méně intenzivně. Zmíněný pokles G^* vedl pravděpodobně u vzorků TS ke snížení počtu interakcí v matici během skladování (Kapoor a Metzger, 2008).

Tabulka 2: Hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^* , Pa) TS během skladování

Kód vzorku	G^* [Pa] (1. den)	G^* [Pa] (14. den)	G^* [Pa] (30. den)	G^* [Pa] (60. den)
TKS	7445±197 ^{a,A}	8866±213 ^{a,B}	9441±268 ^{a,A}	10778±268 ^{a,D}
AG	44159±576 ^{b,A}	39817±512 ^{b,B}	38523±451 ^{b,C}	36950±425 ^{b,C}
KR	85682±931 ^{c,A}	80343±889 ^{c,B}	77249±817 ^{c,C}	75521±756 ^{c,D}
ŽL	10504±278 ^{d,A}	8090±195 ^{d,A}	7687±187 ^{d,B}	5369±138 ^{d,C}

*KTS – kontrolní vzorek s 2,5 % hm. tavicích solí; *AG – vzorek s 1 % hm. agaru; *KR – vzorek s 1 % hm. κ-karagenanu; *ŽL – vzorek s 1 % hm. želatiny. Průměrné hodnoty ve sloupci (rozdíl mezi typem hydrokoloidu; bylo zahrnuto i srovnání kontrolního vzorku) následované různými horními indexy se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řadě (rozdíl mezi dobou skladování, porovnání stejného typu hydrokoloidu; byl zahrnut i kontrolní vzorek) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

4.3 Výsledky a diskuze k experimentu III

4.3.1 Výsledky mikrobiologické analýzy

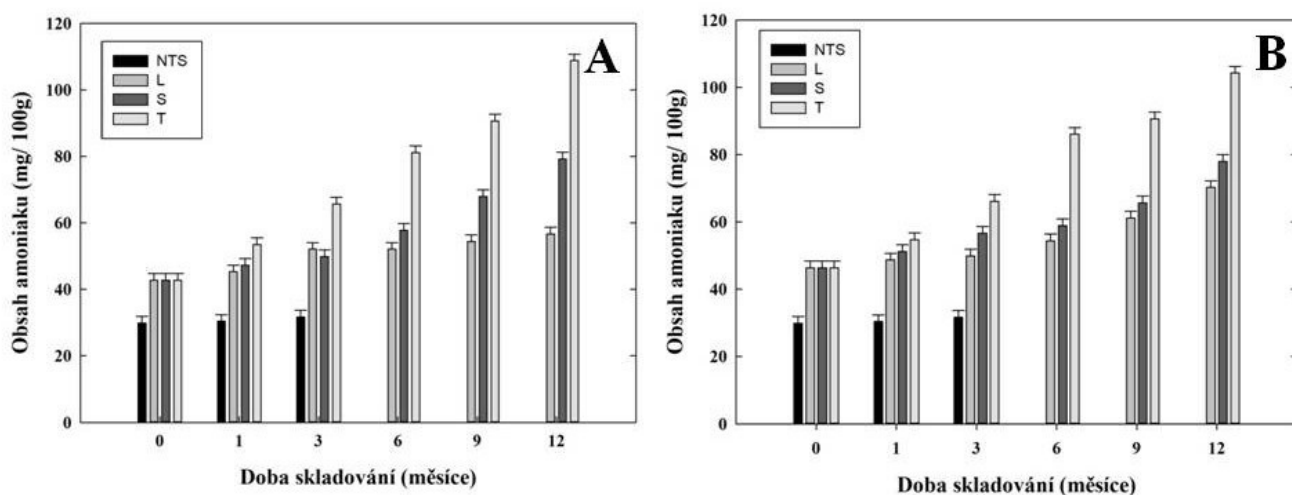
Nesterilované modelové vzorky rajčatových a chřestových TS byly testovány z hlediska mikrobiologické analýzy ihned po výrobě a dále po třech měsících skladování. Ve vzorcích nesterilovaných TS skladovaných při teplotě 6 °C (v rámci obou sterilačních režimů) byl zaznamenán celkový počet aerobních anebo fakultativně anaerobních mezofilních mikroorganismů v rozmezí $1 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^2$ KTJ/g. Počet aerobních a anaerobních sporotvorných mikroorganismů se pohyboval v rozmezí $1 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^3$ KTJ/g. Vyšší množství mikroorganismů bylo zjištěno v rajčatových modelových vzorcích než v chřestových. Důvodem vyššího výskytu mikroorganismů byl zřejmě obsah sušené bazalky, jelikož nebyla před použitím sterilována. Koliformní bakterie, kvasinky a ani plísně nebyly zjištěny v žádných modelových vzorcích TS. U sterilovaných vzorků TS nebyly taktéž zjištěny žádné zkoumané mikroorganismy, které jsou specifikovány v kapitole 3.3. Mikroorganismy nebyly detekovány ani po termostátové zkoušce modelových vzorků TS, a to v celém průběhu skladování bez ohledu na použitý sterilační režim. Studie Lazárková et al. (2011) se taktéž zabývala testováním různých sterilačních režimů (110 °C/ 100 min; 115 °C/ 32 min; 120 °C/ 10 min; 125 °C/ 3,2 min) a jejich vlivem na jakostní parametry tavených sýrů. Výsledkem mikrobiologické analýzy této studie bylo zjištěno, že ve sterilovaných TS taktéž nebyla detekována přítomnost mikroorganismů, bez ohledu na režim sterilace.

4.3.2 Výsledky základní chemické analýzy

V rámci základní chemické analýzy byl testován obsah sušiny, obsah amoniaku, hodnota pH a hodnota TBARS modelových vzorků TS. Testování nesterilovaných vzorků bylo provedeno ihned po výrobě a dále po 1 a 3 měsících skladování. Průměrné hodnoty obsahu sušiny nesterilovaných tavených sýrů s rajčatovou ochucující složkou se během 3měsíčního skladování pohybovaly v rozmezí 37,66–38,80 % hm., u TS s chřestem se hodnoty obsahu sušiny pohybovaly v rozmezí 37,08–38,00 % hm. Rozmezí obsahu sušiny sterilovaných modelových vzorků s rajčetem se pohybovalo v rozmezí 36,15–37,86 % hm., u TS s chřestem byl obsah sušiny v rozmezí 36,52–37,70 % hm. Vzhledem k tomu, že modelové vzorky obou šarží TS byly hermeticky uzavřeny v neprodyšných obalech, nebyla změna obsahu sušiny očekávána. Tato analýza tedy ukázala, že sledované vzorky se obsahem sušiny významně nelišily ($P \geq 0,05$), bez ohledu na teplotu skladování či použitý sterilizační režim, a proto mohly být vzorky vzájemně srovnávány.

Dále byly sledovány hodnoty pH. Hodnoty pH nesterilovaných TS s rajčetem se pohybovaly v intervalu 5,8–5,9; u TS s chřestem 5,8–6,1. Po sterilizačním záhřevu se hodnoty pH snížily jak u obou sterilizačních režimů, tak během skladování při všech teplotách. Nejvýraznější změna hodnot pH byla zaznamenána u vzorků TS skladovaných při 40 °C, konkrétně se jednalo o modelové vzorky šarže rajče, kde došlo k poklesu až k hodnotě 5,3, a to u obou sterilizačních režimů ($P < 0,05$). U modelových vzorků s chřestem byl pokles hodnot pH taktéž nejvýraznější při skladování při 40 °C ($P < 0,05$). Významný rozdíl byl tedy shledán v případě, že byly porovnány nesterilované a sterilované vzorky TS v rámci jedné šarže. Při porovnání hodnot pH TS s oběma ochucujícími složkami nebyl v průběhu skladování zaznamenán statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Jak již bylo zmíněno výše, snížení hodnot pH může být způsobeno hydrolýzou polyfosforečnanových tavicích solí či tvorbou kyselin v průběhu Maillardových reakcí (Lazárková et al., 2011; Černíková et al., 2017). V tomto případě se na snížení hodnot pH podílel i použitý rajčatový prášek. Dle výzkumu Solhi et al. (2020) způsobuje rajčatový prášek snížení hodnot pH. Také bylo zjištěno, že při použití vyšších koncentrací rajčatového prášku dojde také k vyššímu snížení hodnot pH. Ke stejnému závěru přišli i ve studii Mehanna et al. (2017), kde byla do taveného sýru přidávána rajčatová šťáva. I v tomto případě došlo ke snížení pH po

přidání šťávy. Na základě těchto studií lze tedy vysvětlit, proč je hodnota pH TS s rajčetem po sterilaci nižší než u TS s chřestem. Dalším sledovaným parametrem byl obsah amoniaku. Změna obsahu amoniaku v TS s rajčetem, v obou sterilačních režimech, je znázorněna na Obr. 4. Z výsledků je patrné, že při sterilačním režimu 120 °C po dobu 15 min dochází k velkému nárůstu obsahu amoniaku, hlavně v průběhu skladování. Počáteční hodnota obsahu amoniaku sterilovaného TS s rajčetem byla 29,5 mg/ 100g. Ihned po sterilaci se hodnota zvýšila na 36 mg/g a po 12 měsících skladování došlo k nárůstu až na 149,6 mg/g. Je nutné ale zmínit, že tak velké zvýšení hodnot se týkalo pouze při skladování ve 40 °C. Během skladování při 6 °C a 23 °C byl nárůst taktéž zaznamenán, ale téměř o polovinu nižší ($P < 0,05$). V případě sterilačního záhřevu na 125 °C po dobu 5 min nebyl nárůst hodnot ve srovnání se zmíněným sterilačním režimem tak vysoký. Opět došlo k nejvyššímu nárůstu hodnot při skladování při 40 °C, ale maximální hodnota obsahu amoniaku činila 90,7 mg/g. V případě obsahu amoniaku v TS s chřestem docházelo ke zvýšení hodnot v celém průběhu skladování, nejvyšší byla opět zaznamenána během skladování při 40 °C. Na rozdíl od TS s rajčetem nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi sterilačními režimy, jelikož po roce skladování TS při 40 °C byla hodnota obsahu amoniaku 108,8 mg/g a u sterilačního režimu 125 °C/ 5 min byla hodnota obsahu amoniaku 104,3 mg/g ($P \geq 0,05$).



Obr. 3: Výsledky obsahu amoniaku v nesterilovaných vzorcích TS s rajčetem (NTS) a sterilovaných vzorcích TS při 120 °C/ 15 min (A) a 125 °C/ 5 min během 12 měsíčního skladování. Sterilované vzorky TS skladované při 6 °C (L), při 22 °C (S) a při 40 °C (T). Hodnoty jsou znázorněny jako průměr ± směrodatná odchylka.

Stejně tak jako došlo ke zvýšení hodnot obsahu amoniaku, došlo ke zvýšení hodnot TBARS u obou sterilačních režimů, v případě obou použitých ochucujících složek a zároveň i v celém průběhu skladování ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnoty TBARS byly zaznamenány u vzorků TS s rajčetem sterilovaných při 120 °C/ 15 min skladovaných při 40 °C, kde hodnota dosahovala až 160 A₄₅₀/mg po 12 měsících skladování. Dle výsledných hodnot ale můžeme říci, že v průběhu skladování v termostatu při 40 °C docházelo k nárůstu hodnot TBARS u všech testovaných vzorků. Nejnižší nárůst byl zaznamenán při skladování TS v chladírenském zařízení, a to jak u TS s rajčetem, tak u TS s chřestem, kde se hodnoty TBARS pohybovaly v rozmezí 91–101 A₄₅₀/g. Při srovnání stejného sterilačního režimu a skladovací teploty (T) lze konstatovat, že byl zaznamenán statisticky významný rozdíl při použití ochucující složky rajče/chřest ($P < 0,05$). Teplota skladování měla taktéž vliv na výslednou hodnotu TBARS, a to v obou sterilačních režimech ($P < 0,05$). Jak již bylo zmíněno, teplota skladování a také doba skladování má významný vliv na hodnoty TBARS a množství amoniaku v produktu (Kristensen et al., 2001; Lazárková et al., 2010; Li et al., 2023). Ke stejným závěrům jsme dospěli v experimentu I, v němž byl zaznamenán nárůst TBARS a obsahu amoniaku po aplikaci sterilačního záhřevu (Jedouňková et al., 2022).

4.3.3 Výsledky instrumentální analýzy barvy

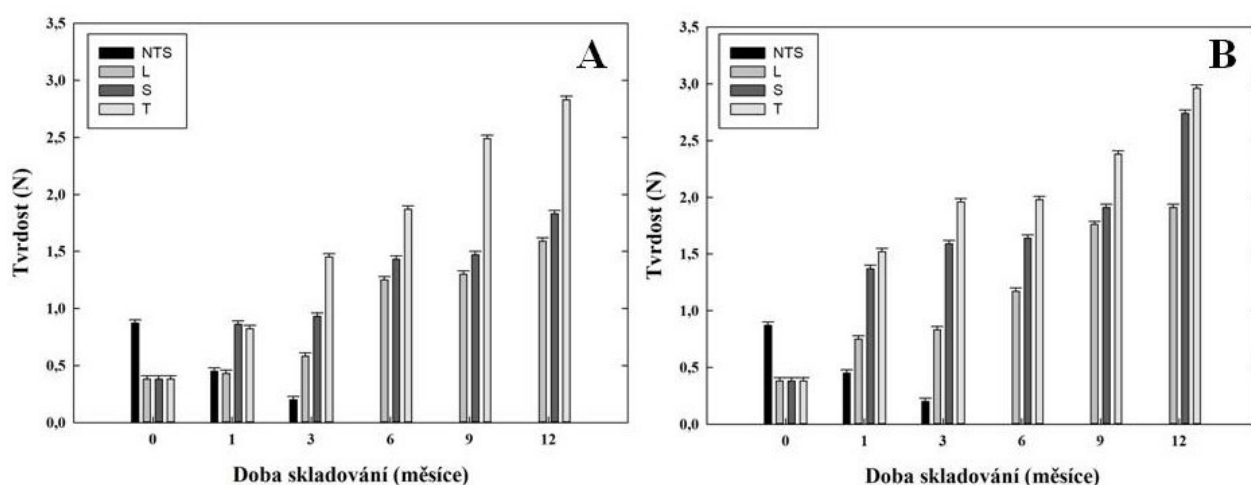
Barva modelových vzorků TS byla testována v průběhu celého skladování ve všech skladovacích teplotách a u obou sterilačních režimů. Z výsledných dat lze konstatovat, že v průběhu skladování došlo během všech testovaných skladovacích teplot a u obou sterilačních režimů k poklesu hodnot L^* ($P < 0,05$). K nejmenší změně hodnoty L^* došlo u obou sterilačních záhřevů při skladování vzorků při 6 °C. Na druhou stranu, u obou sterilačních záhřevů došlo k poklesu hodnoty L^* při skladování při 22 °C. Při porovnání s nesterilovanými vzorky došlo ke statisticky významné změně hodnot L^* ($P < 0,05$). Zcela nejnižší hodnotu L^* , tedy nejtmavší vzorek, měly modelové vzorky TS sterilované při 125 °C/ 5 min s rajčetem, skladované ve 22 °C, naopak za nejsvětlejší modelové vzorky TS lze označit TS s chřestem skladované při 6 °C.

Dále byly sledovány parametry a^* a b^* . Při porovnání parametru a^* u TS s rajčetem došlo v případě použitých sterilačních záhřevů pouze k mírnému nárůstu hodnot, zatímco u vzorků TS s chřestem byl nárůst hodnot výraznější

($P < 0,05$). K nárůstu hodnot docházelo především se zvyšující se teplotou skladování. Hodnoty parametru b^* se v průběhu skladování také zvyšovaly a nárůst byl vyšší se zvyšující se teplotou skladování ($P < 0,05$). Rozdílný nárůst hodnot, především u parametru a^* , byl způsoben ochucující složkou, jelikož rajčatový prášek byl červený a došlo tak k zamaskování změny barvy po aplikaci tepelného záhřevu. Chřestový prášek nebyl v zamaskování změny barvy tak účinný. V experimentu I jsme došli k závěru, že po sterilačním záhřevu dochází k posunu k červené, respektive žluté oblasti (Jedounková et al., 2022). Výsledná data tohoto experimentu závěry potvrzují. Lazárková et al. (2011) ve své studii taktéž potvrdila posun barvy k červené, respektive žluté barvě po aplikaci sterilačního záhřevu. Zkoumané vzorky vykazovaly také nižší hodnoty světlosti. Tento jev byl pozorován u všech testovaných sterilačních režimů.

4.3.4 Výsledky texturní analýzy a roztíratelnosti

Cílem texturní analýzy bylo zjistit tvrdost a roztíratelnost modelových vzorků TS. Na Obr. 5 jsou uvedeny výsledné hodnoty tvrdosti TS s rajčetem.



Obr. 4: Tvrdost nesterilovaných (NTS) a sterilovaných vzorků TS s rajčetem při 120 °C/ 15 min (A) a 125 °C/ 5 min (B) během 12 měsíčního skladování. Sterilované vzorky TS skladované při 6 °C (L), při 22 °C (S) a při 40 °C (T). Hodnoty jsou znázorněny jako průměr ± směrodatná odchylka.

Dle výsledných dat došlo u NTS k postupnému poklesu tvrdosti u obou použitých ochucujících složek. Při porovnání NTS a ochucujících složek byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi výslednou hodnotou tvrdosti TS s rajčetem a chřestem ($P < 0,05$). Po aplikaci sterilačního záhřevu došlo naopak k nárůstu tvrdosti. Tvrdost vzorků narůstala během celé doby skladování u všech testovaných modelových vzorků TS. K nejvyššímu

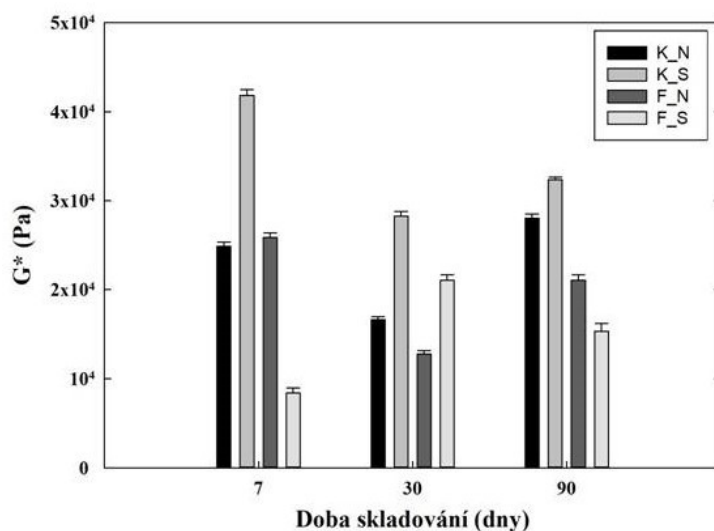
nárůstu tvrdosti docházelo u TS s rajčetem při v porovnání s TS s chřestem ($P < 0,05$). Zcela nejvyšší hodnota tvrdosti byla prokázána u vzorků TS s rajčetem skladovaných při 40 °C. Buňka, Štětina a Hrabě (2008) testovali vliv skladovací teploty (8 a 23 °C) a doby skladování na konzistenci STS. V prvních 6 měsících skladování při 8 °C sice došlo k poklesu tvrdosti, avšak v průběhu dalšího skladování se tvrdost vzorků zvyšovala. Při skladování TS ve vyšší teplotě byl detekován opačný proces, tzn., že nejdříve vzorky tuhly, ale po delší době skladování měkly. Bubelová et al. (2015) se zabývali vlivem dlouhodobého skladování (2 roky) na kvalitu STS. Dle jejich výzkumu vykazovaly testované vzorky TS po 6 měsících skladování nárůst tvrdosti. Vzorky skladované při 40 °C byly výrazně tužší i po 12 měsících skladování ve srovnání se vzorky skladovanými při 6 a 23 °C. Zvýšení tvrdosti TS skladovaného při vyšší teplotě by mohlo být způsobeno zesíťováním proteinů způsobených v důsledku hydrolýzy tavicích solí a postupného uvolňování vápenatých iontů (Schar a Bosset, 2002). Výsledky tvrdosti tedy korespondují s výsledky výzkumu Bubelová et al. (2015).

V případě stanovení roztíratelnosti nesterilovaných vzorků bylo zaznamenáno postupné zvyšování hodnot roztíratelnosti (tedy práce potřebné pro rozetření) v průběhu skladování, a to u všech testovaných vzorků TS, což znamená, že vzorky byly hůře roztíratelné se zvyšující se dobou skladování. Po aplikaci sterilačního záhřevu se roztíratelnost TS několikanásobně zvýšila ($P < 0,05$). U vzorků TS sterilovaných při 125 °C/ 15 min došlo ihned k nejvyššímu nárůstu oproti vzorkům sterilovaným při 120 °C ($P < 0,05$). V průběhu skladování se ovšem roztíratelnost vzorků po 3 měsících snížila a po zbylou dobu skladování se byly hodnoty téměř konstantní. Buňka, Štětina a Hrabě (2008) ve své studii zmiňují, že se zvyšující se tvrdostí TS dochází také ke zhoršení roztíratelnosti těchto vzorků. Výsledky experimentu III se od předchozích studií mírně liší. Naše výsledky naznačují, že i při zvyšující se tvrdosti tavených sýrů během skladování může dojít ke zlepšení roztíratelnosti. Tento rozpor může být způsoben dalšími faktory jako je hydrolýza tavicích solí, hodnotou pH nebo přítomností ochucujících složek, které mohou ovlivňovat výslednou konzistenci TS.

4.3.5 Výsledky reologické analýzy

Stejně jako v předchozích experimentech, byl i v tomto experimentu sledován viskoelastický profil modelových vzorků TS. Byl vypočítán G^* jehož výsledné hodnoty jsou uvedeny na Obr. 6. Pro znázornění dat byla

zvolena referenční hodnota frekvence 1 Hz. Výsledná data G^* potvrdila výsledná data tvrdosti, kdy během skladování docházelo k nárůstu hodnot G^* sterilovaných TS a tím tak docházelo k jejich tuhnutí. Nejvyšší hodnoty G^* byly zaznamenány u TS s rajčetem sterilovaných při 120 °C po roce skladování ve 40 °C. Hodnota G^* se po této délce skladování zvýšila z původních 1056 Pa až na 10152 Pa. Při skladování stejných vzorků TS s rajčetem při 6 °C či 23 °C byla hodnota poloviční. Stejný trend byl pozorován i u TS sterilovaných při 125 °C. Z těchto výsledků lze říci, že teplota 40 °C není pro skladování těchto TS vhodná. V případě TS chřestem byl trend obdobný, avšak výsledné hodnoty G^* nebyly ani v jednom testovaném sterilačním režimu tak vysoké. G^* TS s chřestem sterilované při 120 °C dosahovaly maximální hodnoty 4085 Pa a u TS sterilovaných při 125 °C 2616 Pa. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány při skladování v 6 °C, a to u všech testovaných vzorků TS. Nárůst hodnot G^* po aplikaci sterilačního záhřevu byl potvrzen i ve studiích Buňka, Štětina a Hrabě (2008); Jedouňková et al. (2022) či Buňka et al. (2023). Vyšší tuhost vzorků TS s rajčetem mohla být způsobena ochucující složkou, avšak tento proces nebyl v rámci této práce zkoumán detailněji.



Obr. 5: Hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) nesterilovaných (N) a sterilovaných (S) TS s κ -karagenanem (K) a furcellaranem (F) během skladování

4.4 Výsledky experimentu IV

4.4.1 Výsledky mikrobiologické analýzy

Stejně jako u předchozích experimentů byla i v tomto případě provedena mikrobiologická analýza. V nesterilovaných TS byl zaznamenán celkový

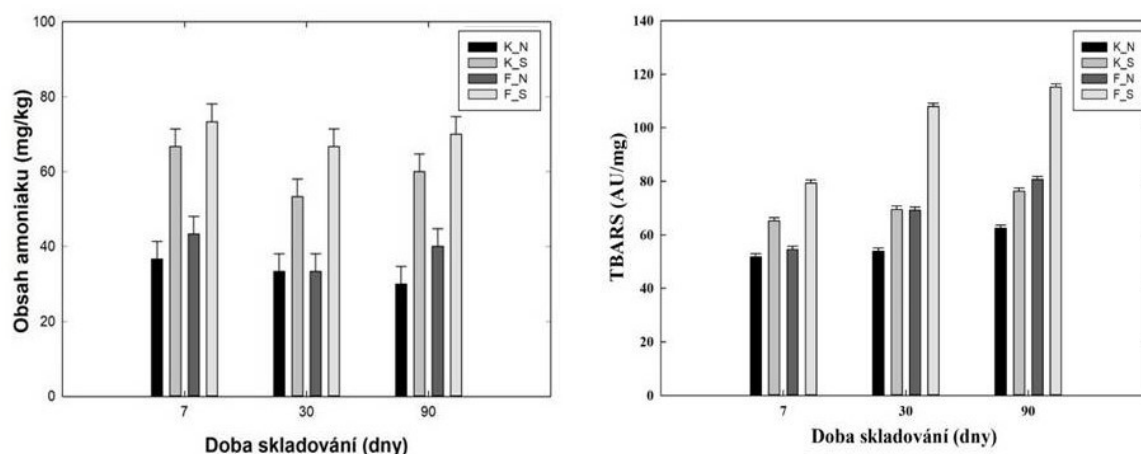
počet aerobních nebo fakultativně anaerobních mezofilních mikroorganismů v rozmezí $2 \cdot 10^3$ – $2,5 \cdot 10^4$ KTJ/g. Počet aerobních a anaerobních sporotvorných mikroorganismů byl $< 1 \cdot 10^2$ KTJ/g. Sterilované TS nevykazovaly přítomnost žádných ze sledovaných mikroorganismů, a to ani po termostátové zkoušce. Nárůst mikroorganismů po 90 dnech skladování také nebyl prokázán. Je patrné, že vlivem sterilačního záhřevu došlo ke snížení celkového počtu mikroorganismů pod mez detekce. Jelikož byl sterilační záhřev testován již v předchozím experimentu, nebyl očekáván nárůst mikroorganismů. Výsledky jsou tedy v souladu se studiemi, které byly zmíněny v předešlých experimentech (Buňka, Štětina a Hrabě, 2008; Lazárková et al., 2011).

4.4.2 Výsledky základní chemické analýzy

V rámci základní chemické analýzy bylo opět provedeno stanovení obsahu sušiny, amoniaku, stanovení hodnot pH a také TBARS. Očekávané hodnoty sušiny (tedy cca 40 % hm.) byly potvrzeny (pohybovaly se v rozmezí 39,8–41,6 % hm.) a nedošlo k jejich změně po sterilaci, ani během skladování. Jelikož byl obsah sušiny u všech modelových vzorků TS téměř stejný, mohly být vzorky vzájemně porovnávány. Hodnoty pH nesterilovaných vzorků TS se během skladování pohybovaly v intervalu 6,12–6,18. U sterilovaných TS se pH vlivem sterilačního záhřevu snížilo a v průběhu skladování se hodnoty pH pohybovaly v rozmezí 5,72–5,84 ($P < 0,05$). Jak bylo zmíněno, optimální hodnoty pH pro TS jsou v rozmezí 5,6–6,0 což koresponduje s našimi výsledky (Carić a Kaláb, 1999; Lazárková et al., 2015; Jedouňková et al., 2022).

Dále byl stanoven obsah amoniaku. Z výsledků (Obr. 7) je patrné, že vlivem sterilace došlo k nárůstu hodnot obsahu amoniaku u obou testovaných sterilovaných TS. Při porovnání testovaných hydrokoloidů lze konstatovat, že u TS s furcellaranem až k dvojnásobnému nárůstu obsahu amoniaku ($P < 0,05$). Zvýšené množství obsahu amoniaku je důsledkem použití sterilačního záhřevu, při kterém dochází k degradaci aminokyselin, jejichž produktem je právě amoniak (Bubelová et al., 2013; Li et al., 2021). Stejně tak, jako došlo k nárůstu obsahu amoniaku, došlo vlivem sterilace a také rostoucí dobou skladování k zintenzivnění komplexu Maillardových reakcí a oxidačních reakcí lipidů a tím k nárůstu TBARS (Li et al., 2023). Nejvyšší hodnota TBARS byla zaznamenána opět u TS s furcellaranem, a to v celém průběhu skladování ($P < 0,05$). K navýšení hodnot TBARS docházelo během skladování, a to u všech TS, nicméně větší rozdíly byly zaznamenány u STS

($P < 0,05$). Nesterilované TS vykazovaly hodnoty TBARS v rozmezí 51–81 A_{450}/mg , sterilované TS 65–115 A_{450}/mg . Tato tvrzení se shodují i s předchozí prací Jedounková et al. (2022), kde byl taktéž prokázán nárůst TBARS po sterilaci. Studie Kristensen et al. (2001) také zmiňuje, že na nárůst hodnot TBARS má vliv i teplota a doba skladování. I s tímto tvrzením se shodují výsledná data experimentu.



Obr. 6: Výsledné hodnoty obsahu amoniaku a hodnot TBARS v nesterilovaných (N) a sterilovaných (S) tavených sýrech bez tavicích solí s použitím κ -karagenanu (K) a furcellaranu (F) v průběhu skladování

4.4.3 Výsledky reologické analýzy

Pro prezentaci výsledků G^* byla zvolena referenční hodnota frekvence 1 Hz. Tabulka 3 uvádí výsledky G^* TS během skladování. TS s κ -karagenanem vykazovaly po sterilaci vyšší hodnoty G^* oproti nesterilovaným vzorkům, zatímco TS s furcellaranem vykazovaly po sterilaci hodnoty nižší než před tepelným záhřevem. Dle Pisky a Štětiny (2004) vede zvýšení hodnot G^* ke zvýšení tuhosti vzorků. Vzorky TS s κ -karagenanem byly tedy po tepelném záhřevu výrazně tužší ($P < 0,05$). U TS s κ -karagenanem došlo vlivem sterilace a také rostoucí dobou skladování ke zvýšení hodnot G' a G'' v celém rozsahu frekvencí (0,1–100,0 Hz), což svědčí o zvýšení tuhosti ($P < 0,05$). Naopak u TS s furcellaranem došlo vlivem sterilace ke snížení hodnot G' a G'' v celém rozsahu frekvencí ($P < 0,05$). V průběhu skladování sice došlo k postupnému nárůstu hodnot G' a G'' , ale ani po 90 dnech nedosahovali hodnot jako před sterilací. Dle literatury dochází při použití κ -karagenanu k intenzivnějším reakcím mezi karagenanovými řetězci, což vede k vytvoření pevnější síťové struktury (Černíková et al., 2008). Využití furcellaranu při výrobě TS jako úplné náhrady tavicích solí vede taktéž ke zvýšení tuhosti

vzorků (Kůrová et al., 2022). Vlivem sterilace ale došlo k opačnému chování. Tento děj není v literatuře dostatečně popsán a bude předmětem dalšího zkoumání.

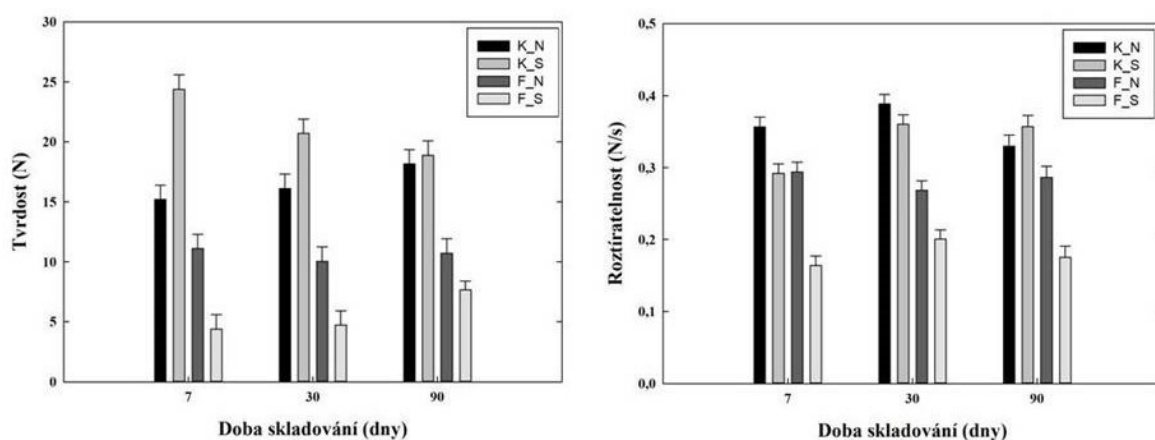
Tabulka 3: Hodnoty G^* nesterilovaného (N) i sterilovaného (S) TS s κ -karagenanem (K) a furcellaranem (F) během skladování. *

Kód vzorku	G^* (7. den)	G^* (30. den)	G^* (90. den)
K_N	24 890±457 ^{a,A}	16 640±331 ^{a,B}	28 045±486 ^{a,A}
K_S	41 836±633 ^{b,A}	28 253±562 ^{b,B}	32 360±297 ^{b,C}
F_N	25890±487 ^{c,A}	12 755±393 ^{c,B}	21 030±654 ^{c,C}
F_S	8 371±586 ^{d,A}	5,74±611 ^{d,A}	15 340±863 ^{d,B}

Výsledky uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka. Průměrné hodnoty G^ v rámci sloupce (rozdíl mezi N a S TS; rozdíl mezi použitými hydrokoloidy) následované různými horními indexy se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty G^* v rámci řádku (rozdíl během skladování) následované různými velkými písmeny se liší ($P < 0,05$).

V rámci texturní profilové analýzy byly testovány hodnoty tvrdosti modelových vzorků TS, viz Obr. 8. Nejnižší hodnoty tvrdosti byly zaznamenány u STS s furcellaranem. I přesto, že v průběhu skladování docházelo k mírnému nárůstu, nedosahovaly vzorky stejných hodnot jako NTS ($P < 0,05$). U TS s κ -karagenanem byl trend opačný. NTS vykazovaly nižší hodnoty tvrdosti než STS ($P < 0,05$). Byl také zaznamenán významný rozdíl u STS v použitém hydrokoloidu. Karagenan způsobil téměř dvojnásobný nárůst tvrdosti vzorků ($P < 0,05$). Dostupná literatura bohužel neobsahuje údaje o sterilovaných TS s hydrokoloidy. Nicméně z předchozího experimentu II jsme zjistili, že hydrokoloidy (zejména κ -karagenan) způsobují nárůst tuhosti vzorků. Kůrová et al. (2022) ve své studii popisuje vliv furcellaranu, jakožto náhrady tavicích solí v TS. Z výsledků její studie vyplývá, že použití furcellaranu také způsobuje zvýšení tuhosti vzorku. Vincová et al. (2023) se ve svém výzkumu zabývala vlivem různých druhů hydrokoloidů na viskoelastické a texturní vlastnosti smetanových sýrů. Mezi zkoumanými hydrokoloidy byl také furcellaran a κ -karagenan. Dle výsledků této studie dochází při použití hydrokoloidů k nárůstu tuhosti vzorků smetanových krémů. I v tomto čtvrtém experimentu došlo při použití κ -karagenanu k největším změnám. Vzhledem k tomu, že v našem experimentu došlo k poklesu hodnot tvrdosti STS s furcellaranem, je možné říci, že teplotní záhřev má pravděpodobně vliv na výsledné vlastnosti furcellaranu.

Kromě tvrdosti byla stanovena také roztíratelnost TS. Výsledky ukazují, že TS s κ -karagenanem vykazovaly vyšší hodnoty práce potřebné k rozetření než TS s furcellaranem. Tento rozdíl byl statisticky významný ($P < 0,05$). Naopak NTS s furcellaranem dosahovaly nejnižších hodnot roztíratelnosti, přičemž tyto hodnoty byly významně nižší než u NTS s karagenanem ($P < 0,05$). V případě, že by byla požadována vyšší roztíratelnost TS, je vhodnější využít pro výrobu furcellaran. Hodnoty roztíratelnosti v průběhu skladování kolísaly u všech vzorků TS. Vincová et al. (2023) se ve své studii zaměřila také na vliv hydrokoloidů na roztíratelnost smetanových sýrů. Dle výsledků došlo k nejvyššímu nárůstu práce potřebné k rozetření při použití 1 % hm. κ -karagenanu. K nárůstu došlo také v případě použití furcellaranu, avšak nižšímu. S těmito závěry se shodují i výsledky roztíratelnosti tohoto experimentu. V experimentu I bylo konstatováno, že sterilace zvyšuje tuhost TS. Zvýšení tuhosti způsobuje i změnu roztíratelnost vzorků. V tomto případě došlo k poklesu roztíratelnosti STS. Je pravděpodobné, že hydrokoloidy nebo ochucující složka způsobuje změny texturních vlastností po vysokoteplotním záhřevu.



Obr 7: Výsledky tvrdosti a roztíratelnosti nesterilovaných (N) a sterilovaných (S) TS s κ -karagenanem (K) a furcellaranem (F) v průběhu skladování

4.4.4 Výsledky analýzy barvy

Tabulka 4 zobrazuje výsledné hodnoty světlosti NTS a STS s hydrokoloidy. Ze získaných dat je zřejmé, že po aplikaci sterilizačního záhřevu došlo ke snížení hodnot L^* , což indikuje tmavnutí vzorků ($P < 0,05$). Tento jev lze pravděpodobně přičíst Maillardovým reakcím, které se mohou objevit během vysokoteplotního záhřevu. Na druhou stranu použití hydrokoloidů nemělo na výslednou hodnotu L^* významný vliv ($P \geq 0,05$), což naznačuje, že přítomnost těchto látek neovlivňuje změny světlosti. V průběhu

skladování TS docházelo u NTS k mírnému poklesu hodnoty L^* , zatímco u STS byl pokles výraznější ($P < 0,05$). Kromě světlosti TS byly sledovány také parametry a^* a b^* . Po sterilačním záhřevu došlo k mírnému poklesu hodnot a^* ($P < 0,05$), což naznačuje redukci červených tónů. Nicméně vzhledem k relativně malé změně těchto hodnot lze konstatovat, že přidání rajčatového prášku přispělo k zamaskování změn barvy a stabilizaci červené barvy ve vzorcích TS po tepelném záhřevu. Hodnoty b^* ukázaly, že u vzorků STS s oběma hydrokoloidy došlo k posunu do modré oblasti ($P < 0,05$). Lazárková et al. (2011) ve své studii zmiňuje, že v důsledku sterilace měly vzorky TS větší posun do červené a žluté oblasti. Vzhledem k tomu, že vzorky TS v našem experimentu vykazovaly pouze mírný posun do červené oblasti, můžeme usuzovat, že rajčatový prášek se mírně podílel na zamaskování barvy STS.

Tabulka 4: Výsledky světlosti TS s hydrokoloidy v průběhu skladování*

Doba skl. (dny)	L^*		
	7	30	90
K_N	76,6±0,8 ^{A,a}	75,8±0,5 ^{A,a}	75,3±0,6 ^{A,a}
F_N	74,9±0,1 ^{A,b}	73,5±0,3 ^{B,b}	73,1±0,1 ^{B,b}
K_S	65,4±0,6 ^{A,c}	62,8±0,9 ^{B,c}	59,0±0,2 ^{C,c}
F_S	67,3±0,4 ^{A,d}	65,4±0,1 ^{B,d}	61,2±0,1 ^{C,d}

Výsledky uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka. Průměrné hodnoty L^ v rámci sloupce (rozdíl mezi N a S TS; rozdíl mezi použitými hydrokoloidy) následované různými horními indexy se liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty L^* v rámci řádku (rozdíl během skladování) následované různými malými písmeny se liší ($P < 0,05$).

4.4.5 Výsledky senzorické analýzy

Vybrané výsledky senzorické analýzy jsou uvedeny v tabulce 5. Vzhled obou druhů nesterilovaných TS byl hodnocen jako vynikající bez ohledu na použitý hydrokoloid ($P \geq 0,05$). Po aplikaci sterilačního záhřevu došlo k drobným změnám, přesto byly vzorky TS hodnoceny jako velmi dobré. Po 90 dnech skladování se vzhled STS zhoršil, což bylo způsobeno ztmavnutím vzorků ($P < 0,05$). Změna barvy byla prokázána i v rámci instrumentálního stanovení barvy. Žádný vzorek však nebyl označen jako nepřijatelný. Konzistence TS hrála klíčovou roli v hodnocení. Jelikož byly vzorky TS

předkládány jako blokové, byla konzistence TS s κ -karagenanem označena jako velmi dobrá či dobrá nejen u NTS, ale také u STS ($P \geq 0,05$). Po 3měsíčním skladování se konzistence TS s κ -karagenanem podle hodnocení hodnotitelů nezměnila. Na druhou stranu, konzistence vzorků TS s furcellaranem byla označena jako nedostatečná pro blokový sýr ($P < 0,05$).

Dále byla hodnocena chuť a vůně. NTS byly hodnoceny jako vynikající u obou testovaných modelových vzorků ($P \geq 0,05$). Po aplikaci sterilačního záhřevu byla chuť a vůně TS u obou použitých hydrokoloidů hodnocena jako dobrá. V důsledku skladování došlo ale ke zhoršení chuti TS ($P < 0,05$). Tato změna chuti nastala nejspíše kvůli výskytu nežádoucích příchutí. Ve studii Jedounková et al., 2022 bylo zhoršení organoleptických vlastností v důsledku aplikace sterilačního záhřevu potvrzeno. Negativní vliv sterilačního záhřevu na organoleptické vlastnosti TS byl ale mnohem větší a některé vzorky byly označeny jako špatné či nepřijatelné. V rámci tohoto experimentu bylo hodnocení TS z hlediska chuti a vůně (i výskytu nežádoucích příchutí) lepší, a proto lze usuzovat, že se rajčatový prášek podílel na zamaskování vařivé příchutě a také tmavnutí vzorků TS.

Tabulka 5: Vybrané výsledky sensorické analýzy sterilovaných (STS) a nesterilovaných (NTS) tavených sýrů s karagenanem (K) a furcellaranem (F) během skladování*

Vzorek TS_doba skladování (dny)	Vzhled **		Konzistence **		Tuhost ***		Chuť a vůně **	
	NTS	STS	NTS	STS	NTS	STS	NTS	STS
K_7	1 ^{A,a}	2 ^{A,a}	2 ^{A,a}	2 ^{A,a}	5 ^{A,a}	4 ^{A,b}	1 ^{A,a}	3 ^{A,b}
K_90	1 ^{A,a}	3 ^{B,b}	3 ^{A,b}	3 ^{A,b}	6 ^{B,b}	4 ^{A,b}	1 ^{A,a}	4 ^{A,b}
F_7	1 ^{A,a}	2 ^{A,b}	2 ^{B,b}	6 ^{A,c}	5 ^{B,b}	3 ^{B,b}	1 ^{A,a}	3 ^{A,b}
F_90	1 ^{A,a}	3 ^{B,b}	3 ^{A,b}	5 ^{B,b}	5 ^{A,b}	2 ^{B,b}	1 ^{A,a}	5 ^{B,b}

* Medián ve sloupci (rozdíl mezi použitými hydrokoloidy se stejnou dobou skladování) následované různými velkými indexy se liší ($P < 0,05$); každý parametr byl hodnocen samostatně. Mediány v rámci řady (rozdíl mezi nesterilovaným a sterilovaným TS) následované různými horními indexy se liší ($P < 0,05$); každý parametr byl hodnocen samostatně.

** Použita sedmibodová stupnice (1–výborné, 7–nepřijatelné);

*** Použita devítibodová stupnice (1–měkká, 7–extra tuhá);

**** Použita devítibodová stupnice (1–bez cizí příchutě, 7–nadměrný výskyt cizí příchutě)

5 PŘÍNOS PRO VĚDU A PRAXI

Tavené sýry jsou nejmladší kategorií sýrů. Jsou velmi oblíbené nejen v České republice, ale také v zahraničí. Jak již bylo zmíněno, jejich obliba je dána jak širokou škálou podob konzistencí a chuťových variant, tak širokým spektrem využití (Fox et al., 2017). Sterilované TS jsou ideální pro dlouhodobé skladování a mohou být součástí potravinových zásob určených pro krizové situace nebo humanitární pomoc. Jejich dlouhá trvanlivost a snadná manipulace jsou pro tyto účely klíčové. Také jsou praktické pro cestovatele a outdoorové nadšence, jelikož se snadno přepravují a nevyžadují chladírenské zařízení. Jsou také vhodné i pro export do oblastí, kde není chladírenské zařízení běžně k dispozici nebo kde je omezený přístup k čerstvým potravinám.

Mnoho spotřebitelů vnímá použití tavicích solí v tavených sýrech jako nežádoucí prvek, a proto je snaha vyrobit TS bez těchto solí, například za použití hydrokoloidů. Sterilizace TS s hydrokoloidy, jakožto náhradou tavicích solí, patří mezi málo prozkoumané oblasti stejně jako maskování negativních projevů sterilačního záhřevu, a proto jsou výsledky této práce přínosem nejen pro vědu, ale také pro praxi.

Přínosy pro vědu a praxi

- Byly vyrobeny TS s širokou škálou obsahu sušiny a také tuku v sušině. Byl popsán vliv sterilačního záhřevu na jakostní parametry těchto TS a výsledná data mohou sloužit pro další výzkum sterilovaných TS s různým obsahem sušiny či tuku v sušině.
- Zvýšení obsahu amoniaku a hodnot TBARS po aplikaci sterilačního záhřevu ukázalo na potenciální problémy s degradací proteinů a oxidací tuků. Tyto informace jsou podstatné pro zajištění kvalitních produktů, protože umožňují výrobcům TS sledovat a kontrolovat chemické změny v průběhu zpracování.
- Výsledky mohou být využity při optimalizaci výrobních procesů a skladovacích podmínek pro TS. Znalost toho, jak sterilační záhřev, doba a teplota skladování ovlivňují jakostní parametry TS, může vést ke zlepšení kvality konečných produktů a jejich trvanlivosti.
- Bylo prokázáno, že při skladování TS při teplotě 40 °C se výrazně zhoršily sledované parametry, což naznačuje, že tato teplota není vhodná pro dlouhodobé skladování TS. Vzhledem k výsledkům je vhodnější uchovávat STS při nižších teplotách.

- Poznatky o zachování barevných vlastností: přidání ochucující složky jako je rajčatový prášek, může vést alespoň k částečnému zamaskování barevných změn způsobených sterilačním záhřevem. Studie ukázala, že po aplikaci sterilačního záhřevu sice došlo k mírnému posunu do červené oblasti, ale rajčatový prášek pomohl tyto změny minimalizovat.
- Využití různých ochucujících složek umožňuje výrobcům vytvářet nové produkty. Inovativní příchutě a kombinace složek mohou zvýšit konkurenceschopnost a uspokojit měnící se preference spotřebitelů.
- Výzkum přináší také poznatky o využití hydrokoloidů v potravinářství, což může inspirovat další využití těchto látek nejen při výrobě TS, ale také v dalších potravinářských odvětvích, kde je důležitá výsledná konzistence a kvalita produktů. Výrobci tak mohou experimentovat s různými hydrokoloidy, aby dosáhli požadovaných texturních a organoleptických vlastností, čímž mohou nabídnout širší sortiment výrobků.
- Experimenty také přispěly k rozšíření vědeckých znalostí o účinnosti hydrokoloidů a přírodních ochucujících složek ve sterilovaných TS. Tyto poznatky mohou sloužit jako základ pro další výzkum.
- Výzkum také ukázal, že hydrokoloidy jako κ -karagenan a furcellaran, mají odlišné vlivy na vlastnosti TS. κ -karagenan ovlivnil více viskoelastické a texturní vlastnosti TS jelikož při použití κ -karagenanu došlo k vyššímu nárůstu tuhosti a také k nárůstu práce potřebné pro rozetření TS.
- Dále lze dle výsledků říci, že furcellaran byl méně odolný vůči sterilačnímu záhřevu, což vedlo ke zhoršení organoleptických vlastností, zejména výsledného vzhledu TS. Na druhou stranu, furcellaran poskytl jemnější konzistenci, což bylo pro hodnotitele rozhodujícím faktorem při hodnocení konzistence TS.

Výsledky této dizertační práce naznačují, že optimalizace sterilačních podmínek a složení TS, včetně použití hydrokoloidů a vhodných ochucujících složek může vést ke zlepšení jejich kvality a přijatelnosti pro spotřebitele.

ZÁVĚR

Cílem této dizertační práce bylo sledovat fyzikálně-chemické, texturní, reologické a organoleptické vlastnosti sterilovaných a nesterilovaných TS a vyhodnotit vliv sterilačního záhřevu na tyto parametry v průběhu skladování v různých teplotách (6, 23 a 40 °C). Dále byl sledován vliv vybraných hydrokoloidů na výše zmíněné vlastnosti TS. Důležitými dílčími cíli byla také snaha o náhradu fosforečnanových tavicích solí hydrokoloidy a snaha o zamaskování negativních projevů sterilace. Pro naplnění těchto cílů byly provedeny čtyři experimenty. Z výsledků těchto experimentů můžeme formulovat tyto závěry:

- Sterilační režimy 120 °C/ 40 min, 120 °C/ 15 min a 125 °C/ 5 min byly dostatečné pro zajištění praktické sterility všech testovaných vzorků TS, tzn., že při těchto podmínkách nedošlo k nárůstu mikroorganismů, což potvrdilo jejich účinnost při zajištění dlouhodobé bezpečnosti produktu.
- Během skladování se měnily sledované parametry a jakost TS se zhoršovala zejména při vyšší skladovací teplotě. Teplota 40 °C se projevila jako nevhodná pro dlouhodobé skladování TS, zatímco TS uchovávané při nižších teplotách (6 °C a 23 °C) si zachovaly dobrou jakost.
- Všechny výše zmíněné sterilační režimy měly vliv na výsledné hodnoty pH, TBARS, obsahu amoniaku, barvu TS a také organoleptické vlastnosti TS. V těchto parametrech došlo k negativním změnám a lze tedy konstatovat, že sterilační záhřev nepříznivě ovlivnil kvalitu TS. Došlo především k tmavnutí a ke zhoršení chuti a vůně TS což je pro výrobce (a také konzumenty) nežádoucí.
- Pro zamaskování vzniklých negativních změn se jako nejvhodnější jevil rajčatový prášek. Byl efektivní při maskování změn barvy a taky chuti. Díky tomu by mohl být používán pro výrobu STS a zlepšení jejich organoleptických vlastností.
- Hydrokoloidy jako furcellaran, κ -karagenan, agar či želatina měly různé vlivy na texturní a reologické vlastnosti TS. Bylo zjištěno, že přídavek těchto látek může modifikovat viskoelastické vlastnosti TS bez tavicích solí. Z výše zmíněných hydrokoloidů ovlivnil reologické vlastnosti nejintenzivněji κ -karagenan, který ve všech testovaných vzorcích způsobil nárůst tuhosti a změnu roztíratelnosti TS.
- Bylo zjištěno, že agar, κ -karagenan a furcellaran lze použít jako náhradu komerčně využívaných fosforečnanových tavicích solí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BELASCO, R.; EDWARDS, T.; MUNOZ, A. J.; RAYO, V. a BUONO, M. J. The Effect of Hydration on Urine Color Objectively Evaluated in CIE L*a*b* Color Space. Online. *Frontiers in Nutrition*. 2020, roč. 7. ISSN 2296-861X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.576974>

BUBELOVÁ, Z.; TREMLOVÁ, B.; BUŇKOVÁ, L.; POSPIECH, M.; VÍTOVÁ, E. et al. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. Online. *Journal of Food Science and Technology*. 2015, roč. 52, č. 8, s. 4985-4993. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1530-4>

BUŇKA, F.; HRABĚ, J. a KRÁČMAR, S. The effect of sterilisation on amino acid contents in processed cheese. Online. *International Dairy Journal*. 2004, roč. 14, č. 9, s. 829-831. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.008>

BUŇKA, F.; ŠTĚTINA, J. a HRABĚ, J. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. Online. *European Food Research and Technology*. 2008, roč. 228, č. 2, s. 223-229. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0926-7>

BUŇKA, F.; DOUDOVÁ, L.; WEISEROVÁ, E.; KUCHAR, D.; PONÍŽIL, P. et al. The effect of ternary emulsifying salt composition and cheese maturity on the textural properties of processed cheese. Online. *International Dairy Journal*. 2013, roč. 29, č. 1, s. 1-7. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.09.006>

BUŇKA, F.; SEDLAČÍK, M.; FOLTIN, P.; LAZÁRKOVÁ, Z.; PĚTOVÁ, M. et al. Evaluation of processed cheese viscoelastic properties during sterilization observed in situ. Online. *Journal of Dairy Science*. 2023, roč. 106, č. 8, s. 5298-5308. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22833>

CARIĆ, M., KALÁB, M. Processed Cheese Products. In Fox, P.F, (Ed.) Cheese:

Chemistry, Physics and Microbiology. vol, 2. Major Cheese Groups, 2nd ed. Elsevier

Applied Science. London and New York. 1997, p, 467-505.

ČERNÍKOVÁ, M.; BUŇKA, F.; POSPIECH, M.; TREMLOVÁ, B.; HLADKÁ, K. et al. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. Online. *International Dairy Journal*. 2010, roč. 20, č. 5, s. 336-343. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.012>

ČERNÍKOVÁ, M.; NEBESÁŘOVÁ, J.; SALEK, R. N.; ŘIHÁČKOVÁ, L. a BUŇKA, F. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. Online. *Journal of Dairy Science*. 2017, roč. 100, č. 6, s. 4300-4307. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12120>

Česko (2016). Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Sbírka zákonů České republiky.

COLLINS, Y. F.; MCSWEENEY, P. L.H. a WILKINSON, M. G. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. Online. *International Dairy Journal*. 2003, roč. 13, č. 11, s. 841-866. ISSN 09586946. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2)

DESHWAL, G. Kr; GÓMEZ-MASCARAQUE, L. G.; FENELON, M. a HUPPERTZ, T. A Review on the Effect of Calcium Sequestering Salts on Casein Micelles: From Model Milk Protein Systems to Processed Cheese. Online. *Molecules*. 2023, roč. 28, č. 5. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28052085>

Evropa (2008). 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.

FARAHAT, E. S.A.; MOHAMED, A. G.; EL-LOLY, M. M. a GAFOUR, W. A.M.S. Innovative vegetables-processed cheese: I. Physicochemical, rheological and sensory characteristics. Online. *Food Bioscience*. 2021, roč. 42. ISSN 22124292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101128>

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M. a MCSWEENEY, P. L. H. *Fundamentals of Cheese Science*. Online. Boston, MA: Springer US, 2017. ISBN 978-1-4899-7679-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>

FRIEDMAN, M. Food Browning and Its Prevention: An Overview. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1996, roč. 44, č. 3, s. 631-653, ISSN 0021-8561.

FU, W.; WATANABE, Y.; INOUE, K.; MORIGUCHI, N.; FUSA, K. et al. Effects of pre-cooked cheeses of different emulsifying conditions on mechanical properties and microstructure of processed cheese. Online. *Food Chemistry*. 2018, roč. 245, s. 47-52. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.075>

GUINEE, T. .P.; CARÍĆ, M. a KALÁB, M. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. Online. In: *Major Cheese Groups. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Elsevier, 2004, s. 349-394. ISBN 9780122636530. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80052-6](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80052-6)

GUINEE, T. P. Effects of natural cheese characteristics and processing conditions on rheology and texture. *Processed cheese and analogues*. Wiley, Chichester, 2011, 81-109.

HARRIGAN, W. F. *Laboratory methods in food microbiology*. 3rd ed. Gulf professional publishing, 1998. 532p.

CHEN, L. a LIU, H. Effect of emulsifying salts on the physicochemical properties of processed cheese made from Mozzarella. Online. *Journal of Dairy Science*. 2012, roč. 95, č. 9, s. 4823-4830. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5480>

IMESON, A.P. Carrageenan and furcellaran. Online. In: *Handbook of Hydrocolloids*. Elsevier, 2009, s. 164-185. ISBN 9781845694142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781845695873.164>

ISO (International Organization for Standardization). 2005: ČSN EN ISO 5534 (571003) Sýry a tavené sýry - Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut, 2005

ISO (International Organization for Standardization). (2006a). *Microbiology of food and animal feeding stuffs – horizontal method for the enumeration of coliforms – colony-count techniqu*. Geneva, Switzerland: ISO, ISO/TS Standard No. 4832.

ISO (International Organization for Standardization). (2007). *Sensory analysis – general guidance for the design of test room*. Geneva, Switzerland: ISO. ISO/TS Standard No. 8589.

ISO (International Organization for Standardization). (2008). ISO standard No. 21527-1. In *Microbiology of food and animal feeding stuffs – horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0* (Vol, 95). Geneva, Switzerland: ISO.

ISO (International Organization for Standardization). (2012). *Sensory analysis – general guidance for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*. Geneva, Switzerland: ISO. ISO/TS Standard No. 8586.

ISO (International Organization for Standardization). (2013). *Microbiology of food and animal feeding stuffs – horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique*. Geneva, Switzerland: ISO. ISO/TS Standard No. 4833-1.

ISO (International Organization for Standardization). 2024: ČSN ISO 19 662 (518821). Mléko – Stanovení obsahu tuku – acidobutyrometricky (Gerberova metoda). Praha. Český normalizační institut, 2024.

IRIONDO-DEHOND, A.; ELIZONDO, A. S.; IRIONDO-DEHOND, M.; RÍOS, M. B.; MUFARI, R. et al. Assessment of Healthy and Harmful Maillard Reaction Products in a Novel Coffee Cascara Beverage: Melanoidins and Acrylamide. Online. *Foods*. 2020, roč. 9, č. 5. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9050620>

JEDOUNKOVÁ, A.; LAZÁRKOVÁ, Z.; HAMPELOVÁ, L.; KŮROVÁ, V.; POSPIECH, M. et al. Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. Online. *LWT - Food Science and Technology*. 2022, roč. 171. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114135>

KANEDA, I. *Rheology of Biological Soft Matter*. Tokyo: Springer, 2017.

KAPOOR, R.; METZGER, L.E.; BISWAS, A.C. a MUTHUKUMMARAPPAN, K. Effect of Natural Cheese Characteristics on Process Cheese Properties. Online. *Journal of Dairy Science*. 2007, roč. 90, č. 4, s. 1625-1634. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-746>

KAPOOR, R. a METZGER, L. E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects-A Review. Online. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2008, roč. 7, č. 2, s. 194-214. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>

KRISTENSEN, D. a SKIBSTED, L. H. Comparison of Three Methods Based on Electron Spin Resonance Spectrometry for Evaluation of Oxidative Stability of Processed Cheese. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, roč. 47, č. 8, s. 3099-3104. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf981396p>

KRISTENSEN, D.; HANSEN, E.; ARNDAL, A.; TRINDERUP, R. A. a SKIBSTED, L.H. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. Online. *International Dairy Journal*. 2001, roč. 11, č. 10, s. 837-843. ISSN 09586946. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4)

KŮROVÁ, V.; SALEK, R. N.; ČERNÍKOVÁ, M.; LORENCOVÁ, E.; ZALEŠÁKOVÁ, L. et al. Furcellaran as a substitute for emulsifying salts in processed cheese spread and the resultant storage changes. Online. *International Journal of Dairy Technology*. 2022, roč. 75, č. 3, s. 679-689. ISSN 1364-727X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12871>

KŮROVÁ, V.; SALEK, R.N.; VAŠINA, M.; VINKLÁRKOVÁ, K.; ZÁLEŠÁKOVÁ, L. et al. The effect of homogenization and addition of polysaccharides on the viscoelastic properties of processed cheese sauce. Online. *Journal of Dairy Science*. 2022, roč. 105, č. 8, s. 6563-6577. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21520>

LANEUVILLE, S. I. a TURGEON, S. L. Microstructure and stability of skim milk acid gels containing an anionic bacterial exopolysaccharide and commercial polysaccharides. Online. *International Dairy Journal*. 2014, roč. 37, č. 1, s. 5-15. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.01.014>

LAZÁRKOVÁ, Z.; BUŇKA, F.; BUŇKOVÁ, L.; VALÁŠEK, P.; KRÁČMAR, S. et al. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. Online. *Czech Journal of Food Sciences*. 2010, roč. 28, č. 3, s. 168-176. ISSN 12121800. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/44/2008-CJFS>

LAZÁRKOVÁ, Z.; BUŇKA, F.; BUŇKOVÁ, L.; HOLÁŇ, F.; KRÁČMAR, S. et al. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. Online. *Journal of Food Process Engineering*. 2011, roč. 34, č. 6, s. 1860-1878. ISSN 0145-8876. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00376.x>.

LI, H.; WU, Y.; HOU, D.; ZHAO, S.; LI, D. et al. Effects of pre-emulsification with whey protein and high temperature sterilisation on texture, functional characteristics and Maillard reaction products of room temperature stored processed cheese. Online. *International Dairy Journal*. 2023, roč. 140. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105610>

MARUYAMA, K.; SAKASHITA, T.; HAGURA, Y. a SUZUKI, K. Relationship between Rheology, Particle Size and Texture of Mayonnaise. Online. *Food Science and Technology Research*. 2007, roč. 13, č. 1, s. 1-6. ISSN 1344-6606. Dostupné z: <https://doi.org/10.3136/fstr.13.1>

MEHANNA, N. S.; HASSAN, F. A. M.; EL-MESSERY, T.M. a MOHAMED, A.G. Production of Functional Processed Cheese by Using Tomato Juice. Online. *International Journal of Dairy Science*. 2017, roč. 12, č. 2, s. 155-160. ISSN 18119743. Dostupné z: <https://doi.org/10.3923/ijds.2017.155.160>

MOTARJEMI, Y.; LELIEVELD, H. L M. (ed.). *Food safety management: A practical guide for the food industry*. Academic Press, 2013.

PISKA, I. a ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. Online. *Journal of Food Engineering*. 2004, roč. 61, č. 4, s. 551-555. ISSN 02608774. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00217-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00217-6)

POLAR, K. a STURM, R. Potential Societal Savings from Reduced Sodium Consumption in the U.S. Adult Population. Online. *American Journal of Health Promotion*. 2009, roč. 24, č. 1, s. 49-57. ISSN 0890-1171. Dostupné z: <https://doi.org/10.4278/ajhp.080826-QUAN-164>

ROSENTHAL, A. J. Food texture: measurement and perception. 1999.

SALEK, R. N.; ČERNÍKOVÁ, M.; MADĚROVÁ, S.; LAPČÍK, L. a BUŇKA, F. The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity.

Online. *Journal of Dairy Science*. 2016, roč. 99, č. 5, s. 3274-3287. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10028>

SHAHIDI a FEREIDOON, 2005. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Volumes 1-6. 6th.* John Wiley. ISBN 978-0-471-38460-1.

SCHÄR, W a BOSSET, J.O. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. Online. *LWT - Food Science and Technology*. 2002, roč. 35, č. 1, s. 15-20. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0820>

SOLHI, P.; AZADMARD-DAMIRCHI, S.; HESARI, J. a HAMISHEHKAR, H. Production of the processed cheese containing tomato powder and evaluation of its rheological, chemical and sensory characteristics. Online. *Journal of Food Science and Technology*. 2020, roč. 57, č. 6, s. 2198-2205. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04256-1>

SOŁOWIEJ, B. G.; NASTAJ, M.; SZAFRAŃSKA, J. O.; MUSZYŃSKI, S.; GUSTAW, W. et al. Effect of emulsifying salts replacement with polymerised whey protein isolate on textural, rheological and melting properties of acid casein model processed cheeses. Online. *International Dairy Journal*. 2020, roč. 105. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104694>

TAMIME, A.Y. *Processed cheese and analogues*. John Wiley & Sons, 2011.

VENUGOPAL, V. *Marine polysaccharides: Food applications*. CRC press, 2016. ISBN 978-1-4398-1526-7

VINCOVÁ, A.; ŠANTOVÁ, K.; KŮROVÁ, V.; KRATOCHVÍLOVÁ, A.; HALÁMKOVÁ, V. et al. The Impact of Divergent Algal Hydrocolloids Addition on the Physicochemical, Viscoelastic, Textural, and Organoleptic Properties of Cream Cheese Products. Online. *Foods*. 2023, roč. 12, č. 8. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12081602>

WANG, W.; CHEN, H.; KE, D.; CHEN, W.; ZHONG, Q. et al. Effect of sterilization and storage on volatile compounds, sensory properties and physicochemical properties of coconut milk. Online. *Microchemical Journal*. 2020, roč. 153. ISSN 0026265X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104532>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AG	Agar
F	furcellaran
KR (K)	κ -karagenan
KS	kontrolní vzorek tavených sýrů
KTJ	kolonie tvořící jednotku
L	skladování vzorků TS při 6 °C
NTS	nesterilované tavené sýry
S	skladování vzorků TS při 23 °C
STS	sterilované tavené sýry
T	skladování vzorků TS při 40 °C
TS	tavený sýr
ŽL	vepřová želatina

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Výsledné hodnoty obsahu amoniaku (mg/kg) a TBARS (AU/mg) v nesterilovaných (černé sloupce, NTS) a sterilovaných (šedé sloupce, STS) modelových vzorcích TS. Výsledky jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka.....24*
- Obr. 2: Graf komplexního modulu pružnosti pro modelové vzorky nesterilovaných (černé sloupce, NTS) a sterilovaných (šedé sloupce, STS) tavených sýrů. Výsledky jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka.25*
- Obr. 4: Výsledky obsahu amoniaku v nesterilovaných vzorcích TS s rajčetem (NTS) a sterilovaných vzorcích TS při 120 °C/ 15 min (A) a 125 °C/ 5 min během 12 měsíčního skladování. Sterilované vzorky TS skladované při 6 °C (L), při 22 °C (S) a při 40 °C (T). Hodnoty jsou znázorněny jako průměr ± směrodatná odchylka.....32*
- Obr. 5: Tvrdost nesterilovaných (NTS) a sterilovaných vzorků TS s rajčetem při 120 °C/ 15 min (A) a 125 °C/ 5 min (B) během 12 měsíčního skladování. Sterilované vzorky TS skladované při 6 °C (L), při 22 °C (S) a při 40 °C (T). Hodnoty jsou znázorněny jako průměr ± směrodatná odchylka.34*
- Obr. 6: Hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) nesterilovaných (N) a sterilovaných (S) TS s κ -karagenanem (K) a furcellaranem (F) během skladování.....36*
- Obr. 7: Výsledné hodnoty obsahu amoniaku a hodnot TBARS v nesterilovaných (N) a sterilovaných (S) tavených sýrech bez tavicích solí s použitím κ -karagenanu (K) a furcellaranu (F) v průběhu skladování.....38*
- Obr 8: Výsledky tvrdosti a roztíratelnosti nesterilovaných (N) a sterilovaných (S) TS s κ -karagenanem (K) a furcellaranem (F) v průběhu skladování.....40*

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vybrané výsledky sensorické analýzy (sledované parametry: vzhled, konzistence, tuhost, chuť a vůně a přítomnost nežádoucí pachutě) nesterilovaných TS (NTS) a sterilovaných TS (STS). Výsledky jsou vyjádřeny jako medián*.....	27
Tabulka 2: Hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^* , Pa) TS během skladování.....	30
Tabulka 3: Hodnoty G^* nesterilovaného (N) i sterilovaného (S) TS s κ -karagenanem (K) a furcellaranem (F) během skladování. *	39
Tabulka 4: Výsledky světlosti TS s hydrokoloidy v průběhu skladování*	41
Tabulka 5: Vybrané výsledky sensorické analýzy sterilovaných (STS) a nesterilovaných (NTS) tavených sýrů s karagenanem (K) a furcellaranem (F) během skladování*	42

SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Šantová, Kristýna; Salek, Richardos Nikolaos; Kůrová, Vendula; Mizera, Aleš; Lapčíková, Barbora; Vincová, Anna; Zálešáková, Ludmila; **Kratochvílová, Alena**; Lorencová, Eva; Vinter, Štěpán; Opustilová, Kristýna; Karhánková, Michaela. (2024). Potassium-based emulsifying salts in processed cheese: A rheological, textural, tribological and thermal approach. *Journal of Dairy Science*. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2024-24939

Lazárková, Zuzana; **Kratochvílová, Alena**; Salek, Richardos Nikolaos; Polášek, Zdeněk; Šiška, Ladislav; Pětová, Markéta; Buňka, František. (2023). Influence of Heat Treatment on the Chemical, Physical, Microbiological and Sensorial Properties of Pork Liver Pâté as Affected by Fat Content. *Foods*, 12(12). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12122423

Vincová, Anna; Šantová, Kristýna; Kůrová, Vendula; **Kratochvílová, Alena**; Halámková, Veronika; Suchánková, Markéta; Lorencová, Eva; Sumczynski, Daniela; Salek, Richardos Nikolaos. (2023). The Impact of Divergent Algal Hydrocolloids Addition on the Physicochemical, Viscoelastic, Textural, and Organoleptic Properties of Cream Cheese Products. *Foods*, 12(8). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12081602.

Jedouňková, Alena; Lazárková, Zuzana; Hampelová, Lucie; Kůrová, Vendula; Pospiech, Matěj; Buňková, Leona; Foltin, Pavel; Salek, Richardos Nikolaos; Malíšek, Jiří; Michálek, Jaroslav; Buňka, František. (2022). Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations. *LWT-Food Science and Technology*, 171. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2022.114135.

Kratochvílová, Alena, Richardos Nikolaos Salek, Martin Vašina, Eva Lorencová, Vendula Kůrová, Zuzana Lazárková, Jolana Dostálová a Jana Šenkýřová. (2022). The Impact of Different Hydrocolloids on the Viscoelastic Properties and Microstructure of Processed Cheese Manufactured without Emulsifying Salts in Relation to Storage Time. *Foods*, 11(22). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11223605.

Příspěvky ve sbornících z konferencí:

Kratochvílová, Alena; Lazárková, Zuzana; Salek, Richardos Nikolaos; Adámek, Richard; Kůrová, Vendula; Míšková, Zuzana; Pleva, Pavel; Buňková Leona. (2024). Vliv tepelného záhřevu a doby skladování na

jakostní parametry tavených sýrů s hydrokoloidy. In *Konference Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT.

Šenkýřová, Jana; Cahelová, Kateřina; Gál, Robert; **Kratochvílová, Alena**; Salek, Richardos Nikolaos. (2024). Hodnocení vybraných funkčních vlastností ochucených veganských studených omáček s odlišným obsahem tuku. In *Konference Ingrovy dny*. Brno: Mendelova univerzita.

Jedouňková, Alena, Lazárková, Zuzana, Kůrová, Vendula, Salek, Richardos Nikolaos, Buňková, Leona, Buňka, František. (2022). Vliv sterilačního záhřevu na vybrané jakostní parametry tavených sýrů s rozdílným obsahem sušiny a tuku v sušině. In *Konference Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT.

Buňka, František; Malíšek, Jiří; **Jedouňková, Alena**; Lazárková, Zuzana; Kůrová, Vendula; Buňková Leona; Salek, Richardos Nikolaos. (2022). Vliv obsahu sušiny a tuku v sušině na texturní a viskoelastické vlastnosti sterilovaných tavených sýrů. In *Konference Mléko a sýry*. Praha: VŠCHT.

Příspěvky v časopisech bez IF:

Jedouňková, Alena; Gál, Robert; Polášek, Zdeněk; Šenkýřová, Jana; Salek, Richardos Nikolaos; Valenta, Tomáš. Vliv tepelného zpracování na hmotnostní ztráty krůtího masa. *Maso*, 2021, 58.

Gál, Robert; **Jedouňková, Alena**; Kameník, Josef; Salek, Richardos Nikolaos; Polášek, Zdeněk; Macharáčková, Blanka; Valenta, Tomáš; Haruštíáková, Danka; Vinter, Štěpán. Vliv tepelné úpravy na hmotnostní ztráty a texturní i senzorické vlastnosti kuřecího a krůtího masa. *Maso*, 2022, 43.

ŽIVOTOPIS AUTORA

Jméno a příjmení: Alena Kratochvílová
Datum narození: 17.2.1995
Adresa: Zahradní 576, Ždánice, 696 32
E-mail: a_jedounkova@utb.cz
Tel.: +420 603 555 732

Vzdělání:

- 2020 – dosud** Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická – doktorské studium ve studijním oboru Technologie potravin
- 2018 – 2020** Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická – navazující magisterské studium ve studijní oboru Technologie potravin
- 2015 – 2018** Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická – bakalářské studium ve studijní oboru Chemie a technologie potravin

Pracovní stáže

- 2023** Erasmus+, Akademia Rolnicza Im. Hugona Kollataja W Krakowie – Krakow, Polsko, 2 měsíce

Projektová činnost

- 2024** Vliv různých potravinářských přídatných látek a technologických parametrů na vybrané vlastnosti potravinových systémů, IGA/FT/2024/005, spoluřešitel
- 2023** Souhrnné hodnocení disperzních systémů se zaměřením na fyzikálně-chemické a mechanické vlastnosti potravinářských produktů, IGA/FT/2023/007, spoluřešitel
- 2022** Technologické trendy ovlivňující kvalitu a vlastnosti vybraných potravin, IGA/FT/2022/005, spoluřešitel
- 2021** Vliv technologických trendů na kvalitu a vlastnosti vybraných potravin, IGA/FT/2021/004, spoluřešitel
- 2020** Vliv vybraných faktorů na vlastnosti a kvalitu potravin, IGA/FT/2020/006, spoluřešitel

Ing. Alena Kratochvílová, Ph.D.

Změny jakosti tavených sýrů v důsledku sterilačního záhřevu

Quality changes in processed cheese as a result of heat treatment

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky
Sazba: autor

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2024

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7678-285-3